

Manual sobre la implantación de redes y sistemas de radiodifusión de televisión terrenal digital

Edición de 2021



Manual sobre la implantación de redes y sistemas de radiodifusión de televisión terrenal digital

Edición de 2021

UIT-R



© UIT 2021 (Versión revisada)

Reservados todos los derechos. Ninguna parte de esta publicación puede reproducirse por ningún procedimiento sin previa autorización escrita por parte de la UIT.

Prólogo de los editores

La UIT publicó en 2002 su primer Manual sobre televisión terrenal digital con el título de *Radiodifusión de televisión terrenal digital en las bandas de ondas métricas/decimétricas*¹, que sirvió de orientación a los ingenieros encargados de la implantación de la radiodifusión de televisión terrenal digital (DTTB, *digital terrestrial television broadcasting*). En el Manual se explicaron de forma detallada las nuevas tecnologías de radiodifusión digital. Se facilitó, por ejemplo, una espléndida descripción de la codificación de la transformada discreta de coseno (DCT), que constituye la base de todos los sistemas de compresión de señales de televisión pasados y actuales, así como un Capítulo sumamente instructivo sobre adición de las potencias de la señal.

La mayor parte de ese contenido no se repite en este nuevo Manual sobre la implantación de redes y sistemas de radiodifusión de televisión terrenal digital. En consecuencia, la versión 1.01, publicada por la UIT en 2002, no ha perdido valor y habría aún que consultarla.

Desde 2002, la evolución de la DTTB ha sido enorme, tanto en materia de aspectos técnicos como reglamentarios. Por ejemplo, a comienzos de siglo, el MPEG acababa de iniciar la elaboración del sistema de compresión MPEG-4, y la codificación de vídeo de gran eficacia (HEVC) no se conocía en absoluto. La importante Conferencia Regional de Radiocomunicaciones (CRR-06) celebrada en Ginebra en dos reuniones, en 2004 y 2006, acordó un nuevo plan de frecuencias para la radiodifusión digital en la Región 1 (excepto Mongolia) y en Irán. En la Conferencia se decidió que, para todas las estaciones en ondas decimétricas, el periodo de transición de la radiodifusión analógica a la digital tendría lugar a partir del 15 de junio de 2015. En la actualidad, la mayoría de los países desarrollados ya han introducido la radiodifusión de televisión digital y puesto fin a sus servicios de televisión analógica. No obstante, muchos países en desarrollo recién han comenzado a hacerlo.

En CMR sucesivas se ha identificado un nuevo espectro para el servicio móvil en las bandas de radiodifusión de ondas decimétricas tradicionales. A raíz de ello, el espectro asignado a la radiodifusión de televisión terrenal, así como a los servicios auxiliares para la realización de programas o para la radiodifusión (SAP/SAB), empezó a ser escaso en las bandas de radiodifusión en ondas decimétricas existentes. Sólo con sistemas de compresión y de transmisión más eficaces en materia de espectro se puede compensar en parte esa pérdida dado que las nuevas necesidades de resolución mejorada, como la TVAD y la TVUAD, exigen velocidades de datos notablemente superiores. Por otra parte, los nuevos formatos para sonido multicanal pueden necesitar cantidades sustanciales de datos transmitidos, como ocurre también con el número incesante de servicios de acceso y metadatos.

Actualmente, con la llegada de las redes IP de banda ancha (alámbricas e inalámbricas), la interactividad ha pasado a ser un lugar común. Gran parte de los aparatos de televisión modernos disponen de una interfaz ADSL o Wi-Fi, además de la entrada de antena tradicional para la televisión terrenal digital, por satélite y/o cable.

El presente Manual de la UIT, *Manual sobre la implantación de redes y sistemas de radiodifusión de televisión terrenal digital*, se concentra en estos nuevos avances que han tenido lugar durante los últimos 15 años. En este contexto, complementa el documento del UIT-D, *Guidelines for the transition from analogue to digital broadcasting*², que utiliza la información relativa a cuestiones técnicas, de explotación y de procedimiento del Sector de Radiocomunicaciones de la UIT y examina principalmente la conversión de sistemas analógicos a digitales en los países en desarrollo.

¹ **UIT-R** *Manual DTTB – Radiodifusión de televisión terrenal digital en las bandas de ondas métricas/decimétricas V 1.01*, ref. <https://www.itu.int/pub/R-HDB-39>.

² **UIT-D** *Guidelines for the transition from analogue to digital broadcasting* (Directrices para la transición de la radiodifusión analógica a la digital), ref. <https://www.itu.int/en/ITU-D/Regional-Presence/AsiaPacific/Documents/AtoDguidelinesV3.pdf>.

Numerosos expertos del Grupo de Trabajo 6A del UIT-R (Prestación de servicios de radiodifusión terrenal) y la Comisión de Estudio 6 rectora del UIT-R (Servicio de radiodifusión) han participado en la elaboración de este nuevo Manual. Los nombres de esos colaboradores se enumeran en la sección Agradecimientos.

Con todo, no podemos dejar de mencionar a una persona cuya dedicación ha sido excepcional: nuestro mayor agradecimiento al autor principal, profesor Oleg Gofaizen (Ucrania), que dirigió el proceso de redacción del presente Manual y se consagró incansablemente a su finalización.

La Comisión de Estudio 6 aprobó esta revisión del Manual en su reunión del 26 de marzo de 2021.

El equipo redactor central: Christoph Dosch, David Hemingway y Walid Sami
Ginebra, marzo de 2021

Dedicatoria

Esta edición del Manual sobre la implantación de redes y sistemas de radiodifusión de televisión terrenal digital se dedica a la memoria del Profesor Oleg Gofaizen que contribuyó como nadie a su creación y desarrollo.

Agradecimientos

Para la compilación del presente Manual, el Grupo de Trabajo 6A estableció un Grupo Especial de Relator, presidido por el profesor Oleg Gofaizen (Ucrania), que trabajó con diligencia durante años para reunir numerosas contribuciones en un proyecto de Manual. Dicho proyecto fue examinado por el GT6A en su reunión celebrada en enero-febrero de 2016. Se creó un Grupo por correspondencia al que se le asignó la tarea de terminar el Manual antes de la reunión del GT6A de octubre de 2016. La presidencia del Grupo por correspondencia fue compartida por los Sres. Christoph Dosch (anteriormente Presidente de la Comisión de Estudio 6 y en la actualidad Vicepresidente de dicha Comisión) y David Hemingway (BBC, Vicepresidente del Grupo de Trabajo 6A), que contaron con la asistencia de Walid Sami (UER, Vicepresidente de la Comisión de Estudio 6 y del Grupo de Trabajo 6A). Otros colaboradores han participado en estos trabajos.

Se facilita a continuación la lista de expertos que contribuyeron a la elaboración del presente Manual, a quienes se expresa un sincero agradecimiento.

Nombre	Organización/Administración
Dr. Abdullah Saleh ALARAIMI	Omán
Dr. Pablo ANGUEIRA BUCETA	España
Dr. Vladimir BALYAR	Ucrania
Sr. Vittorio BARONCINI	Italia
Sr. Istvan BOZSOKI	UIT-D
Sr. Roger BUNCH	Australia
Sr. José Ramón CAMBLOR	Ministerio de Industria, Energía y Turismo, España
Sr. Aldo CUGNINI	EE.UU.
Sr. Pérez DE LEMA	España
Sr. Christoph DOSCH	IRT
Dr. Charles EINOLF	CBS
Sr. Luke FAY	EE.UU.
Dr. Joseph FLAHERTY	EE.UU.
Prof. Oleg GOFAIZEN	Ucrania
Dr. David GUERRA PEREDA	Universidad del País Vasco
Sr. Jean-Jacques GUITOT	Francia
Sr. Pham HAI	UIT-R
Sr. David HEMINGWAY	BBC
Sr. Brandon HINTON	EE.UU.
Dr. Shuji HIRAKAWA	Japón
Sr. Klaus HUBER	LS Telcom
Sr. Mark JORDAN	Arqiva
Dr. Alina KARWOWSKA-LAMPARSKA	Polonia
Dr. Alexandre KHOLOD	Suiza

Nombre	Organización/Administración
Sra. Kyung-Mee KIM	Corea
Sra. Lucia Luisa LA FRANCESCHINA	Rai Way SpA
Dr. Jae-Young Lee	Corea
Sr. Louis Libin	EE.UU.
Sr. Stephane MEBALEY EKOME	Francia
Dr. Alberto MORELLO	RAI
Sr. Amir Hassan NAFEZ	Irán
Sr. Akira NEGISHI	NHK
Sr. Yukihiro NISHIDA	Japón
Sr. Kyoungseok OH	Corea (TTA)
Sr. Larry OLSON	EE.UU.
Prof. PAN Changyong	Universidad de Tsinghua, China
Dr. Sung-Ik Park	Corea
Sr. Rolly PURNOMO	Indonesia
Sr. Ari REFIK	TDF
Dr. Walid SAMI	UER
Sr. Eli SOFER	Israel
Sr. Supatrasit SUANSOOK	NBTC, Tailandia
Sra. Sato TELEMI	IRT
Sra. Anne-Lise THIEBLEMONT	Qualcomm
Sr. Kengo TSUDA	NHK
Sr. Aljo VAN DIJKEN	Países Bajos
Dr. Manuel María VELEZ ELORD	España
Sr. Tobias VIERACKER	IRT
Dr. David WOOD	UER
Sra. Norafidah YUSOF	Malasia
Sr. Juan ZAPATA	Colombia

Asimismo, se expresa un profundo agradecimiento a todos los demás miembros de la Comisión de Estudio 6, que han contribuido, directa e indirectamente, a la elaboración de este Manual.

Se formula igualmente un agradecimiento muy especial al profesor Marc Krivocheev (Federación de Rusia), Presidente Honorario de la CE 6, por su labor de orientación permanente durante todo el proceso de elaboración del presente Manual.

Declinación de responsabilidad

Las opiniones expresadas en esta publicación corresponden a los editores y los autores y no representan necesariamente los puntos de vista de la UIT. El único propósito de esta publicación es de carácter informativo. Si bien se ha hecho todo lo posible para facilitar información clara y correcta, no se podrá hacer responsable a la UIT ni a los colaboradores del presente Manual por ninguna decisión adoptada o cualquier inversión realizada inspiradas en este Manual.

PREFACIO – CONTENIDO Y FINALIDAD DEL MANUAL

La finalidad del presente Manual es prestar asistencia en las cuestiones técnicas y relativas a los servicios, como redes y sistemas, calidad audiovisual y calidad de transmisión, y también en otros asuntos de interés para la introducción de la radiodifusión de televisión terrenal digital (desde sistemas multimedios hasta la TVUAD) en diferentes países. En este Manual se tiene en cuenta el avance y la convergencia de las tecnologías, los diferentes entornos de producción, la distribución primaria y la distribución secundaria de los programas de radiodifusión, así como algunas experiencias para asegurar la calidad de servicio en la DTTB.

El Manual examina de forma más exhaustiva:

- 1) los aspectos técnicos de la introducción de la radiodifusión de televisión y multimedios terrenal digital;
- 2) la información sobre sistemas de radiodifusión normalizados en redes de radiodifusión terrenal digital y multimedios, y ciertas directrices sobre su implantación;
- 3) las referencias a documentos normativos (normas, especificaciones técnicas, informes, recomendaciones y otros documentos) que revisten importancia con respecto a la banda base (audio, datos, vídeo) y la calidad de la transmisión, así como a servicios DTTB, incluidos servicios de acceso y televisión interactiva;
- 4) la utilización de sistemas DTTB en periodismo electrónico y la contribución de contenidos audiovisuales.

La estructura del contenido del Manual es la siguiente:

PARTE 1 – ASPECTOS DE LA RADIODIFUSIÓN DE TELEVISIÓN DIGITAL RELATIVOS A LA RED

Capítulo 1 «Aspectos generales de la radiodifusión de televisión digital»: Se destacan aspectos, conceptos y tendencias generales de las tecnologías de radiodifusión de televisión digital. Este Capítulo es de utilidad para la definición de estrategias generales de la evolución e implantación de sistemas y tecnologías de radiodifusión de televisión y multimedios terrenal digital.

Capítulo 2 «Estrategias para la introducción de la DTTB»: Describe estrategias concretas para la introducción de la televisión terrenal digital, en particular información sobre sistemas de distribución conexos como la radiodifusión de televisión por cable o satélite, costo de la implantación de redes de radiodifusión terrenal, compartición del espectro con otros servicios radioeléctricos, etc.

Capítulo 3 «Requisitos para la implantación de redes de radiodifusión de televisión terrenal digital»: Describe las necesidades del usuario, del servicio y en materia de espectro para redes de radiodifusión terrenal (funcionalidad de usuario, parámetros relacionados con las necesidades del usuario, conjunto de servicios, elementos de la calidad percibida, utilización de frecuencias, etc.).

Capítulo 4 «Planificación de la red de radiodifusión»: Define las arquitecturas de la red de radiodifusión y los aspectos básicos de las redes de radiodifusión terrenal (modelo de red, influencia de la selección de parámetros del sistema de radiodifusión de televisión terrenal digital en la arquitectura de red, estructura de la red para diferentes modos de utilización de frecuencias y otros).

Capítulo 5 «Compartición y protección»: Se refiere específicamente a la interferencia causada a la DTTB por otros servicios y sistemas, así como la interferencia que la DTTB puede causar a otros servicios en la banda o en bandas adyacentes.

Capítulo 6 «Coordinación transfronteriza»: Facilita información sobre las asignaciones y adjudicaciones de frecuencias utilizadas en la planificación de frecuencias de la red de radiodifusión, así como sobre los procedimientos de coordinación en redes terrenales, y describe los parámetros, procedimientos y enfoques básicos utilizados en la planificación de redes de radiodifusión terrenal.

Capítulo 7 «Calidad de servicio en la radiodifusión de televisión»: Contiene directrices sobre las consideraciones relativas a la calidad de extremo a extremo a nivel de las radiofrecuencias y frecuencias intermedias. Para las consideraciones relativas a la calidad de la banda base, véase el Capítulo 12; para los requisitos en materia de velocidades de datos audiovisuales, véase el Capítulo 3.

Capítulo 8 «Asistencia satelital»: Indica cómo pueden utilizarse los satélites para alimentar y dar soporte a las redes terrenales en la prestación de servicios de radiodifusión de televisión y multimedios.

PARTE 2 – ASPECTOS DE LA RADIODIFUSIÓN DE TELEVISIÓN DIGITAL RELATIVOS AL SISTEMA

Capítulo 9 «Sistemas de radiodifusión de televisión terrenal digital»: Contiene información estructurada sobre los modelos de arquitectura, las principales tecnologías, las capas físicas y de enlace, la calidad de funcionamiento del sistema y el balance de enlace de los sistemas de radiodifusión de televisión terrenal digital (ATSC, ISDB-T, DTMB, DVB-T, DVB-T2), así como de los llamados sistemas de radiodifusión de multimedios tales como T-DMB, ISDB-T, DVB-H, ATSC-M/H o DVB-T2 Lite. Asimismo, se presentan elementos de los sistemas de radiodifusión digital relativos a la capa del sistema (métodos múltiplex de servicio, información de servicio, pilas de protocolos, técnicas y servicios de transmisión de datos a través de sistemas terrenales digitales y multimedios, interfaces de transporte, etc.).

Capítulo 10 «Interactividad y colaboración entre sistemas DTTB y otros sistemas distintos a los de radiodifusión»: Abarca las tecnologías de televisión interactiva a través de entornos terrenales, facilita información sobre aspectos relativos a la interactividad, modelos de sistemas, sistemas IBB (HbbTV, Hybridcast y otros) e implantaciones de canales de interacción terrenales; describe asimismo tendencias y enfoques generales de la interconexión de tecnologías de radiodifusión y otras tecnologías distintas a las de radiodifusión (en particular, de banda ancha) con respecto a las capas de aplicación, de red y de servicio.

Capítulo 11 «Acceso condicional y protección de contenido en la radiodifusión de televisión digital»: Contiene definiciones y enfoques generales para la implementación de acceso condicional y la protección de contenido en la radiodifusión de televisión digital.

Capítulo 12 «Calidad de la señal de banda base»: Define la calidad de servicio de aplicaciones de radiodifusión de televisión y proporciona, en particular, información sobre definiciones de calidad, requisitos de calidad, estimación/evaluación de la calidad durante la compresión de señales y su transmisión para varios ejemplos de sistemas de televisión.

Capítulo 13 «Receptores de televisión digital»: Se refiere a los requisitos para receptores DTTB de consumo, incluidas consideraciones sobre el soporte lógico intermedio y la funcionalidad relativa a sistemas híbridos de radiodifusión y banda ancha.

Capítulo 14 «Aspectos relativos a la accesibilidad»: Describe los sistemas de acceso en la DTTB destinados a personas con discapacidad y otros grupos de personas con necesidades especiales.

PARTE 3 – ASPECTOS DE LOS SISTEMAS DE CONTRIBUCIÓN Y PERIODISMO ELECTRÓNICO PARA LA PRODUCCIÓN DE PROGRAMAS DIGITALES

Capítulo 15 «Sistemas de contribución y periodismo electrónico»: Trata de cuestiones sobre clasificación, conceptos, frecuencias y necesidades de usuario para la producción exterior y el periodismo electrónico de TVDN, TVAD o TVUAD, y describe algunas normas de transmisión para sus enlaces de contribución.

ÍNDICE

Página

PARTE 1 – ASPECTOS DE LA RADIODIFUSIÓN DE TELEVISIÓN DIGITAL RELATIVOS A LA RED	1
CAPÍTULO 1 –Aspectos generales de la radiodifusión de televisión digital	3
1.1 Reconocimiento de las tendencias en la DTTB.....	3
1.2 La radiodifusión y su dependencia de la interoperatividad	3
1.3 DTTB en el entorno de los medios.....	4
1.4 Evolución permanente de la DTTB.....	4
1.5 El modelo DTTB de la UIT.....	5
CAPÍTULO 2 – Estrategias para la introducción de la DTTB.....	9
2.1 Factores a tener en cuenta en la introducción de la DTTB.....	9
2.2 Configuración y costos de la red	13
2.3 Introducción de la DTTB mediante la combinación de configuraciones de red diferentes	13
2.4 Compartición del espectro por servicios de radiodifusión y servicios distintos a los de radiodifusión.....	14
2.5 Conclusión.....	14
CAPÍTULO 3 – Requisitos para la implantación de redes de radiodifusión de televisión terrenal digital.....	15
3.1 Introducción	15
3.2 Necesidades del usuario y del servicio.....	15
3.3 Necesidades en materia de espectro	21
3.4 Requisitos aplicables al receptor	23
CAPÍTULO 4 – Planificación de la red de radiodifusión.....	25
4.1 Redes de televisión terrenal digital.....	25
4.2 Términos y definiciones básicos	25
4.3 Consideraciones relativas a la red DTTB: capa física y parámetros	30
4.4 Planificación de la red de radiodifusión	32
4.5 Cobertura de la red de radiodifusión	33
4.6 Planificación de la red en redes multifrecuencia	45
4.7 Planificación de la red en redes monofrecuencia	49

Anexo 1 al Capítulo 4 – Configuraciones de planificación de referencia y redes de referencia en el Acuerdo GE06.....	56
Anexo 2 al Capítulo 4 – Modalidades de implantación – Ejemplos.....	64
CAPÍTULO 5 – Compartición y protección.....	83
5.1 Introducción	83
5.2 Categorías de interferencia	83
5.3 Fuentes de las características técnicas generales y los criterios de compartición	84
5.4 Fuentes de referencia relativas a la compatibilidad entre la DTTB y el servicio móvil	85
5.5 Fuentes de referencia vinculadas a otras cuestiones de compatibilidad relativas a la DTTB	86
5.6 Indicaciones sobre la compartición real entre la DTTB y los sistemas SAB/SAP	87
CAPÍTULO 6 – Coordinación transfronteriza	89
6.1 Procedimientos de coordinación	89
6.2 Ejemplos de coordinación	91
CAPÍTULO 7 – Calidad de servicio en la radiodifusión de televisión	99
7.1 Panorama general: la cadena DTTB.....	99
7.2 Ejemplos de especificaciones para facilitar la calidad de servicio	100
7.3 Mediciones para el control de la calidad de servicio.....	101
7.4 Ejemplos de calidad de transmisión en la televisión digital	102
7.5 Redundancia: medio adecuado de mantener la calidad de servicio.....	102
CAPÍTULO 8 – Asistencia satelital	105
8.1 Introducción	105
8.2 Satélites en calidad de enlaces de conexión para redes de radiodifusión de televisión terrenal.....	105
8.3 Utilización de satélites como canales de retorno IP en la televisión interactiva	106
8.4 Utilización conjunta de la radiodifusión terrenal y la radiodifusión por satélite.....	106
PARTE 2 – ASPECTOS DE LA RADIODIFUSIÓN DE TELEVISIÓN DIGITAL RELATIVOS AL SISTEMA	109
CAPÍTULO 9 – Sistemas de radiodifusión de televisión terrenal digital.....	111
9.1 Tecnologías del sistema de radiodifusión.....	111
9.2 Sistemas de radiodifusión de televisión y multimedios terrenal digital	142
9.3 Sistema ATSC	144

	<i>Página</i>
9.4 Sistemas DVB-T y DVB-T2	162
9.5 Sistema ISDB-T	208
9.6 Sistemas DTMB y DTMB-A	225
9.7 Radiodifusión de Multimedios Terrenal Digital (T-DMB)	240
9.8 Sistema RAVIS	245
9.9 Tecnología MediaFLO	251
CAPÍTULO 10 – Interactividad y colaboración entre sistemas DTTB y otros sistemas distintos a los de radiodifusión.....	259
10.1 Aspectos generales y oportunidades de colaboración	259
10.2 Colaboración en la capa de servicio	259
10.3 Características técnicas comunes	261
10.4 Colaboración a nivel de la red	261
10.5 Examen detallado sobre televisión interactiva	263
CAPÍTULO 11 – Acceso condicional y protección de contenido en la radiodifusión de televisión digital.....	267
11.1 Aspectos generales	267
11.2 Métodos de implantación del CAS	268
11.3 Protección de contenido y gestión de copias	270
CAPÍTULO 12 – Calidad de la señal de banda base.....	273
12.1 Introducción	273
12.2 Estimación objetiva de la calidad de sistemas de compresión en la televisión digital ..	274
12.3 Estimación subjetiva de la calidad de sistemas de compresión en la televisión digital	276
CAPÍTULO 13 – Receptores de televisión digital	279
13.1 Aspectos generales de los receptores DTTB	279
13.2 Requisitos de los receptores DTTB	279
13.3 Soporte lógico intermedio para receptores TVD.....	282
13.4 Funcionalidad del sistema integrado de radiodifusión y banda ancha	282
CAPÍTULO 14 – Aspectos relativos a la accesibilidad.....	285
14.1 La UIT y la necesidad de servicios de acceso	285
14.2 Servicios de acceso de interés para la radiodifusión de televisión	286
14.3 Servicios de acceso procesados en el receptor y servicios de acceso basados en la radiodifusión.....	287

	<i>Página</i>
14.4 Utilización de subtítulos/leyendas	287
14.5 Particular importancia de IBB (sistemas integrados de radiodifusión y banda ancha) .	288
14.6 Producción de servicios de acceso – Algunos aspectos	291
14.7 Conclusiones	291
PARTE 3 – Aspectos de los Sistemas de Contribución y Periodismo Electrónico para la Producción de Programas Digitales	293
CAPÍTULO 15 – Sistemas de contribución y periodismo electrónico.....	295
15.1 Introducción	295
15.2 Sistemas de contribución y periodismo electrónico terrenales.....	298
Lista de abreviaturas.....	317

PARTE 1

ASPECTOS DE LA RADIODIFUSIÓN DE TELEVISIÓN DIGITAL RELATIVOS A LA RED

Introducción a la Parte 1

El entorno más dinámico y técnicamente complejo de distribución de contenidos de televisión es la radiodifusión de televisión terrenal digital (*DTTB, digital terrestrial television broadcasting*). Tradicionalmente, el servicio de radiodifusión de televisión llegaba a receptores fijos instalados en los hogares. En la actualidad, los usuarios desean información, infodiversión (*infotainment*) y entretenimiento en todas partes, a todo momento y en cualquier dispositivo, en lo posible de forma interactiva y con la calidad de servicio más elevada posible. Los conceptos modernos de la radiodifusión intentan tener en cuenta estas demandas a las que sólo puede darse respuesta con tecnologías digitales. La radiodifusión terrenal digital puede concebirse para que funcione tanto con antenas situadas en el tejado como con pequeñas antenas incorporadas en dispositivos portátiles y para la recepción móvil. Es muy probable que, en situaciones de catástrofe, sigan dando servicio al público los dispositivos que no dependen de grandes instalaciones de antenas y no, por ejemplo, la televisión por satélite, que depende de antenas parabólicas.

Las zonas de servicio de los planes de radiodifusión terrenal suelen estar afectadas debido a la interferencia causada por transmisores de radiodifusión vecinos en el mismo canal y en canales adyacentes, y por transmisores de otros servicios. Es necesario efectuar una cuidadosa planificación de frecuencias en la radiodifusión terrenal para una utilización óptima del espectro de frecuencias disponible.

En el diseño y la construcción de redes de radiodifusión de televisión terrenal hay que tener en cuenta los factores antes mencionados. La información facilitada en la Parte 1 debería habilitar a las administraciones y a los organismos de radiodifusión, cuando deciden llevar a cabo la transición de la radiodifusión terrenal analógica a la digital, o cuando están en proceso de adoptar la radiodifusión de televisión terrenal digital, a elegir la forma más eficaz de implantación de acuerdo con sus propias necesidades y a sacar el mayor provecho posible de las tecnologías digitales en términos de recursos del espectro, calidad de la señal y costo de su adopción. La Parte 1 de este Manual examina estos aspectos.

CAPÍTULO 1

Aspectos generales de la radiodifusión de televisión digital

La radiodifusión digital es una tecnología de radiodifusión basada en la transmisión de información de medios audiovisuales por trenes de bits. Una señal de radiodifusión está compuesta de vídeo, audio e incluye también servicios de datos tales como teletexto, subtítulos (leyendas codificadas u ocultas) o una guía electrónica de programas (EPG). Además, se transmiten metadatos descriptivos y técnicos para la identificación del programa y la configuración del receptor (por ejemplo, información sobre la estación emisora, los sistemas de compresión de vídeo y audio aplicados, la disposición de canales de sonido o los datos de control de interactividad, el formato de imagen y muchos otros). Asimismo, en la transmisión de la señal múltiplex se pueden incorporar servicios de acceso como la audiodescripción o un vídeo de lenguaje de signos. La radiodifusión moderna recurre a una serie de tecnologías que, en su conjunto, permiten la creación de la señal de radiodifusión y su distribución a los usuarios finales.³

1.1 Reconocimiento de las tendencias en la DTTB

La tecnología de medios sigue evolucionando en respuesta al cambio incesante de las necesidades y los deseos de los consumidores, y gracias a la investigación y el desarrollo. Para dar servicio al público en general, se deben respetar estos dos elementos y establecer una correlación entre ellos [1.1].

Los motivos que incentivan a los consumidores a efectuar una compra dependen de una serie de factores. En primer lugar, los tipos de contenidos disponibles; a continuación, el costo absoluto, los ingresos del usuario, la facilidad de utilización del equipo y los servicios (¡que sea simple para los usuarios finales!), incluidos complementos de la radiodifusión de televisión (otros medios de suministro que pueden utilizar el equipo y darle soporte).

1.2 La radiodifusión y su dependencia de la interoperatividad

Uno de los conceptos importantes de la radiodifusión es la interoperatividad. Diferentes sistemas o elementos del sistema pueden interconectarse siempre que sean interoperativos, es decir, que utilicen interfaces aprobadas. Los sistemas de televisión digital tienen dos componentes básicos:

- Elementos genéricos: son elementos que se aplican cualquiera sea el sistema de suministro (terrenal, de cable, por satélite, etc.). Pueden aprovechar soportes físicos (*hardware*) y soportes lógicos (*software*) comunes y hacer más fácil y más económica la construcción de receptores de sistemas de suministro múltiple. Los sistemas de compresión de vídeo y audio constituyen un excelente ejemplo de esas tecnologías genéricas.
- Elementos propios de la aplicación: estos elementos son necesariamente diferentes, por ejemplo, moduladores y demoduladores para la televisión por satélite y la televisión terrenal.

Otro requisito de la radiodifusión es la capacidad de transmitir a los clientes información de medios con niveles de calidad diferentes. Puede citarse como ejemplo la fase de transición de la televisión de calidad normalizada a la TVAD. Este tipo de señales TVAD pueden utilizar sistemas de codificación más recientes y más eficaces en materia de espectro pero incompatibles. Podrían emitirse simultáneamente con una versión del programa de calidad convencional para que llegaran a receptores convencionales y receptores TVAD al mismo tiempo.

³ Tradicionalmente, el UIT-R establecía en sus Recomendaciones una distinción entre radiodifusión de televisión y radiodifusión de multimedios. Esto obedecía a que la radiodifusión en dispositivos portátiles y móviles debía caracterizarse por bajas velocidades de datos y, en consecuencia, una menor calidad de vídeo y de audio que la prevista para la recepción de televisión en dispositivos fijos. En la actualidad, el caudal de las redes de telecomunicaciones ha aumentado y todos los portátiles pueden ofrecer contenidos audiovisuales de elevada calidad. Por lo tanto, la necesidad de establecer una distinción entre radiodifusión de televisión y radiodifusión de multimedios está desapareciendo.

No es ésta la única posibilidad de la futura radiodifusión de TVAD, pero es una hipótesis razonable debido a la evolución continua de las técnicas de codificación.

1.3 DTTB en el entorno de los medios

Los servicios DTTB son introducidos en paralelo con otros medios de suministro, como la televisión por satélite, la televisión por cable o la TVIP (televisión en línea por redes de banda ancha gestionadas) y los servicios de transmisión continua por Internet abierta (a menudo llamados servicios de televisión finales de banda ancha por Internet (televisión OTT -Over-the-Top- o televisión en línea). Por lo general, la televisión por satélite y por cable ofrece más canales de televisión que la DTTB debido al mayor ancho de banda de canal (en el caso de la televisión por satélite) y a un mayor espectro de frecuencias para la televisión por cable. En teoría, con la TVIP o la transmisión continua por Internet abierta, el número de programas de televisión disponibles es ilimitado. Se considera generalmente que, pese a su menor capacidad, la DTTB es más importante para el futuro de la radiodifusión de televisión. El **Terrestrial Television Initiative Memorandum of Understanding** (Memorando de Entendimiento sobre la iniciativa Futuro de la radiodifusión de televisión terrenal) (anunciado por FOBTv) [1.3] indica que:

«La radiodifusión terrenal es extraordinariamente importante porque es inalámbrica (admite receptores en movimiento), infinitamente modulables (arquitecturas punto a multipunto y de un solo emisor a varios receptores), local (capaz de suministrar contenido geográficamente local), oportuna (suministra contenido en tiempo real y en tiempo no real) y flexible (asegura servicios gratuitos y servicios de suscripción). El atributo de suministro inalámbrico de contenidos de medios a un número potencialmente ilimitado de receptores hace que la radiodifusión terrenal sea una tecnología vital en todo el mundo. De hecho, la radiodifusión es el medio de suministro inalámbrico más eficaz en materia de espectro para el contenido de medios de gran divulgación por ficheros en tiempo real».

Cuando proceda (por ejemplo, con respecto a los servicios interactivos), este Manual también hará referencia a las conexiones IP.

1.4 Evolución permanente de la DTTB

Los reguladores, los gestores del espectro y los organismos de radiodifusión se plantean cómo proseguir y ampliar la prestación de sus servicios de radiodifusión actuales y cómo introducir nuevos servicios de radiodifusión de manera eficaz y económicamente viable, teniendo en cuenta, entre otras cosas, las siguientes cuestiones:

- las necesidades del mercado local;
- las redes y los receptores de transmisión existentes;
- otros medios de suministro de contenidos, incluida la banda ancha IP, a través de redes móviles, fijas y de satélite;
- los requisitos regionales e internacionales en materia de reglamentación relativos a la utilización del espectro de frecuencias y, en particular, la repercusión de las decisiones adoptadas en la CMR-07, la CMR-12 y la CMR-15 con respecto a la atribución compartida de las bandas de 800 MHz y 700 MHz al servicio móvil y su identificación para las IMT;
- las normas actuales de transmisión para la radiodifusión y su futura evolución;
- las demandas de espectro procedentes de servicios distintos de la radiodifusión (por ejemplo, para la realización de programas y eventos especiales (PMSE)).

Los avances de la radiodifusión terrenal deben tener en cuenta la producción de contenidos de mayor calidad, así como la oferta de información nueva y adicional y de servicios interactivos, todo lo cual se traduce en velocidades de datos de transmisión más elevadas.

Las redes de radiodifusión digital deben afrontar constantemente entornos de medios en cambio permanente y nuevos requisitos debido a:

- la demanda de un número mayor de servicios de calidad técnica superior y con mejor cobertura;
- las nuevas tecnologías que permiten una utilización más eficaz del espectro;

- los cambios constantes de la reglamentación sobre la utilización del espectro;
- una gama más amplia de dispositivos de consumo, desde grandes pantallas y equipos audio multicanal hasta dispositivos de mano.

Por otra parte, la evolución de la radiodifusión de televisión se inspira en procesos como los que se enumeran a continuación:

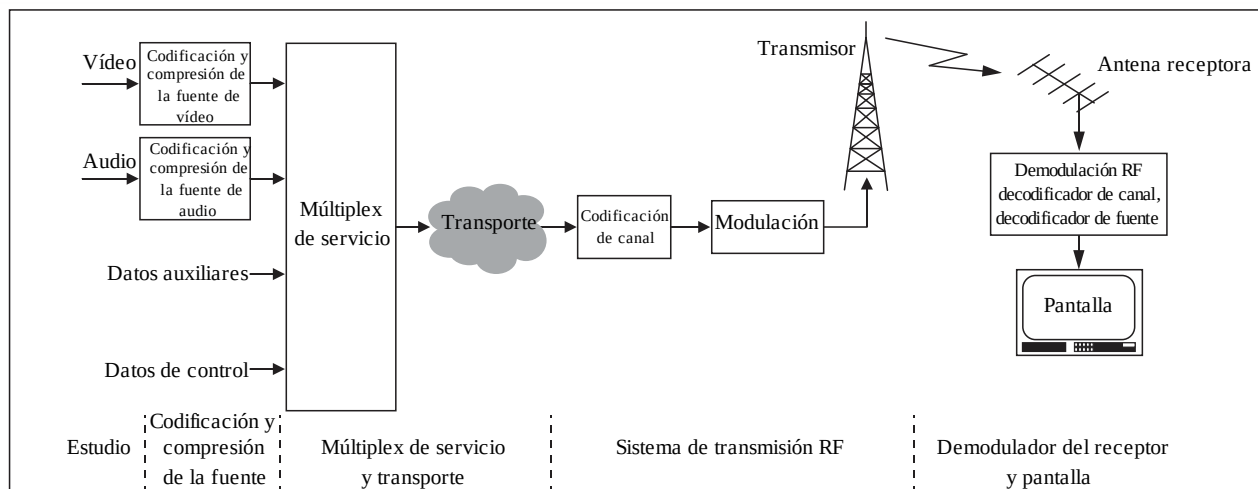
- a) En un número creciente de países, todos los servicios de televisión se ofrecerán en alta definición.
- b) Se prevé que, en un futuro próximo, se adopten en el entorno terrenal nuevos formatos, como la TVUAD y la TV3D, pantallas complementarias, televisión interactiva (por ejemplo, plataformas para servicios integrados de radiodifusión y banda ancha) y otros.
- c) Aumentarán los tamaños de pantalla para la visualización en los hogares (ya son habituales diámetros de más de 120 cm) y ya se han comenzado a utilizar formatos 1080p/50 ó 1080p/60 en varias redes DTTB. Por otra parte, se observa también una clara tendencia a la recepción móvil y portátil en pantallas de tamaño menor.
- d) En algunos países se implantará la TVUAD y se utilizarán sistemas de compresión avanzados, como HEVC⁴.
- e) El nuevo sistema de compresión llamado HEVC, doblemente eficaz, que está disponible desde 2015, tiene una eficacia de codificación dos veces mayor que AVC MPEG-4. Inicialmente se podrá utilizar con los nuevos servicios de TVUAD, pero también es probable que este sistema de compresión de vídeo sea utilizado en los futuros servicios de TVAD de la DTTB.
- f) Se implantarán sistemas de transmisión de la segunda generación en un número cada vez mayor de países para asegurar la capacidad suficiente en las redes DTTB con objeto de:
 - suministrar un paquete de servicios de TVAD atractivo;
 - compensar la reducción de la banda de televisión en ondas decimétricas debido a la introducción de las IMT en partes del espectro de radiodifusión.
- g) Las perspectivas del mercado de la televisión móvil (TVM) son variables. Hay numerosos sistemas, ya sea como sistemas TVM especializados, o bien como parte de una familia de normas de transmisión DTTB. Asimismo, en los servicios multimedios por redes de comunicaciones móviles (3G y 4G) se observan cifras de crecimiento muy elevadas.

1.5 El modelo DTTB de la UIT

En 1995, el Grupo de Tareas Especiales 11/3 del UIT-R inició la publicación de una Guía para la radiodifusión de televisión terrenal digital en las bandas de ondas métricas/decimétricas. En enero de 1996 se publicó una versión actualizada como Documento 11-3/3. Estos trabajos establecieron el diseño inicial del modelo del sistema DTTB, cuya resumen se presenta en la Figura 1.1.

⁴ En este Manual, HEVC se utiliza como sinónimo de MPEG-H e UIT-T H.265.

FIGURA 1.1

Modelo del sistema TVD⁵

DTTB-01-01

Como se indica en la Figura, el modelo se divide en cuatro subsistemas:

- codificación y compresión de la fuente;
- múltiplex de servicio y transporte;
- capa física, que comprende a) codificación, modulación y propagación del canal RF, y b) la instalación para recepción, incluidos demodulador, decodificador de canal y descompresión de contenido.

En paralelo, se deben considerar factores de planificación (incluidos los factores de planificación de la transmisión y de los receptores) y estrategias de implantación.

La «codificación de la fuente» designa los métodos de reducción de la velocidad binaria, conocidos también como técnicas de compresión de datos y protección contra errores, que pueden aplicarse a los trenes de datos digitales de vídeo, audio y auxiliares. La expresión «datos auxiliares» comprende los datos de control, incluido el control de acceso condicional, y los datos asociados con los servicios de programas de audio y vídeo, como las leyendas codificadas u ocultas. Los «datos auxiliares» también pueden aludir a servicios independientes de programas y de datos.

La expresión «múltiplex de servicio y transporte» se refiere a los medios de división de los trenes de datos digitales en «paquetes» de información, los medios de identificar unívocamente cada paquete o tipo de paquete y los medios apropiados de multiplexación de los paquetes del tren de datos de vídeo, los paquetes del tren de datos de audio y los paquetes del tren de datos auxiliares en un solo tren de datos. El interfuncionamiento o armonización entre soportes digitales, como la radiodifusión terrenal, la distribución por cable, la distribución por satélite, los soportes de grabación y las interfaces de computadora es una condición primordial en el establecimiento de mecanismos de transporte adecuados.

La «capa física» representa los medios que permiten utilizar la información de los trenes de datos digitales para modular la señal transmitida y engloba la llamada codificación de canales, esto es, la protección contra errores en recepción, para proteger la señal de radiodifusión contra bits decodificados incorrectamente.

⁵ Hay que señalar que, debido a la llegada de los sistemas de transmisión y modulación avanzados de la segunda generación, se debe introducir un bloque adicional entre múltiplex de servicio y transporte, la llamada pasarela (véase el Capítulo 7).

Los «factores de planificación y estrategias de aplicación» engloban las estrategias adecuadas para el establecimiento y la implantación de un servicio de radiodifusión de televisión terrenal digital. Los planes relativos a esas estrategias deben tener en cuenta las características de interferencia de las transmisiones inalámbricas y las limitaciones prácticas impuestas al receptor.

En el Capítulo 4 se describen en detalle la capa física y los factores de planificación, así como aspectos relativos a la planificación estratégica y al multiplex de servicio y transporte.

Bibliografía del Capítulo 1

- [1.1] **Wood D**, *European strategies, approaches, and projects for new media* / David Wood // SP: IC (20), octubre-noviembre de 2005. No. 9-10. págs. 789-800.
- [1.2] **UIT-D**, *Trends in broadcasting: An overview of developments* (Visión general de los avances de las tendencias en la radiodifusión), febrero de 2013, ref. <https://www.itu.int/en/ITU-D/Technology/Documents/Broadcasting/TrendsInBroadcasting.pdf> (publicado únicamente en inglés).
- [1.3] **FOBTv**, Future of Broadcast Terrestrial Television Initiative Memorandum of Understanding (Memorando de Entendimiento sobre la iniciativa Futuro de la radiodifusión de televisión terrenal): ref: www.fobtv.org.
- [1.4] **UIT-R** Doc. 11-3/3 – *A Guide to Digital Terrestrial Television Broadcasting in the VHF/UHF Bands* (Guía para la radiodifusión de televisión terrenal digital en las bandas de ondas métricas/decimétricas), enero de 1996. <http://happy.emu.id.au/lab/tut/dttb/dttbtuti.htm> (publicada únicamente en inglés). Un documento elaborado posteriormente (abril de 1996), 11/4-1, está disponible en <http://www.itu.int/itudoc/itu-r/archives/rsg/1996-97/rsg11/33390.html>, únicamente para usuarios de TIES.

CAPÍTULO 2

Estrategias para la introducción de la DTTB

La prestación de servicios de televisión, y, por lo tanto, la introducción de la radiodifusión de televisión terrenal digital (DTTB), están muy vinculadas a decisiones en materia de política y deben probablemente también ser objeto de una estricta reglamentación. Una preparación exhaustiva, que abarque las medidas reglamentarias necesarias para dar respuesta a los interesados y al interés público, sumada a las respectivas evaluaciones de su repercusión, son requisitos previos esenciales para la introducción de la DTTB.

En esta sección se facilita un breve resumen de las opciones en materia de política y reglamentación asociadas a la introducción de los servicios DTTB. Puede encontrarse una información más completa en las Partes 2 y 3 del Manual del UIT-D [2.1].

2.1 Factores a tener en cuenta en la introducción de la DTTB

2.1.1 Efectos de la parte correspondiente a la televisión terrenal analógica en el mercado actual

Si bien la televisión terrenal (analógica) es la plataforma de televisión dominante en un mercado, se puede prever razonablemente que, en un intento de reproducir ese servicio, la introducción de la DTTB se basará en la recepción en el tejado. Con la finalidad de que el usuario reutilice las antenas receptoras existentes, puede ser por tanto ventajoso reutilizar, en la medida de lo posible, el emplazamiento actual de los transmisores.

Sin embargo, esto da lugar a un plan de DTTB no optimizado dado que los requisitos técnicos de este tipo de radiodifusión son diferentes a los de la televisión analógica. En general, se debe llegar a un equilibrio adecuado entre redes optimizadas y redes eficaces, e incurrir en costos adicionales. La mayoría de las redes de los países que han adoptado la DTTB ha recurrido en gran medida a la reutilización de la infraestructura existente para la televisión analógica.

2.1.2 Motivos para elegir la DTTB

Por lo general, la introducción de la DTTB obedece a cuestiones de carácter político, aunque sea en parte como respuesta a las presiones comerciales. Estas presiones aluden, entre otras cosas, al suministro de un mayor número de programas de televisión (en particular, de nuevos proveedores de programas) y a la liberación de espectro para otras utilidades (por ejemplo, los servicios móviles de banda ancha).

Los motivos estratégicos que llevan a optar por la DTTB pueden ser, entre otros, los siguientes:

- La DTTB es un medio de distribución seguro en el ámbito nacional dado que está controlado por las autoridades del país, si se la compara con la distribución por satélite «controlada fuera del país», lo cual garantiza que se imponga una reglamentación nacional de los medios, en lugar de evitarla.
- La DTTB es simple de instalar y fácil de utilizar, en particular con televisores que disponen de sintonizadores incorporados y tienen pequeñas antenas interiores o exteriores.
- La DTTB es económicamente viable para los ciudadanos puesto que puede ofrecer acceso gratuito (y también de pago) a contenidos a un costo de instalación muy reducido, que permite asegurar la competencia entre plataformas de distribución. El costo del receptor, en un decodificador o incorporado en un televisor, es bajo.
- Gracias a la DTTB, los organismos de radiodifusión pueden proponer contenidos a grandes audiencias a escala nacional o subnacional a un costo constante. El costo de los derechos de distribución con una cobertura limitada de la DTTB también podría reducirse, en comparación con la gran cobertura de los satélites. La radiodifusión terrenal es un medio muy eficaz para facilitar información a toda la población en situaciones normales y de emergencia, además de impartir educación y ofrecer actividades recreativas.

- La DTTB propicia actividades comerciales y ofrece posibilidades de publicidad local y nacional, más centrada en una red terrenal que en una red de satélite. Puede favorecer además la creación de empleo impulsada por el desarrollo de la producción local y nacional de contenidos.
- La DTTB es innovadora y, en general, muy eficaz en materia de utilización del espectro gracias a la aplicación de técnicas de compresión y modulación de vídeo avanzadas, y a las posibilidades de las SFN (redes monofrecuencia o de frecuencia única). Se puede efectuar la distribución terrenal de la TVAD e incluso de la TVUAD. Los sistemas de radiodifusión y banda ancha interactivos (como HbbTV o Hybridcast, etc.) ofrecen nuevas experiencias al usuario. Con las tecnologías existentes y tecnologías rentables, es posible la distribución de la DTTB en los hogares por la WiFi.
- La DTTB tiene éxito: en 2015, 118 millones de hogares en Europa recibían la DTTB, que ofrece más de 2 000 canales de televisión.

2.1.3 Compartición de infraestructura

En algunos países se han comprobado las ventajas del uso compartido de los emplazamientos de transmisores. En este modelo, varios operadores pueden optar por agrupar sus emplazamientos existentes y construir redes de transmisores basadas en algunos de esos emplazamientos, o en todos, con lo cual se podrá reducir el costo elevado de la inversión que destina cada operador a la adquisición y construcción de nuevos emplazamientos de transmisores. Este enfoque se ha adoptado en Alemania, por ejemplo. El número de capas múltiplex que puede compartir infraestructura repercute de forma espectacular en los costos de instalación generales.

Además, la compartición de infraestructura reducirá la complejidad de la planificación de la red, especialmente cuando todas las redes comparten el mismo sistema de antena.

En ciertos países, la compartición de infraestructura no se aplicó al sistema de televisión analógica. Los transmisores de televisión analógica de cada organismo de radiodifusión fueron situados en diferentes emplazamientos dentro de la misma zona de servicio. En esos casos, algunos usuarios debían instalar más de una antena receptora que apuntara a diferentes direcciones para recibir todos los programas. Por consiguiente, parece probable también que la compartición de infraestructura en la DTTB resulte ventajosa para los usuarios.

Toda decisión con respecto a la compartición de infraestructura se debe adoptar, en última instancia, a escala nacional.

2.1.4 La DTTB como motor de la competencia

Aunque las plataformas de cable y satélite ya prestan servicio a los usuarios en un mercado, la DTTB tendrá que competir con ellas. La reglamentación puede desempeñar un papel esencial al respecto, con objeto de favorecer y establecer la competencia entre las diferentes plataformas.

Si bien la red terrenal tiene un papel minoritario en el mercado, los reguladores deben ser conscientes de que las demás plataformas pueden ejercer presión en los proveedores de servicios de programas que están considerando el posible lanzamiento de servicios DTTB. En tal caso, quizá sea difícil crear una nueva plataforma de DTTB en condiciones netas de mercado. Algunas disposiciones reglamentarias pueden ser un requisito previo para permitir la implantación con éxito de la DTTB.

Tanto para los usuarios como para los proveedores de servicios de radiodifusión, en muchos países se observa una situación de cuasi monopolio en la distribución de programas. Esto conlleva el riesgo de que se planteen problemas de distorsión del mercado, como los precios artificialmente inflados.

Cabe señalar que, para la distribución por satélite, en general no es posible limitar la zona de cobertura según las fronteras políticas. En la gran parte de los casos, las únicas soluciones a los problemas planteados en materia de derechos consisten en encriptar la señal -con todas las consecuencias que ello supone- o negociar los derechos de los programas más allá de la magnitud del mercado deseado. En el primer caso, el usuario debe comprar un decodificador con acceso condicional integrado y recibir la tarjeta inteligente correspondiente. Estas dos situaciones acarrean un costo adicional para el usuario, el proveedor de servicios o para ambos. En Francia, por ejemplo, un decodificador para la recepción por satélite es cinco veces más caro que un decodificador para la DTTB.

Generalmente, la distribución por cable da lugar a mercados restrictivos verticales que pueden ser más o menos amistosos para el usuario, dado que, en la mayoría de los casos, se debe comprar un decodificador patentado y los canales disponibles están encriptados.

2.1.5 Beneficios de la cooperación del sector industrial para el éxito de la introducción de la DTTB

En general, con respecto a las funcionalidades básicas, no se plantea ninguna dificultad para que una gran mayoría de receptores sean conformes a las señales DTTB. No obstante, en lo que concierne a las particularidades específicas de una norma de DTTB, que se implementan al precio de los costos de desarrollo adicionales, resulta menos claro que esas peculiaridades se apliquen correctamente a todos los equipos disponibles en el mercado, en especial si la adopción de decodificadores obedece claramente al mercado. Se puede alentar la interoperatividad mediante la participación de todos los interesados (organismos de radiodifusión, proveedores de infraestructuras, fabricantes de productos electrónicos de consumo, reguladores, etc.) en una marca de plataforma sólida, con licencias de marcas registradas para equipos receptores, como se hizo, por ejemplo, en el Reino Unido con la marca Freeview para DTTB. Aunque los requisitos de la especificación son muy exigentes, tal vez merezca la pena transferir la responsabilidad sobre la especificación y la garantía de interoperatividad a una junta de coordinación de los interesados y el sector industrial. Es sumamente recomendable crear un «grupo de trabajo» integrado por todos los interesados, es decir, reguladores, autoridades de los medios, el sector industrial, operadores de redes de radiodifusión, instaladores de antenas y proveedores de programas.

2.1.6 Aspectos relativos a la licencia – concesión de múltiplex o concesión de licencias por programa

Otro aspecto de orden material para determinar el progreso de la plataforma DTTB es la composición de los múltiplex. En algunos países, los múltiplex fueron atribuidos directamente a los proveedores de programas. Esto puede simplificar el régimen reglamentario y permitir también una mejor multiplexación estadística (*statmux*), dado que el operador optimiza al mismo tiempo el contenido y la velocidad de datos.

El inconveniente de este enfoque radica en que sólo los principales proveedores de programas en actividad podrán tener fácil acceso a los múltiplex, lo cual disminuiría a la vez la posibilidad de que surjan nuevos servicios y nuevos operadores. En cambio, con la concesión de licencias por programa, la dificultad es mayor desde el punto de vista de la reglamentación: la velocidad de datos, la señalización y los datos asociados tienen que ser asignados de forma equitativa.

Hay un tercer modelo que consiste en conceder licencias de múltiplex a empresas creadas exclusivamente para la explotación de esos múltiplex. Sirven de «intermediario» entre proveedores de programas y operadores de redes de radiodifusión. Contratan a los operadores de red para disponer de la infraestructura de transmisión y venden capacidad a los proveedores de programas interesados. Puede ser necesario regular la forma en que el operador de múltiplex asigna capacidad y explota cualquier multiplexación estadística con el fin de garantizar que todos los proveedores de programas reciban un trato equitativo.

Aunque todo proceso de conversión de sistemas analógicos a digitales puede aportar ventajas al sector de la radiodifusión, éstas variarán de un país a otro según las condiciones imperantes en el mercado. A título de ejemplo, el apagón analógico (ASO) en Francia sólo se pudo lograr con la concesión de una licencia de programa adicional en la introducción de la DTTB y con otra al final de la conversión. En el Reino Unido, en cambio, el proceso de conversión permitió recurrir a potencias de transmisión más elevadas y modos de transmisión superiores, con lo cual aumentó la capacidad y los operadores de múltiplex pudieron agregar más servicios de programas.

2.1.7 El proceso de conversión

La conversión de la radiodifusión analógica a la digital es una fase crucial para la introducción de la DTTB. En general, se pueden observar dos tendencias al respecto:

- Se puede optar por una difusión simultánea más prolongada que permita a los ciudadanos una transición paulatina.

- Con una difusión simultánea menos prolongada se puede lograr una utilización más eficaz y oportuna de los recursos del espectro.

En ciertos casos, tras la activación de los servicios terrenales digitales en zonas de alta densidad de población, habrá una rápida modernización de las instalaciones domésticas y, por consiguiente, los servicios DTTB tendrán gran repercusión. Al mismo tiempo, debido a la escasez de recursos del espectro, es probable que no sea posible la mejora de la red (tanto con respecto al número de programas como a la zona abarcada) sin liberar las bandas del espectro ocupadas por los servicios de televisión analógica. Por ello, es posible que haya presiones para que se adelante la fecha del apagón analógico.

Uno de los inconvenientes que plantea una difusión simultánea más prolongada son los costos adicionales asociados a una doble transmisión y al hecho de que, durante el periodo de transición, la televisión analógica tiene que estar protegida contra las interferencias. En general, la recepción analógica se basa en numerosos reemisores complementarios que pueden tener que ser modificados para liberar espectro destinado a la DTTB. Esto sólo se obtiene al precio de costos de rediseño elevados. En Francia, por ejemplo, el rediseño de esos reemisores se financió con un impuesto aplicado a los nuevos participantes.

En el Informe UIT-R BT.2140 [2.2], que contiene una información exhaustiva sobre el proceso de conversión en numerosos países del mundo, se facilitan orientaciones respecto a los principales problemas y posibles soluciones del proceso de transición.

En el Manual del UIT-D [2.1] puede hallarse más información relativa a la transición de la radiodifusión analógica a la digital.

2.1.8 Servicios de acceso y servicios auxiliares

Una de las ventajas de la DTTB en relación con la radiodifusión de televisión analógica es la mayor capacidad de proporcionar servicios de acceso. Entre ellos, los siguientes:

- Segunda banda sonora lingüística (y más).
- Subtitulado mejorado, incluso en numerosos idiomas.
- Audiodescripción.
- Interpretación del lenguaje de signos.

Todos estos servicios pueden ofrecer una prestación importante a los usuarios normalmente excluidos de las audiencias de televisión, pero cada uno de ellos requiere una capacidad de datos adicional que se debe planificar al establecer los balances de datos múltiplex. Se deben considerar los medios de acceso a estos servicios (por ejemplo, a través de la simple selección en un mando a distancia), pero hay que tener en cuenta esta funcionalidad en las especificaciones de los decodificadores.

Además de estos servicios de acceso, los organismos de radiodifusión quizás estimen conveniente proponer otros servicios (auxiliares) que requerirán también una capacidad de datos adicional, como bandas sonoras sin comentarios para eventos deportivos, o servicios de datos.

En el Capítulo 14 de este Manual puede hallarse más información sobre aspectos relativos a la accesibilidad en los sistemas DTTB.

2.1.9 Otras consideraciones

La introducción con éxito de la DTTB exige un entorno reglamentario adecuado que incentive el despliegue de la televisión comercial. Si la televisión terrenal digital está destinada principalmente a televisores secundarios o terciarios, puede plantearse una dificultad. Por lo general, la televisión comercial se financia con la publicidad, cuyo nivel está directamente relacionado con la cuota de mercado. Sin embargo, en numerosos países la cuota de mercado para la audiencia se mide únicamente en relación con el televisor principal. Se debe tener esto en cuenta al introducir la televisión terrenal digital en un mercado con plataformas de satélite y cable dominantes como ocurre, por ejemplo, en Alemania.

En conclusión, sigue siendo una decisión en materia de política alentar la competencia entre plataformas de distribución o fomentar la implantación de la DTTB. Hay que destacar no obstante que en casi todos los países que han lanzado la DTTB se adoptó una decisión que obedecía claramente a cuestiones de política.

2.2 Configuración y costos de la red

Uno de los posibles incentivos para que los operadores históricos adopten la DTTB es el costo reducido de la red.

En la televisión analógica, no había ninguna posibilidad de sincronizar dos transmisores en la misma frecuencia. A cada transmisor de alta potencia debían añadirse transmisores de baja potencia (reemisores complementarios) en otras frecuencias.

Para el funcionamiento de la DTTB se pueden utilizar redes monofrecuencia (SFN) que dan mejor cobertura que la obtenida por los transmisores que funcionan individualmente sin utilizar recursos adicionales del transmisor ni del espectro. Por ejemplo, en Alemania, todos los reemisores complementarios fueron desactivados cuando se completó la conversión. Sin embargo, cuando la recepción fija en el tejado es la dominante, los usuarios de reemisores complementarios podrían necesitar substituirlos o reorientar las antenas existentes.

La extensión de la zona que puede cubrir una SFN depende esencialmente de la variante de DTTB elegida. Por regla general, cuanto más robusta sea la variante, menos datos se pueden transportar, pero la zona de cobertura de la SFN puede ser más amplia. El tamaño del intervalo de guarda (GI) es también un factor importante. En Alemania, se optó por una variante muy robusta con un gran intervalo de guarda (intervalo de guarda 1/4 MAQ-16 2/3) para tener en cuenta SFN más extensas. En Francia, se eligió una variante de alta capacidad con un pequeño intervalo de guarda (intervalo de guarda 1/32 MAQ-64 2/3). De esta forma, se disminuye la posibilidad de utilizar SFN de gran zona de cobertura.

El tamaño máximo deseable de una SFN también está determinado por las áreas editoriales que se desea cubrir. Como todos los transmisores en una SFN deben transportar trenes de datos idénticos, una SFN no puede extenderse más allá de las más pequeñas áreas editoriales de los programas transportados.

Teóricamente, una SFN se puede instalar en cualquier zona arbitrariamente amplia a condición de que la red sea suficientemente densa, teniendo en cuenta la robustez y el intervalo de guarda elegidos. Sin embargo, cuando los operadores de redes de radiodifusión tratan de reducir los costos de instalación de la red, deben evaluar con sumo cuidado las consecuencias que tiene una red más densa en esos costos.

Un factor adicional que da lugar al aumento considerable de los costos de la red es el número de capas que se deben asegurar, en particular si no formaban parte del plan de la red original (por ejemplo, los previstos en la CRR-06). Naturalmente, es posible admitir una cierta evolución del plan, pero todo deseo de aumentar el número de capas llevará inevitablemente a un mayor número de redes celulares (debido a la necesidad de proteger los servicios en zonas adyacentes) que ocasionarán el aumento de los costos.

2.3 Introducción de la DTTB mediante la combinación de configuraciones de red diferentes

En muchos países, la DTTB es el principal trayecto de distribución gratuito, pero la instalación de la infraestructura es muy cara. Aunque los organismos de radiodifusión pueden tener la obligación de dar cobertura a la totalidad del territorio de un país, cuando se trata de canales comerciales el mercado decide el alcance de la instalación (y los reguladores pueden determinar la cobertura mínima requerida).

Desde un punto de vista puramente comercial, puede resultar muy costoso dar cobertura al 100% del territorio o de la población de un país. Los incentivos reglamentarios pueden estimular la cobertura en todo el país: por ejemplo, mediante la concesión de licencias a condición de que se logre una cobertura mínima, o de que se dé cierta prioridad a los servicios en las redes de distribución por cable en condiciones localmente admitidas por la DTTB.

En Francia, por ejemplo, el 5% de la población no atendida por la DTTB depende de una plataforma de satélite, lo que conlleva costos mucho más elevados para la población rural dado que el costo del equipo receptor del satélite es, como mínimo, cinco veces superior al de la DTTB.

2.4 Compartición del espectro por servicios de radiodifusión y servicios distintos a los de radiodifusión

Al planificar la implantación de la DTTB, se deben tener en cuenta las posibles situaciones de coexistencia de los servicios de radiodifusión con servicios distintos a los de radiodifusión. En Europa, a diferencia de los EE.UU., el dividendo digital sólo se abordó después de la introducción de la DTTB y tuvo varias consecuencias desfavorables:

- Los receptores en uso están expuestos a graves interferencias si no se adoptan las medidas adecuadas (las llamadas «técnicas de reducción de la interferencia»). Estas técnicas tienen inconvenientes que pueden superar las ventajas que supone utilizar una banda de frecuencias más baja. Para afrontar la presencia de servicios distintos a los de radiodifusión en la gama de frecuencias diseñada del receptor, hay que (re)definir algunas especificaciones adecuadas del receptor, como la gama dinámica y las relaciones de protección en el canal adyacente.
- Se requieren esfuerzos y costos considerables para efectuar una nueva planificación de las redes existentes (incluidas las posibles necesidades de coordinación a nivel internacional) y para rediseñar la infraestructura de la red existente.
- Se reducen las posibilidades de que otros usuarios utilicen espectro «intercalado». En muchos países, los servicios auxiliares para la radiodifusión (por ejemplo, los micrófonos radioeléctricos) ya utilizan el espectro entre transmisiones DTTB. Algunas administraciones están examinando también la utilización de espectro intercalado para dispositivos «de banda blanca». La reducción del espectro disponible para la DTTB llevará a una reducción desproporcionada del espectro para esos servicios y podría reducirlo hasta el punto de que los sectores industriales de la elaboración de programas o de bandas blancas no puedan llevar a cabo ninguna actividad comercial viable.

Por ello, la adopción de decisiones con respecto a todo dividendo digital propuesto antes de la introducción de la DTTB aporta ventajas evidentes.

2.5 Conclusión

En conclusión, la introducción de la DTTB depende principalmente de decisiones en materia de política. Es necesario aclarar y evaluar las consecuencias de las diferentes posibilidades para la introducción de la DTTB y, por otra parte, aclarar también el papel que la DTTB está destinada a cumplir en un mercado particular.

La decisión relativa a la posible compartición del espectro con otros servicios o a la liberación de espectro para otros servicios se debería adoptar, dentro de lo posible, antes de la introducción del DTTB.

Bibliografía del Capítulo 2

- [2.1] **UIT-D**, *Guidelines for the transition from analogue to digital broadcasting* (Directrices para la transición de la radiodifusión analógica a la digital), enero de 2014, (publicadas únicamente en inglés y francés)
<https://www.itu.int/en/ITU-D/Regional-Presence/AsiaPacific/Documents/AtoDguidelinesV3.pdf>
- [2.2] **UIT-R**, Informe UIT-R BT.2140, *Transition from analogue to digital terrestrial broadcasting* (Transición de la radiodifusión terrenal analógica a la digital) (publicado únicamente en inglés).

CAPÍTULO 3

Requisitos para la implantación de redes de radiodifusión de televisión terrenal digital

3.1 Introducción

En general, los requisitos que se deben especificar para la implantación de redes de radiodifusión de televisión terrenal digital pueden agruparse en tres partes:

Las necesidades del usuario y del servicio, que incluyen:

- Calidad de imagen (DN, AD, UAD, etc.)
- Calidad de audio (número de canales audio...)
- Tipo y número de servicios adicionales (EPG, servicios de acceso...)
- Modo de recepción (fijo, portátil, móvil)
- Número de programas (vídeo + audio y datos asociados)
- Cobertura de la zona/población de destino (porcentaje de la zona o población nacional, posible obligación en cuanto a la misión de servicio público o seguridad nacional)
- Disponibilidad del servicio (emplazamiento de recepción previsto y probabilidades de tiempo)

Las necesidades en materia de espectro, que incluyen:

- Modo de utilización del espectro (MFN o SFN)
- Bandas de frecuencias previstas (Bandas III, IV, V) y ampliación del espectro necesaria para implantar redes DTTB que cumplan con todos los requisitos anteriores

Los requisitos aplicables al receptor, que incluyen:

- Especificaciones técnicas mínimas para recibir programas de DTTB (sensibilidad, selectividad, gamas de frecuencias de funcionamiento, etc.)
- Características de conectividad y posible fuente de alimentación para la antena activa a través del alimentador
- Soportes lógicos intermedios (*middleware*) para los sistemas híbridos de radiodifusión y banda ancha adoptados
- Capacidades de acceso condicional

3.2 Necesidades del usuario y del servicio

3.2.1 Calidad de imagen y calidad de audio

La resolución de la imagen de televisión utilizada para la DTTB va desde la definición normalizada (DN) hasta la ultra alta definición (UAD). Las primeras implantaciones de DTTB ofrecían principalmente imágenes con DN comparables a las buenas imágenes analógicas de los sistemas PAL y SECAM. Más adelante, la televisión de alta definición (TVAD) comenzó a propagarse cuando se utilizaron a gran escala pantallas planas de gran tamaño y sus precios disminuyeron considerablemente. Con el paso del tiempo se generalizó la utilización de pantallas planas más grandes de 4k (que superan las 55") y su precio sigue disminuyendo.

En términos de audio, la calidad varía del audio estereofónico (canal 2) al audio ambiente (canal 5.1).

La velocidad binaria necesaria para un programa audiovisual con un nivel de calidad de imagen y audio determinado dependerá de las técnicas de compresión utilizadas.

Los valores presentados en los Cuadros 3.1 a 3.4 *infra* se basan en la información detallada que figura en UER TR036 [3.1] y UER TR015 [3.2]. Están vinculados a la técnica de compresión del contenido audiovisual de banda base y, por ello, son independientes del sistema de transmisión de la DTTB.

Para cada programa se supone una velocidad binaria de 800 kbit/s para audio y datos asociados, indicada en los valores de los Cuadros *infra*. Los valores correspondientes a vídeo solamente (velocidad binaria de vídeo) y los que indican la velocidad binaria necesaria para audio y datos asociados se observan en columnas separadas en cada Cuadro presentado *infra*.

Se supone también que la ganancia de multiplexación estadística (statmux) para 4 (o más) programas es normalmente del 20% en promedio⁶. Esto se aplica para obtener velocidades binarias con statmux a partir de la velocidad binaria sin statmux en los Cuadros siguientes.

NOTA – Los valores presentados en los Cuadros 3.1 a 3.4 *infra* son típicos pero indicativos. Puede haber diferencias entre esos valores y los que se utilizan o serán utilizados en las auténticas redes. Las velocidades de datos reales utilizadas por cada organismo de radiodifusión dependerán de un compromiso entre los aspectos económicos de la capacidad disponible en un múltiplex, incluido el número de programas que se pongan a disposición, y la calidad de imagen deseada. Habrá también diferencias debido a la eficacia de los códecs de vídeo en el momento de la implantación. Por otra parte, la velocidad binaria adicional para audio y datos asociados puede variar según la calidad de audio deseada y los datos asociados.

CUADRO 3.1

Velocidad binaria estimada por programa para el formato DN

Todos los valores están en Mbit/s	DN, H.264 sin statmux	DN, H.264 con statmux (4 ó más programas/grupos)	DN, HEVC sin statmux	DN, HEVC statmux (4 ó más programas/grupos)
Velocidad binaria de vídeo	1,875 ¹	1,5 ²	N/D ³	N/D
Velocidad binaria de vídeo + 0,8 Mbit/s para audio y datos	2,675	2,3	N/D	N/D

NOTA 1 – UER TR036 [3.1], sección 2.1:

DN MPEG2 Vídeo statmux: 3 Mbit/s

DN MPEG2 Vídeo sin statmux (cancelación de la reducción del 20%): $3/(1-0,2) = 3,75$ Mbit/s

DN H.264 Vídeo sin statmux (50% relativa a MPEG2): 1,875 Mbit/s

DN H.264 Programa sin statmux (+0,8) = 2,675 Mbit/s

NOTA 2 – 20% de ganancia respecto de la cifra anterior con statmux.

NOTA 3 – No está previsto contar con servicios TVDN basados en HEVC. Véase la cláusula 5.14 de TS 101 154 V2.2.1 (06/2015) del ETSI [3.6] para «Specifications Common to all HEVC IRDs and Bitstreams» (Especificaciones comunes a todos los IRD HEVC y trenes de bits).

⁶ La ganancia de 20% es la ganancia media entre 15% (para 4 programas) y 25% (para 10 programas) indicada en el Cuadro 3.5.

CUADRO 3.2

Velocidad binaria estimada por programa para el formato AD 720p/50 ó 1080i/25

Todos los valores están en Mbit/s	AD 720p/50 ó 1080i/25, H.264 sin statmux	AD 720p/50 ó 1080i/25, H.264 con statmux (4 ó más programas/grupos)	AD 720p/50 ó 1080i/25, HEVC sin statmux	AD 720p/50 ó 1080i/25, HEVC con statmux (4 ó más programas/grupos)
Velocidad binaria de vídeo	6 ¹	4,8 ²	2,8-3,5 ³	2,3-2,8
Velocidad binaria de vídeo + 0,8 Mbit/s para audio y datos	6,8	5,6	3,6-4,3	2,9-3,5

NOTA 1 – UER TR036 [3.1], Cuadro 1 primera casilla. Cabe señalar que en UER TR015 [3.2] de 2012 se indica que, en pocos años más, está prevista una velocidad de 7 Mbit/s. Esto supone que la eficacia del equipo de codificación de H.264/AVC ha mejorado más de lo previsto desde 2012.

NOTA 2 – 20% de ganancia respecto de la cifra anterior con statmux.

NOTA 3 – En UER TR036 [3.1], Cuadro 1 segunda casilla (enfoque 1), se indica una velocidad binaria de 3,5 Mbit/s para AD 720p/50 aunque la explicación proporcionada en el Cuadro 3 (enfoque 2) indica una velocidad binaria de 2,8 Mbit/s para AD 1080i/25 (que necesita una velocidad binaria similar a 720p/50). Esta amplia gama se explica por las diferentes generaciones de codificadores consideradas en cada uno de los enfoques. A modo de comparación, en el Cuadro 1.1a de la Rec. UIT-R BT.2073-0 [3,3] se indica la velocidad binaria constante máxima necesaria para secuencias críticas de 10-15 Mbit/s.

CUADRO 3.3

Velocidad binaria estimada por programa para el formato AD 1080p/50

Todos los valores están en Mbit/s	HD 1080p/50, H.264 sin statmux	AD 1080p/50, H.264 con statmux (4 ó más programas/grupos)	AD 1080p/50, HEVC sin statmux	AD 1080p/50, HEVC con statmux (4 ó más programas/grupos)
Velocidad binaria de vídeo	6-8 ¹	4,8-6,4 ²	3,5-3,6 ³	2,8-3,0 ³
Velocidad binaria de vídeo + 0,8 Mbit/s para audio y datos	6,8-8,8	5,6-7,2	4.3-4,4 ⁴	3,6-3,8 ⁵

NOTA 1 – En UER TR015 [3.2] de 2012 se indica que, en pocos años más, está prevista una velocidad de 10 Mbit/s. Sin embargo, como se observa en el Cuadro 3.2 supra para el formato AD 720p/50, la eficacia del equipo de codificación de H.264/AVC ha mejorado más de lo previsto desde 2012; por ello, se indica una gama de 6 a 8 Mbit/s.

NOTA 2 – 20% de ganancia respecto de la cifra anterior con statmux.

NOTA 3 – Cifras de la casilla inferior – 0,8 Mbit/s.

NOTA 4 – UER TR036 [3.1], Cuadro 5 segunda casilla. A modo de comparación, en el Cuadro 1.1a de la Rec. UIT-R BT.2073-0 [3,3] se indica la velocidad binaria constante máxima necesaria para secuencias críticas de 10-15 Mbit/s.

NOTA 5 – UER TR036 [3.1], Cuadro 5 segunda casilla.

CUADRO 3.4

**Límite superior e inferior de las velocidades de datos totales
estimadas por programa para el formato UAD 2160p/50**

Todos los valores están en Mbit/s¹	UAD 2160p/50, HEVC sin statmux	UAD 2160p/50, HEVC con statmux
Límite inferior	10,4-14,8	9,25-12,0
Límite superior	22,5 ²	20,7 ³

NOTA 1 – Todos los valores han sido extraídos de EUR TR036 [3,1] Cuadro 8.

NOTA 2 – A modo de comparación, en el Cuadro 1.1a de la Rec. UIT-R BT.2073-0 [3,3] se indica la velocidad binaria constante máxima necesaria para secuencias críticas de 30-40 Mbit/s.

NOTA 3 – Con una ganancia de statmux del 8% para dos programas en el múltiplex.

3.2.2 Audio y datos asociados

Audio: 0,2 a 0,5 Mbit/s (0,25 Mbit/s utilizados en los Cuadros *supra*) – según el número de canales audio (estereofónico/ambiente sonoro/multilingüe).

Información de servicio y EPG: (SI) 0,1 a 0,3 Mbit/s (0,15 Mbit/s utilizados en los Cuadros *supra*).

Interactividad/Teletexto: 0,1 a 1,0 Mbit/s (0,2 Mbit/s utilizados en los Cuadros *supra*).

Servicios de acceso (subtítulos/audiodescripción/subtítulos leídos): 0,2 Mbit/s.

Servicios integrados de radiodifusión y banda ancha:

La Recomendación UIT-R BT.2075 [3.7] considera tres sistemas integrados de radiodifusión y banda ancha (IBB): HbbTV, Hybridcast y plataforma de televisión inteligente basada en HTML5.

La velocidad binaria necesaria para los servicios IBB en un múltiplex de DTT depende de la atribución efectuada por el organismo de radiodifusión de contenidos IBB que se transmitirán por la DTT y los que se transmitirán por la conexión (Internet) de banda ancha.

Cuando las conexiones a Internet son rápidas y fiables, es probable que el suministro de la mayoría de los contenidos IBB se efectúe por Internet. En este caso, sólo se necesita que las ofertas IBB estén conectadas a los servicios adecuados (por ejemplo, en la HbbTV esto corresponde a la presencia del «botón rojo» a la derecha en cada programa de televisión). La velocidad de datos necesaria en el múltiplex de DTT depende del número de aplicaciones IBB de la oferta. Tomando como ejemplo la HbbTV, serán necesarios 2 kbit/s para una sola aplicación. Dado que hay numerosos servicios de televisión en un múltiplex de DTT y que se proponen varias aplicaciones en cada servicio, es probable que se necesiten varias decenas de kbit/s en un único múltiplex de DTT.

Si las conexiones a Internet son lentas y se dispone de capacidad de reserva múltiplex, las aplicaciones IBB se pueden transmitir por el propio canal de radiodifusión DTT. En el ejemplo anterior de la HbbTV, se logra utilizando el carrusel de datos DSM-CC (véase la Especificación HbbTV 2.0.) [3,8]. En este caso, pueden ser necesarios hasta varios Mbit/s para una oferta atractiva, incluidas imágenes, por ejemplo, y una carga en tiempo aceptable. Las velocidades de datos típicas para este tipo de utilización estarían en la gama comprendida entre 500 kbit/s y 2 Mbit/s.

Para más detalles sobre los sistemas integrados de radiodifusión y banda ancha, véase el Capítulo 10.

3.2.3 Programas de radiodifusión sonora autónomos (radiodifusión sonora por DTTB)

Los sistemas DTTB se pueden utilizar para la transmisión de programas de radiodifusión sonora autónomos como parte de un múltiplex de servicios. Además de los datos atribuidos a la componente de audio de ese tipo de programas, serán necesarias velocidades de datos para (por ejemplo) visualizar una leyenda en pantalla mientras se sintoniza el servicio de audio. Esto se conseguirá con velocidades muy bajas, entre 5 y 10 kbit/s.

La velocidad de datos necesaria para el componente de audio depende del sistema de codificación utilizado, así como del formato de la señal de audio elegido. Por ejemplo, se podría transmitir un monoprograma en codificación AC3 con 64 kbit/s o menos, en tanto que un programa multicanal podría necesitar 300 kbit/s o más.

Los sistemas DTTB más antiguos utilizaban la codificación de capa 2 de MPEG y, por consiguiente, necesitaban velocidades de datos más altas para servicios de audio: generalmente, se podrían haber utilizado 160 kbit/s para un programa estereofónico.

3.2.4 Modo de recepción

La DTTB prevé cuatro modos de recepción:

- Recepción con antena fija en el tejado
- Recepción portátil en interiores/extteriores⁷
- Recepción en dispositivos de mano
- Recepción móvil

Los imperativos de uno u otro modo de recepción dependen de la situación real del país. En países en los que aún está muy difundida la recepción con antena fija en el tejado, se suele implantar la DTTB para ese modo de recepción. En países con importantes índices de penetración de satélite y cable, se opta generalmente por modos de recepción portátiles y móviles.

En el Capítulo 4 se describen los parámetros técnicos de la DTTB convenientes para cada uno de los cuatro modos de recepción indicados.

3.2.5 Número de programas audiovisuales

El número de programas audiovisuales que puede admitir un canal de 6, 7 u 8 MHz depende de la velocidad binaria necesaria para un solo programa (como se observa en la sección 3.2.1) y de la capacidad del canal que depende del sistema de modulación utilizado y si se aplica o no la multiplexación estadística.

En el Anexo 2 al Capítulo 4 se describen varias modalidades de implantación de la DTTB basadas en los diferentes sistemas de este tipo de radiodifusión. Teniendo en cuenta esas modalidades, se puede calcular el número de programas DN, AD y UAD que pueden ser admitidos en un múltiplex.

Para mayor claridad, se utilizan las cifras de la ganancia del múltiplex estadístico indicadas en [3,1], que se reproducen en el Cuadro 3.5. Se atribuye un valor específico a cada número de programas por múltiplex. Estos son más detallados que los valores representativos utilizados en la sección 3.2.1. Se debe tener en cuenta que estas cifras son valores medios obtenidos a partir de la experiencia y que, en determinados casos, pueden tener ligeras diferencias.

⁷ Nota sobre la «recepción fija en interiores»: En los países que se atienen al principio de planificación «portátil en exteriores» (en el Plan de Frecuencias GE06 de la UIT se llama RPC2), la señal de televisión puede ser recibida en interiores dentro de un área relativamente amplia en torno al transmisor de televisión. Por ello, los decodificadores fijos y los televisores pueden funcionar con pequeñas antenas interiores conectadas al dispositivo receptor de la DTTB. Puede citarse como ejemplo a Alemania pues prácticamente todos los hogares de las aglomeraciones utilizan (o pueden utilizar) una antena de interiores para la recepción de la DTTB, conectada permanentemente a sus decodificadores fijos o a sus televisores (por lo general, de grandes pantallas).

CUADRO 3.5

Ganancia del múltiplex estadístico en función del número de programas por múltiplex (extraído de [3.1])

Número de programas por múltiplex	Ganancia del múltiplex estadístico (%)
1	0
2	8
3	12
4	15
5	17,5
6	19
7	21
8	23
9	24
10	25

En el Cuadro 3.6 se observan los resultados obtenidos respecto a algunos ejemplos de modalidades de implantación descritos en relación a las velocidades de datos ofrecidas por el sistema DTTB en un canal de 6, 7 u 8 MHz. En el Anexo 2 al Capítulo 4 pueden hallarse cifras concretas de velocidades de datos para diferentes sistemas DTTB.

Obsérvese que en el Cuadro 3.6 el número de programas se indica con un decimal aunque, en la práctica, sólo puede admitirse un número entero de programas. Se incluye además la ganancia del múltiplex estadístico basada en el Cuadro 3.5.

Téngase en cuenta la hipótesis de que los resultados para el formato 720p/50 son idénticos a los obtenidos para el formato 1080p/50.

CUADRO 3.6

Número de programas en un canal de 6, 7 u 8 MHz según la velocidad de datos ofrecida mediante ejemplos de modalidades de implantación de la DTTB

Modalidades	1	2	3	4
	(Ejemplo DVB-T2, recepción fija en el tejado utilizando un canal de 8 MHz y planificación MFN – Véase A4.2.1.1 del Anexo 2 al Capítulo 4)	(Ejemplo ISDB-T, recepción fija en el tejado utilizando una parte (capa) de un canal de 6 MHz – Véase A4.2.2 del Anexo 2 al Capítulo 4)	(Ejemplo DTMB, recepción fija en el tejado utilizando un canal de 8 MHz y planificación MFN – Véase A4.2.3.1 del Anexo 2 al Capítulo 4)	(Ejemplo ATSC, recepción fija en el tejado utilizando un canal de 6 MHz – Véase A4.2.4 del Anexo 2 al Capítulo 4)
Velocidad de datos	40,2 Mbit/s	16,85 Mbit/s	32,486 Mbit/s	19,39 Mbit/s
TVDN H.264 statmux	18,2	7,4	14,7	8,6
TVAD 720p/50 ó 1080i/25 H.264 statmux	7,3	2,7	5,6	3,2
TVAD 1080p/50 H.264 statmux	5,4-7,3	2,1-2,7	4,3-5,6	2,4-3,2
TVAD 720p/50 ó 1080i/25 HEVC statmux	11,7-13,9	4,05-5,4	9,4-11,2	5,3-6,3

CUADRO 3.6 (*fin*)

Modalidades	1	2	3	4
TVAD 1080p/50 HEVC statmux	11,5-11,7	4,4-4,5	9,2-9,4	5,1-5,3
TVUAD 2160p/50 HEVC statmux máximo	2,9-4,2	1,1-1,5	2,3-3,3	1,2-1,7
TVUAD 2160p/50 HEVC statmux mínimo	1,7	0,7	1,4	0,8

NOTA – La única finalidad del cuadro anterior es mostrar de qué forma obtener el número de programas que se pueden ofrecer mediante ejemplos de velocidades de datos. Las velocidades de los datos de transmisión seleccionadas se refieren a diferentes anchos de banda y, más importante aún, a diferentes niveles de robustez (como las diferentes técnicas de protección contra errores). Por consiguiente, no habría que utilizar el cuadro para comparar la eficacia de los sistemas DTTB en cuanto a las velocidades de datos ofrecidas. Para más detalles, véase el Anexo 2 al Capítulo 4.

3.2.6 Cobertura prevista

Como se indicó en el Capítulo 2, la cobertura prevista es un asunto de índole reglamentario y económico que corresponde al país que está implantando redes DTTB. En algunos países, las obligaciones de servicio público imponen la cobertura universal (próxima al 100%) del territorio o la población. En otros países o con respecto a la radiodifusión comercial, se pueden definir objetivos menos ambiciosos. La cobertura prevista definida corresponde a la zona de servicio del servicio de radiodifusión en cuestión. En el Capítulo 4 se examina la protección de esa zona de servicio.

3.2.7 Disponibilidad de recepción

La disponibilidad de recepción necesaria en los emplazamientos y en el tiempo incide en la planificación de los niveles de la señal. Cuanto mayor sea la disponibilidad prevista, más exigente será la red en cuanto a la potencia de transmisión y las necesidades en materia de espectro (con el fin de reducir los niveles de interferencia a corto plazo entre transmisores de radiodifusión situados a gran distancia). Los valores corrientes para la disponibilidad de recepción son los siguientes: 95% para la recepción con antena fija en el tejado, la recepción portátil en interiores/exteriores y la recepción en dispositivos portátiles, y 99% para la recepción móvil. Los organismos de radiodifusión o los reguladores pueden elegir otros valores por motivos propios.

Para más detalles, véase la sección 4.5.7 del Capítulo 4.

3.3 Necesidades en materia de espectro

Las necesidades de una red DTTB en materia de espectro se expresan en relación con la gama de frecuencias del espectro necesarias para instalar la red, aunque no se utilice todo el espectro en cada punto del territorio. Esto se debe a que es necesaria una zona de memoria intermedia en torno a un transmisor dado cuando la misma frecuencia de ese transmisor no puede ser reutilizada en el modo de utilización del espectro MFN (red multifrecuencia). Pese a que el modo SFN (red monofrecuencia) es atractivo porque ofrece una utilización más eficaz del espectro, en muchos casos el modo MFN es la mejor opción práctica, o la única. Ocurre así por ejemplo cuando el contenido no puede ser idéntico en grandes zonas (debido al cambio de contenido local o simplemente entre ambos lados de una frontera). También puede ocurrir cuando se considera que el costo derivado de la instalación de las SFN es muy elevado en términos de instalación efectiva (se necesita un equipo especial adicional y una planificación muy minuciosa) o de reducción de capacidad a raíz de la necesidad de un mayor intervalo de guarda para instalar SFN de gran tamaño.

En un número creciente de países se opta por una instalación mixta de redes multifrecuencia y redes monofrecuencia, que consiste en instalar una MFN de «islas» SFN. De esta forma, se logra una solución intermedia útil entre la restricción de una capacidad reducida debido a la aplicación de un gran intervalo de guarda y la restricción de una eficacia espectral reducida debido a la utilización de la instalación habitual de la MFN.

En el Capítulo 4 puede hallarse una explicación exhaustiva de los modos MFN y SFN.

La gama de frecuencias del espectro necesaria puede abarcar las ondas métricas (47-68 MHz y 174-216 MHz en los EE.UU. por ejemplo, 174-230 MHz en la Región 1) y todas las ondas decimétricas o parte de ellas (470-862 MHz). Las principales diferencias entre estas dos gamas de frecuencias son las características de propagación (más amplias en las ondas métricas que en las ondas decimétricas) y los tamaños de antena necesarios (mayores en ondas métricas que en ondas decimétricas).

Si bien este Manual se concentra en bandas de frecuencias inferiores a 1 GHz, para las que han sido diseñados los sistemas DTTB y se han planificado las redes DTTB, hay que señalar también la existencia de otras bandas atribuidas a la radiodifusión, por ejemplo, la banda L, 1 452-1 492 MHz, prevista en Europa para la T-DAB (radiodifusión sonora digital terrenal).

La(s) gama(s) de frecuencias necesaria(s) para la implantación de la DTTB debe(n) ser armonizada(s) porque de esa manera se crean las condiciones necesarias para una producción masiva de equipos de transmisión y recepción destinados al mercado, que permita reducir sus precios y lograr, al mismo tiempo, una mayor calidad de funcionamiento.

El UIT-R ha llevado a cabo dos encuestas sobre las necesidades de la radiodifusión en materia de espectro:

- 1) Entre mayo de 2012 y marzo de 2014, para la Región 1 y la República Islámica del Irán. El Informe UIT-R BT.2302 [3.4] facilita los resultados de dicha encuesta. Sobre la base de ese Informe, se llegó a la conclusión de que, con objeto de atender a las necesidades del servicio de radiodifusión en materia de espectro para la mayoría de las administraciones que participaron en la encuesta, se necesitan como mínimo 28 canales con un ancho de banda de 8 MHz (224 MHz) en la gama de frecuencias 470-694/698 MHz. Esta conclusión ha sido confirmada por el ejercicio de replanificación llevado a cabo en la Zona Africana de Radiodifusión antes de la CMR-15 (véase el Capítulo 6).
- 2) Entre diciembre de 2014 y julio de 2015, para todos los Estados Miembros y Miembros de Sector de la UIT. El Informe UIT-R BT.2387 [3.5] proporciona los resultados de esta encuesta. A partir de las respuestas recibidas, se destacaron los siguientes aspectos:
 - a) se observa una transición de las bandas de ondas métricas I, II y III a las bandas de ondas decimétricas para la implantación de la DTTB y un número considerable de países reducirá el espectro ocupado por la DTTB en las bandas de ondas decimétricas. Debido a ello, la banda más utilizada por la DTTB después del ASO (apagón analógico) y la reagrupación de canales estará comprendida entre 470-694/698 MHz;
 - b) prácticamente todos los países que explotan o planifican la introducción de la DTTB han expresado su deseo de disponer de servicios de radiodifusión nuevos y mejorados. El nuevo servicio más frecuentemente mencionado es la TVAD y la mayoría de los países está explotando o planificando su implantación. La TVUAD es también muy solicitada y un cierto número de países está poniendo a prueba sistemas y examinando los requisitos correspondientes. También se ha observado interés en la TV3D y en una serie de mejoras en materia de audio y vídeo;
 - c) la mayor parte de los países comparten sus bandas de radiodifusión de televisión con otros servicios primarios o secundarios, aunque el número de países a los que se atribuye espectro para otros servicios primarios en las frecuencias de funcionamiento mínimas y máximas de la DTTB es considerablemente inferior, en particular tras haberse tenido en cuenta el reagrupamiento;
 - d) pese al número de países que acaban de adoptar o tiene aún que adoptar el ASO, resulta interesante observar que varios de ellos ya están examinando futuras opciones para la evolución ulterior de la DTTB, por ejemplo la TVAD y la TVUAD;
 - e) en algunos países se observa una amplia utilización de DTTB local.

3.4 Requisitos aplicables al receptor

Las características técnicas y de funcionamiento del receptor DTTB (incluidos decodificadores, televisores y antenas receptoras) son esenciales para la recepción adecuada de los servicios.

Las especificaciones técnicas deben basarse en la modalidad de implantación de la DTTB seleccionada, en términos de sensibilidad del receptor DTTB.

La selectividad y la gama de frecuencias de funcionamiento del receptor DTTB se deberían basar en las atribuciones nacionales de espectro a la DTTB y a otros servicios en bandas adyacentes.

La utilización de antenas activas en países donde se planifica la recepción portátil y móvil requiere el suministro de potencia a la antena externa a través del cable de la antena directamente desde el receptor.

La disponibilidad de servicios híbridos de radiodifusión y banda ancha en la plataforma DTTB exigirá determinar una capacidad y conectividad adecuadas del receptor DTTB a la plataforma de banda ancha, además de su capacidad y conectividad a la plataforma de radiodifusión.

Asimismo, en los requisitos aplicables al receptor se debe especificar la capacidad del mismo para ejecutar el soporte lógico asociado al sistema híbrido de radiodifusión y banda ancha.

En el Capítulo 13, «Receptores de televisión digital», se ofrece una descripción detallada de los requisitos aplicables al receptor DTTB.

El acceso condicional utilizado para prestar el servicio de televisión de pago en la plataforma DTT requiere características técnicas y de funcionamiento del receptor DTTB adicionales. Los aspectos relativos al acceso condicional se examinan más a fondo en el Capítulo 11, «Acceso condicional y protección de contenido en la radiodifusión de televisión digital».

Bibliografía del Capítulo 3

- [3.1] **UER** Tr036, TV programme accommodation in a DVB-T2 multiplex for (U)HDTV with HEVC video coding, Informe Técnico, versión 1.0, Ginebra, marzo de 2016.
- [3.2] **UER** Tr015, Defining Spectrum Requirements of Broadcasting in the UHF Band, julio de 2012.
- [3.3] Recomendación **UIT-R** BT.2073-0 – Use of the high efficiency video coding (HEVC) standard for UHDTV and HDTV broadcasting, February 2015 (Utilización de la norma de codificación de vídeo de gran eficacia para radiodifusión de TVUAD y TVAD, febrero de 2015) (publicada únicamente en inglés).
- [3.4] Informe **UIT-R** BT.2302-0 – Spectrum requirements for terrestrial television broadcasting in the UHF frequency band in Region 1 and the Islamic Republic of Iran, April 2014 (Necesidades de espectro de la radiodifusión de televisión terrenal en la banda de ondas decimétricas en la Región 1 y en la República Islámica del Irán, abril de 2014) (publicado únicamente en inglés).
- [3.5] Informe **UIT-R** BT.2387-0 – Spectrum/frequency requirements for bands allocated to broadcasting on a primary basis, July 2015 (Requisitos de espectro/frecuencia para las bandas atribuidas a la radiodifusión a título primario, julio de 2015) (publicado únicamente en inglés).
- [3.6] **ETSI** Specification for the use of Video and Audio Coding in Broadcasting Applications based on the MPEG-2 Transport Stream, TS 101 154, V2.2.1, 06/2015.
- [3.7] Recomendación **UIT-R** BT.2075 – Sistema integrado de radiodifusión-banda ancha.
- [3.8] **HbbTV Association** HbbTV 2.0 Specification, 01/05/2015.

CAPÍTULO 4

Planificación de la red de radiodifusión

4.1 Redes de televisión terrenal digital

Las señales DTTB codificadas deben ser distribuidas entre los estudios y los centros de codificación/multiplexación, y posteriormente a los emplazamientos del transmisor (redes de «distribución primaria»). Por lo general, se distribuyen como trenes de transporte MPEG-2 ó MPEG-4, aunque en el futuro podrán evolucionar a trenes de transporte UIT-T H.265 (HEVC) o conexiones IP. Esos circuitos de distribución pueden ser proporcionados por el organismo de radiodifusión o por un operador de telecomunicaciones que ofrece conectividad de larga distancia. La decisión con respecto a cuál de ellos se utilizará dependerá de consideraciones de carácter económico y/o reglamentario.

Las posibles opciones de la tecnología que se utilizará en las redes de distribución son fibra óptica, cable coaxial, satélite, microondas y pares trenzados a través de tecnologías PDH o SDH ATM, DVB o IP; naturalmente, una red real puede optar por una combinación de estas técnicas. Se debe controlar la temporización de la distribución para no provocar fluctuación de fase en los decodificadores y para asegurar una sincronización estable de los multiplexores y moduladores. Las normas que se aplican al transporte de señales MPEG-2 o MPEG-4 en redes de distribución primaria han sido preparadas por la DVB. Pueden hallarse nuevas indicaciones al respecto en la norma ETSI TR 101 200 [4.1].

En el Capítulo 7 figuran más consideraciones relativas a la calidad requerida de estas redes de distribución primaria.

La red de «distribución secundaria» transporta la señal digital de las redes de distribución primaria a los televisores. Las redes de este tipo consisten en una combinación de transmisores y repetidores (reemisores complementarios) que funcionan a potencias que varían entre varias decenas de kilovatios y sólo unos pocos vatios. En general, una cobertura nacional basada en la utilización de una infraestructura de radiodifusión terrenal puede alcanzar a un porcentaje elevado de la población. De los principios de estas redes y de las consideraciones en materia de planificación necesarias se ocupa el resto del presente Capítulo.

4.2 Términos y definiciones básicos

4.2.1 Radiodifusión de televisión terrenal digital (DTTB)

En las Recomendaciones UIT-R siguientes se han normalizado diversos sistemas de televisión terrenal digital:

- BT.1306 – Métodos de corrección de errores, de configuración de trama de datos, de modulación y de emisión para la radiodifusión de televisión digital terrenal [4.2], contiene información detallada de cuatro sistemas: ATSC, DVB-T, ISDB-T y DTMB.
- BT.1877 – Métodos de corrección de errores, de configuración de trama de datos, de modulación y de emisión para la segunda generación de sistemas de radiodifusión de televisión digital terrenal [4.3], contiene información detallada de DVB-T2.
- BT.2016 – Métodos de corrección de errores, de configuración de trama de datos, de modulación y de emisión para la radiodifusión terrenal multimedia para la recepción móvil utilizando receptores manuales en las bandas de ondas métricas/decimétricas [4.4], contiene información detallada de 6 sistemas: T-DMB, AT-DMB, ISDB-T para recepción móvil, DVB-SH, DVB-H, DVB-T2 Lite.

Estos sistemas se examinan más detenidamente en el Capítulo 9.

4.2.2 Bandas de frecuencias

En este Manual se consideran las tres bandas de frecuencias siguientes atribuidas al servicio de radiodifusión y utilizadas para la radiodifusión de televisión:

- **Banda III:** Gama de frecuencias 174-230 MHz en la Región 1, 174-216 MHz en la Región 2 y 174-223 MHz en la Región 3. En la Región 3 hay atribuciones al servicio fijo y al servicio móvil a título primario con igualdad de derechos. En la Región 1, esta banda se utiliza también para la radiodifusión sonora digital.
- **Banda IV:** Gama de frecuencias 470-582 MHz. La CMR-15 [4.5] atribuyó también esta gama de frecuencias, o partes de ella, al servicio móvil en un pequeño número de países en las Regiones 2 y 3.
- **Banda V:** Gama de frecuencias 582-862 MHz (Región 1) y 582-890 MHz (Regiones 2 y 3). Para la Región 1, la CRM-07 [4.6], la CMR-12 [4.7] y la CMR-15 [4.5] atribuyeron también, en tres etapas, la parte superior de la banda V (694-862 MHz) al servicio móvil a título primario. La Región 2 tiene atribuciones adicionales al servicio móvil a partir de 698-890 MHz y, en la Región 3, hay varias posibilidades para el servicio móvil en la gama completa de frecuencias de televisión en ondas decimétricas hasta 890 MHz. Para los demás servicios atribuidos en la Región 1, véanse las Actas Finales de la CMR-15 [4.5].

Para una información más detallada de las atribuciones al servicio móvil y al servicio fijo en todas estas bandas, véase el Artículo 5 del Reglamento de Radiocomunicaciones de la UIT, edición de 2016 [4.8].

La Banda III es parte de las ondas métricas y las bandas IV y V son parte de las ondas decimétricas.

4.2.3 Zona de cobertura

La zona de cobertura de una estación de radiodifusión, o de un grupo de estaciones de radiodifusión, es la zona en que la intensidad de campo deseada es igual o mayor que la intensidad de campo utilizable definida para unas condiciones de recepción especificadas y para un porcentaje previsto de emplazamientos de recepción cubiertos.

Al definir la zona de cobertura para cada condición de recepción se utiliza un método de tres niveles:

- Nivel 1: Emplazamiento de recepción – La unidad más pequeña es un emplazamiento de recepción; las condiciones óptimas de recepción se obtendrán desplazando la antena hasta 0,5 m en cualquier dirección. Un emplazamiento de recepción se considera cubierto si el nivel de la señal deseada es suficientemente alto como para superar el nivel de ruido y de interferencia durante un determinado porcentaje del tiempo.
- Nivel 2: Pequeña zona de cobertura – El segundo nivel es una «pequeña zona» (generalmente 100 m por 100 m). En esta pequeña zona se indica el porcentaje de emplazamientos de recepción con cobertura.
- Nivel 3: Zona de cobertura – La zona de cobertura de una estación de radiodifusión, o de un grupo de estaciones de radiodifusión, se compone de la suma de las pequeñas zonas individuales en la cual se obtiene un determinado porcentaje de cobertura (por lo general, entre 70% y 99%).

En la sección 4.5, se describen de forma detallada los métodos para calcular la zona de cobertura y se facilita información sobre su evaluación.

4.2.4 Zona de servicio

Zona en la cual la administración tiene derecho a exigir que se cumplan las condiciones de protección acordadas.

4.2.5 Modos de recepción

Se puede planificar una red de radiodifusión terrenal para los principales modos de recepción: recepción con antena fija en el tejado, recepción portátil para una recepción estática o para recepción portátil peatonal en dispositivos de mano y recepción móvil en automóviles.

4.2.5.1 Recepción con antena fija en el tejado

Recepción en la que se utiliza una antena receptora direccional colocada en el tejado (o planta de cubiertas) de un edificio.

Se supone que las condiciones casi óptimas de recepción (dentro de un volumen relativamente pequeño sobre el tejado) se encuentran donde la antena está instalada.

En el cálculo de la intensidad de campo para recepción con antena fija en el servicio de radiodifusión se considera que la altura representativa de la antena receptora es de 10 m sobre el nivel del suelo.

Para la planificación de la red se tienen en cuenta la ganancia de la antena receptora y la discriminación de antena. La Recomendación UIT-R BT.417 [4.9] describe los parámetros que deben utilizarse en esos cálculos.

NOTA – Cuando se instalan antenas receptoras de banda estrecha (y generalmente de ganancia alta), éstas no se deben utilizar para la recepción de señales DTTB con frecuencias fuera de la banda para la que se especifica la antena.

4.2.5.2 Recepción portátil

Recepción en reposo (recepción fija) o a muy baja velocidad (velocidad de marcha) cuando se utiliza un receptor portátil con una antena externa (por ejemplo, una antena telescópica o un auricular con cable) o una antena integrada a una altura no menor de 1,5 m sobre el nivel del suelo. La recepción portátil se realiza en una gran variedad de condiciones (exteriores, interiores, planta baja y pisos superiores):

- clase A (exteriores): recepción con un receptor portátil y una antena conectada o incorporada que se utiliza en exteriores a una altura no menor de 1,5 m sobre el nivel del suelo;
- clase B (interiores, planta baja): recepción con un receptor portátil y una antena conectada o incorporada que se utiliza en el interior de un edificio a una altura no menor de 1,5 m sobre el nivel del suelo en locales con las siguientes características:
 - a) en planta baja;
 - b) con una ventana en un muro exterior.

La recepción portátil en interiores en pisos superiores de un edificio se considerará como recepción en clase B con correcciones aplicadas a los niveles de la señal.

En las clases A y B, se supone que:

- las condiciones óptimas de recepción se obtendrán desplazando la antena (o el receptor si tiene una antena incorporada) hasta 0,5 m en cualquier dirección;
- ni el receptor portátil ni los grandes objetos cercanos al receptor se desplazan durante la recepción;
- no se consideran casos extremos, tales como la recepción en recintos completamente blindados.

4.2.5.3 Recepción en dispositivos de mano

Recepción (portátil) en reposo (recepción fija) o a muy baja velocidad (velocidad de marcha) cuando se utiliza un receptor con una antena externa (por ejemplo, una antena telescópica o un auricular con cable) o una antena integrada a una altura no menor de 1,5 m sobre el nivel del suelo. Los receptores de mano pueden verse afectados debido a pérdidas por absorción del cuerpo/por reflexión en determinadas circunstancias (por ejemplo, cuando están colocados en un bolsillo). En la práctica, la recepción portátil en dispositivos de mano tiene lugar en una gran variedad de condiciones (exteriores, interiores, planta baja y pisos superiores). Asimismo, el receptor de mano estará probablemente en movimiento (velocidad de marcha) mientras se lo está viendo. Por este motivo, se utilizan diferentes parámetros de planificación para la recepción en dispositivos de mano en comparación con el caso similar de la recepción portátil.

En el modo de recepción en dispositivos de mano, se puede generalmente mejorar la recepción si se mueve el receptor y/o se cambia la posición de la antena y/o si se dispone de una antena de mayor eficacia. Se prevé que en la recepción portátil en interiores haya una variación considerable de las condiciones de recepción, que podrá depender también del nivel del suelo en que se requiere la recepción. Habrá además una variación considerable de la pérdida de penetración de un edificio a otro y una variación considerable de una parte de una habitación a otra. Cabe esperar que la «cobertura portátil» se logre a menudo sólo en zonas urbanas y suburbanas.

4.2.5.4 Recepción móvil

Recepción de una señal efectuada por un receptor en movimiento con una antena situada a una altura no inferior a 1,5 m sobre el nivel del suelo. Podría ser, por ejemplo, un receptor o equipo de mano instalado en un automóvil.

La expresión «en movimiento» abarca velocidades que van desde la que alcanza una persona que camina hasta un automóvil por una autopista. Se podrían tener también en cuenta los trenes de alta velocidad, los autobuses y otros vehículos.

Se considera que el factor dominante con relación a los efectos de recepción locales es el desvanecimiento en un canal de Rayleigh. Los márgenes de protección contra los desvanecimientos, que dependen de la frecuencia y de la velocidad, pueden servir para compensar estos efectos.

La principal limitación de la recepción móvil radica en el hecho de que la antena receptora no puede ser ajustada durante el movimiento. Por consiguiente, la intensidad de campo necesaria es más elevada que para la recepción portátil y fija (véase también la sección A4.1.2).

4.2.6 Planificación de asignaciones

En la planificación de asignaciones se otorga un canal específico a un determinado emplazamiento del transmisor con características de emisión definidas (por ejemplo, potencia radiada, altura de la antena, etc.). En la sección 4.4.2.1 se presenta una información más detallada al respecto.

4.2.7 Planificación de adjudicaciones

En el marco de la planificación de adjudicaciones, «se otorga» a una administración un canal específico para dar cobertura dentro de su territorio en una zona definida, denominada zona de adjudicación. El emplazamiento de los transmisores y sus características son desconocidos durante la planificación y se deben decidir en el momento de la conversión de la adjudicación en una o más asignaciones. En la sección 4.4.2.2 se presenta una información más detallada al respecto.

4.2.8 Puntos de prueba

Un punto de prueba es un lugar geográficamente definido en el cual se efectúan cálculos específicos.

4.2.9 Intensidad de campo perturbadora

La intensidad de campo perturbadora (E_n), expresada en dB(μ V/m), es la intensidad de campo de una señal no deseada, en el 50% de emplazamientos y durante un determinado porcentaje de tiempo, procedente de cualquier fuente de interferencia potencial a la que se le ha agregado la relación de protección pertinente, en decibelios.

NOTA 1 – Cuando sea pertinente, se debe tener en cuenta el valor apropiado en decibelios de la direccionalidad de la antena receptora o de la discriminación por polarización.

NOTA 2 – En presencia de diversas señales no deseadas, para obtener la intensidad de campo perturbadora resultante total se debe aplicar un método de combinación de cada una de las intensidades de campo perturbadoras, como el método de la suma de potencias o cualquier otro método apropiado de adición de señales.

4.2.10 Intensidad de campo mínima utilizable/intensidad de campo mínima que debe protegerse

Valor mínimo de la intensidad de campo que permite obtener la calidad de recepción deseada, en condiciones de recepción especificadas y en presencia de ruidos naturales y artificiales, pero en ausencia de interferencias debidas a otros transmisores.

NOTA 1 – La expresión «intensidad de campo mínima utilizable» corresponde a la expresión «intensidad de campo mínima que debe protegerse», que figura en numerosos textos de la UIT y también corresponde a la expresión «valor mediano mínimo de la intensidad de campo», que figura en este Capítulo como E_{med} utilizado para la cobertura por un solo transmisor.

4.2.11 Intensidad de campo utilizable

Valor mínimo de la intensidad de campo que permite obtener la calidad de recepción deseada, en condiciones de recepción especificadas, en presencia de ruidos naturales y artificiales y de interferencias, que ya existan en una situación real o que se hayan determinado por acuerdo o por planes de frecuencias.

NOTA 1 – La expresión «intensidad de campo utilizable» corresponde a la expresión «intensidad de campo necesaria» que figura en numerosos textos de la UIT.

NOTA 2 – La intensidad de campo utilizable se calcula combinando las distintas intensidades de campo perturbadoras (E_n) y el factor de corrección de emplazamientos combinado. Una de las diversas contribuciones de la intensidad de campo perturbadora es el valor mediano mínimo de la intensidad de campo (E_{med}), que representa el nivel de ruido.

4.2.12 Intensidad de campo de referencia

Valor acordado de la intensidad de campo que puede servir de referencia o de base para la planificación de frecuencias.

NOTA 1 – Según las condiciones de recepción y la calidad requerida, puede haber varios valores de intensidad de campo de referencia para el mismo servicio (para diferentes modalidades de recepción).

4.2.13 Valor mediano mínimo de la intensidad de campo, E_{med} (dB(μ V/m))

El valor apropiado de la intensidad de campo mínima utilizable que se utilizará para determinar la cobertura por un solo transmisor será el valor para el 50% de emplazamientos y del tiempo a 10 m sobre el nivel del suelo.

NOTA 1 – E_{med} depende del valor mediano de la mínima intensidad de campo (E_{min}) en el lugar de recepción, para unos porcentajes de emplazamientos y de tiempo dados, a fin de asegurar que se obtiene el nivel de señal mínimo necesario para que el receptor decodifique satisfactoriamente dicha señal.

NOTA 2 – E_{med} se calcula a partir de la mínima intensidad de campo (E_{min}) añadiendo, en su caso, factores de corrección apropiados, como pérdida de altura, pérdida debida a la penetración en los edificios, etc., que se describen en el Apéndice 3.4 al Capítulo 3 del Anexo 2 al Acuerdo GE06 [4.10].

NOTA 3 – En el caso de las señales de banda ancha cuya densidad de potencia espectral puede no ser constante en todo el ancho de banda ocupada, la expresión «intensidad de campo» se sustituye a menudo por «intensidad de campo equivalente». La intensidad de campo equivalente es la intensidad de campo de una sola portadora RF no modulada radiada con la misma potencia que la potencia radiada total de la señal de banda ancha.

4.2.14 Intensidad de campo determinante de la coordinación

Valor de la intensidad de campo que, si se supera, hace necesaria la coordinación (también llamado intensidad de campo umbral).

4.2.15 Configuraciones de la red: MFN, SFN o MFN-SFN mixta

Con respecto a la infraestructura de transmisión, hay numerosas arquitecturas: MFN, SFN o MFN-SFN mixta (véase *infra*).

El tipo de red implantada dependerá de la disponibilidad de frecuencias, el tipo de cobertura necesaria y el número de múltiplex que se suministrarán.

4.2.15.1 Red multifrecuencia (MFN)

Red de estaciones transmisoras que utilizan varios canales radioeléctricos, según se define en el Acuerdo GE06 [4.10].

En una MFN cada transmisor utiliza un canal diferente, que actúa de forma independiente y tiene su propia zona de cobertura. Es posible la reutilización de canales mediante una separación geográfica suficiente entre las zonas de cobertura.

4.2.15.2 Red monofrecuencia (SFN)

Red de estaciones transmisoras sincronizadas que emiten señales idénticas en el mismo canal radioeléctrico, según se define en el Acuerdo GE06 [4.10].

La utilización de redes monofrecuencia está facilitada por la técnica de multiplexación por división de frecuencia ortogonal (MDFO) que permite la recepción y, en ciertas circunstancias, la suma constructiva de más de una señal de radiofrecuencia útil.

4.2.15.3 MFN-SFN mixta

Se puede prever también un entorno MFN-SFN mixto, que podrá hallarse en los siguientes casos:

- en una MFN que utiliza estaciones principales de alta potencia, si una de dichas estaciones no proporciona cobertura completa, mediante estaciones retransmisoras de baja potencia (reemisores complementarios o repetidores) puede completarse esa cobertura utilizando la misma frecuencia que la estación principal asociada. Esta configuración se llama también MFN-SFN híbrida;
- otro caso puede consistir, por ejemplo, en la utilización de una estructura MFN para la transmisión de un múltiplex nacional y una serie de estructuras SFN para la transmisión de un múltiplex regional;
- en otros casos, este tipo de modalidad de red mixta puede plantearse a partir de los diferentes enfoques aplicados en países adyacentes (por ejemplo, un sistema MFN en un país y un sistema SFN en el otro).

4.2.16 Configuración de planificación de referencia (CPR)

Combinación representativa de los criterios y parámetros de planificación que deben utilizarse en la planificación de frecuencias.

4.2.17 Red de referencia (RN)

Estructura de una red genérica representativa de la red real, aún desconocida, para un análisis de compatibilidad. El objetivo principal consiste en determinar las interferencias que podrían causar las redes de radiodifusión digital típicas y la vulnerabilidad de estas redes a las interferencias.

4.2.18 Inscripción en el Plan digital

Asignación, adjudicación o una combinación de asignaciones vinculadas o no a una determinada adjudicación y que, a efectos de la aplicación de un plan como el Acuerdo GE06 [4.10], se tratan como una sola y única entidad.

4.3 Consideraciones relativas a la red DTTB: capa física y parámetros

Cabe reconocer que la planificación de las frecuencias de radiodifusión digital es un asunto de índole multidimensional que requiere muchas aportaciones técnicas:

- criterios tales como niveles de señal mínimos y relaciones de protección; y
- parámetros tales como distancia entre transmisores, altura de la antena transmisora y tipo de recepción.

No hay ninguna solución universal única. En un primer enfoque de la planificación inicial, tal vez sea necesario limitar los estudios de planificación a un subconjunto representativo de criterios y parámetros.

Por otra parte, al diseñar una red terrenal digital hay que tener en cuenta que la cobertura del servicio de televisión digital se caracteriza por una transición muy rápida de una recepción casi perfecta a una ausencia total de recepción y, por consiguiente, es esencial definir las zonas que van a recibir cobertura y las que no la recibirán.

Las configuraciones de la red y los modos de recepción pueden variar de una configuración a otra debido a la flexibilidad de los sistemas digitales. Las redes pueden proporcionar flexibilidad para hacer frente a futuras demandas (por ejemplo, la conversión de una recepción con antena fija a una recepción portátil y móvil puede exigir la evolución de una configuración de red multifrecuencia de torre alta de elevada potencia a una configuración de red monofrecuencia más homogénea). En el Anexo 2 al Capítulo 4 se describen varias modalidades posibles de instalación.

Las normas de DTTB establecen un modo jerárquico y un modo no jerárquico. Los modos jerárquicos, llegado el caso, dividen el canal en dos con requisitos diferentes (y ajustables) en términos de la relación portadora/ruido. Esto permite condiciones de recepción diferentes para los mismos contenidos de programas o para diferentes contenidos de programas.

4.3.1 Variantes de la DTTB

Las normas de DTTB permiten la flexibilidad necesaria para que los planificadores de radiodifusión puedan adaptar sus redes aplicando la variante más adecuada entre los diferentes modos posibles de funcionamiento.

La DTTB debe insertarse en los canales de televisión de 6, 7 y 8 MHz existentes y la elección del sistema de radiodifusión dependerá de condiciones específicas, como la disponibilidad de espectro, las necesidades de cobertura, la estructura de la red existente y las condiciones de recepción.

En el Informe UIT-R BT.2295 [4.11] figuran diversos sistemas DTTB que podrán ser utilizados en diferentes bandas de frecuencias así como una descripción esquemática de los mismos.

A continuación se describen de forma sucinta los sistemas disponibles actuales para la implantación de una red DTTB.

ATSC. Es una serie de normas elaboradas por el Comité de Sistemas de Televisión Avanzados destinadas a la transmisión de televisión digital por redes terrenales, de cable y de satélite. La norma TVD móvil ATSC (ATSC Mobile DTV) es una mejora del sistema ATSC para prestar servicios multimedia, en particular vídeo, audio y servicios de datos interactivos, a pequeños receptores (eficaces en la utilización de la potencia) destinados a la recepción fija, en dispositivos de mano y en vehículos. La norma ATSC más reciente, ATSC 3.0, utiliza MDFOC para mejorar la solidez y la flexibilidad, y el multiplexado está basado en IP en lugar de utilizar el flujo de transporte MPEG. Las normas ATSC que han sido finalizadas y aprobadas por ATSC pueden encontrarse en el sitio web de ATSC, www.atsc.org.

DTMB (radiodifusión de multimedia terrenal digital). Es una norma para terminales móviles y fijos. El sistema DTMB es compatible con la recepción fija (en interiores y en exteriores) y la televisión terrenal digital móvil. La recepción móvil es compatible con los servicios de radiodifusión de televisión digital con definición normalizada, radiodifusión sonora digital, radiodifusión de multimedia y radiodifusión de datos. Además de los servicios indicados, la recepción fija también admite la radiodifusión de televisión digital de alta definición.

DVB-T. Es la norma aplicada al sistema de transmisión de la radiodifusión de televisión terrenal digital. El sistema transmite datos comprimidos de audio digital y de vídeo digital, y otros datos, en un tren de transporte MPEG-2, aplicando una modulación MDFOC.

DVB-H y DVB-SH. Son sistemas de radiodifusión de extremo a extremo destinados al suministro de todo tipo de contenidos y servicios digitales mediante mecanismos IP optimizados para dispositivos con limitaciones de recursos de cálculo y batería. Consisten en un trayecto de radiodifusión unidireccional que puede combinarse con un trayecto celular móvil (2G/3G) bidireccional interactivo. El trayecto de radiodifusión del sistema DVB-SH utiliza redes de satélite y terrenales combinadas o integradas.

DVB-T2. Sistema de transmisión de la radiodifusión terrenal de la segunda generación. El objetivo principal era incrementar la capacidad, la robustez y la flexibilidad del sistema DVB-T. DVB-T2 Lite es el perfil DVB-T2 diseñado para la prestación eficaz de servicios de radio y televisión en dispositivos móviles, como teléfonos y tabletas.

ISDB-T. La familia ISDB-T (sistemas multimedia ISDB-T, ISDB-TSB e ISDB-T) fue diseñada sobre la base de la técnica de transmisión con segmentación de banda MDFO. Un segmento MDFO corresponde a 1/13 del ancho de banda de un canal de televisión. Se puede elegir el número de segmentos de acuerdo con la aplicación y el ancho de banda disponible.

4.4 Planificación de la red de radiodifusión

4.4.1 Principios básicos de la planificación de frecuencias

En un sentido general, la planificación y la coordinación del sistema DTTB en el modo MFN o en el modo SFN se atiene a las mismas directrices y reglas consabidas de los procedimientos de coordinación para servicios de radiodifusión analógicos. No obstante, ciertas nuevas peculiaridades del sistema DTTB inciden también en la forma en que deben coordinarse los nuevos sistemas digitales.

Se suele considerar que el criterio de adjudicación es la manera más adecuada de describir las zonas de servicio de la SFN en los procedimientos de coordinación, dado que para una SFN la zona de cobertura constituye un objeto único e indivisible, que corresponde en el criterio de adjudicación a la zona de servicio prevista.

4.4.2 Métodos de planificación

4.4.2.1 Planificación de asignaciones

La planificación de la televisión terrenal (y de muchos otros sistemas de radiodifusión) ha sido realizada en Europa a través de conferencias sobre asignaciones. En la planificación de asignaciones, es necesario disponer de una considerable cantidad de estaciones para preparar una conferencia sobre planificación.

En este sistema de planificación, se asigna un determinado canal a una estación transmisora con características de transmisión definidas (por ejemplo, potencia radiada, altura de antena, etc.). Una vez concluido el plan de asignaciones, se conocen las ubicaciones y características de todos los transmisores y las estaciones se pueden poner en servicio sin coordinación ulterior.

El plan de asignaciones, basado en una estructura reticular, para la televisión terrenal digital es apropiado cuando se puede suponer que todos los emplazamientos de transmisión tienen las mismas características. Esto no significa que las características de la estación permanezcan siempre fijas. Por ejemplo, el Acuerdo ST61 [4.12] permite cierta flexibilidad y, efectivamente, se efectuaron posteriormente muchas modificaciones y adiciones al Plan.

El plan de asignaciones proporciona una frecuencia a cada estación y al concluir el proceso de planificación de asignaciones se conocen los emplazamiento y las características de los transmisores en la zona de planificación y éstos se pueden poner en servicio sin una coordinación ulterior.

Por razones prácticas, normalmente se define el límite inferior de la potencia radiada para estaciones que han de ser tratadas en el proceso de planificación regional (por ejemplo, en la CRR-06 de Ginebra). Las estaciones con una potencia radiada por debajo del límite establecido se incluirán entonces en el plan. Por ejemplo, en el Acuerdo GE06 el límite inferior se fijó en 50 W para estaciones de ondas métricas y en 250 W para estaciones en ondas decimétricas.

4.4.2.2 Planificación de adjudicaciones

En los últimos años se ha estudiado la posibilidad de obtener adjudicaciones en una conferencia de radiodifusión terrenal, en particular debido a las oportunidades ofrecidas por la red monofrecuencia (SFN). Las adjudicaciones también se pueden aplicar para la planificación de redes multifrecuencia (MFN) en las que un país no tiene planes para utilizar emplazamientos de transmisión específicos y desea conservar cierta flexibilidad para el futuro.

En la planificación de adjudicaciones «se otorga» un canal específico a una administración para dar cobertura a una zona definida, denominada zona de adjudicación. Los parámetros requeridos para la planificación son la zona de adjudicación, el canal y la posible interferencia de la adjudicación. El emplazamiento de los

transmisores y sus características son desconocidos durante la planificación y se deben decidir en el momento de la conversión de la adjudicación en una o más asignaciones.

De esta manera, para llevar a cabo la planificación es necesario definir algunas condiciones de transmisión de referencia razonablemente realistas, que representan la interferencia potencial que podrían causar, de modo que se puedan efectuar los cálculos de compatibilidad necesarios. Se conocen como redes de referencia y en el Anexo A1.3 figuran aspectos más detallados al respecto.

El plan de adjudicaciones resultante indica las frecuencias que se han de utilizar en una zona determinada sin especificar las estaciones a las que están asignadas dichas frecuencias.

4.4.2.3 Conexión entre la planificación de adjudicaciones y de asignaciones

Un plan de asignaciones contiene los datos detallados de la estación transmisora desde el día en que se pone en servicio y, por tanto, permite su utilización inmediatamente después que el plan entra en vigor. No obstante, es probable que las modificaciones a la red que se efectúan posteriormente requieran coordinación con los países vecinos pertinentes.

La zona de cobertura de una asignación se puede poner en correspondencia con una adjudicación aproximando su zona de cobertura de la forma conveniente. Sin embargo, el método de planificación de asignaciones define implícitamente alguna forma de cobertura.

Para poner en práctica una adjudicación, es necesario convertirla en las distintas asignaciones de estaciones transmisoras. Las características técnicas detalladas de los transmisores se determinan normalmente después de una conferencia de planificación pero también se pueden establecer durante la misma, llegado el caso. Cada adjudicación puede contener entonces diversas estaciones transmisoras conformando una SFN o, en el caso más sencillo, un solo transmisor. Debido a la definición de una adjudicación, el transmisor o los transmisores se pueden modificar posteriormente sin procedimiento de coordinación, siempre que la interferencia producida no rebase el valor permitido en el plan de adjudicación.

Es importante destacar que una adjudicación no se debe considerar como inevitablemente asociada con una «cobertura nacional» ni con redes monofrecuencia como la única estructura de red posible. La reciente planificación de la radiodifusión sonora digital terrenal (T-DAB) ha demostrado que las adjudicaciones pueden ser un método apropiado para planificar zonas pequeñas o incluso muy pequeñas.

4.5 Cobertura de la red de radiodifusión

Al calcular la cobertura de la red de radiodifusión se deben tener en cuenta varios factores. En esta sección se describen los principales y se examina su incidencia en la cobertura de la red.

Los métodos descritos en esta sección pueden utilizarse para calcular la zona de cobertura de los servicios DTTB en ausencia de interferencia, y la reducción de esa zona de cobertura debido a la interferencia. El cálculo del margen de protección en lugar de la intensidad de campo deseada tiene en cuenta el efecto de la interferencia.

Las definiciones de términos relativos a la propagación están disponibles en la Recomendación UIT-R P.310 [4.13].

Mientras que en los sistemas analógicos hay una degradación progresiva en la calidad de funcionamiento a medida que se aproxima el borde de la zona de cobertura, la característica del fallo «al borde del acantilado» de los sistemas digitales significa que hasta un pequeño desajuste entre las predicciones y las mediciones puede dar lugar a grandes diferencias entre zonas de cobertura previstas y reales.

Para un conocimiento más profundo de los métodos de predicción y el soporte lógico de planificación, en el Informe UIT-R BT.2137, «*Coverage prediction methods and planning software for digital terrestrial television broadcasting (DTTB) networks*» (Métodos de predicción de cobertura y soporte lógico de planificación para redes de radiodifusión de televisión terrenal digital (DTTB)) [4.14] se presenta asimismo un breve resumen de los resultados de comparaciones efectuadas entre los niveles previstos y los niveles medidos de las señales notificados por algunas administraciones.

4.5.1 Modelos de propagación

Para toda evaluación de la cobertura de la DTTB es necesario un modelo de propagación de ondas radioeléctricas, cuya elección depende de la disponibilidad de datos sobre la altura del terreno tanto para la zona de servicio como para los trayectos de propagación entre los transmisores interferentes y la zona de cobertura.

El método de predicción de la propagación para la DTTB actualmente recomendado, que figura en la Recomendación UIT-R P.1546 [4.15], proporciona valores de predicción de la intensidad de campo de punto a zona terrenal basados en el análisis estadístico de datos experimentales. En el Anexo 6 a esa Recomendación se describe detalladamente, paso a paso, el procedimiento que se utilizará en la aplicación de dicha Recomendación, cuyo resumen se presenta a continuación:

- En primer lugar, para una p.r.a. (potencia radiada aparente) de 1 kW y regiones templadas con mares fríos y cálidos⁸, se proporciona un conjunto de valores de la intensidad de campo rebasados durante el 50%, 10% y 1% del tiempo y al 50% de los emplazamientos dentro de una zona de normalmente 500 m por 500 m en formato gráfico y también en tabulaciones informáticas. Estos valores se indican para ciertas frecuencias nominales, para una serie de alturas de antenas transmisoras y ciertas alturas de antenas receptoras, así como para trayectos terrestres y marítimos.
- En segundo lugar, los procedimientos generales de interpolación, extrapolación y corrección permiten calcular la predicción de la intensidad de campo a lo largo de trayectos terrestres/marítimos mixtos y a otras frecuencias; para otras alturas de antena, porcentajes de tiempo, porcentajes de emplazamientos y tamaños de zona, y para otras regiones climáticas. Los parámetros de entrada y sus límites para la validez del método se enumeran en el Cuadro 4 del Anexo 6 a [4.15] de manera que se pueden hacer predicciones para los parámetros siguientes:
 - gama de frecuencias 30-3 000 MHz;
 - distancia del trayecto 1-1 000 km;
 - porcentaje de tiempo 1-50%;
 - porcentaje de emplazamientos 1-99%;
 - alturas efectivas de las antenas transmisoras hasta 3 000 m.

La variabilidad en función del emplazamiento hace referencia a estadísticas espaciales de las variaciones debidas a obstáculos locales presentes en el terreno y no a las variaciones de todo el trayecto ni a las variaciones debidas a la propagación por trayectos múltiples. El método se puede utilizar con o sin una base de datos de las alturas del terreno. Si se dispone de esos datos, se pueden calcular correcciones de la dispersión troposférica y de diferentes tipos de obstáculos locales que rodean el emplazamiento de recepción, incluidos trayectos urbanos/suburbanos cortos, y se podrá esperar una mayor exactitud de las predicciones.

- Por último, en la sección 17 del Anexo 5 a [4.15] se describe un método que permite convertir la intensidad de campo correspondiente a una p.r.a. de 1 kW en la pérdida de transmisión básica equivalente.

Para mejorar la exactitud de la predicción, si se dispone de datos sobre la altura del terreno, puede utilizarse el método que figura en la Recomendación UIT-R P.1812 [4.17], en lugar del indicado en [4.15], cuyo resumen se facilita a continuación:

- En primer lugar, la pérdida de transmisión básica, no rebasada durante el porcentaje de tiempo anual requerido, $p\%$, y el 50% de los emplazamientos dentro de una zona de 500 m por 500 m se evalúa tal como se describe en la sección 4.2-4.6 del Anexo 1 a [4.17] (es decir, las pérdidas de transmisión básicas debidas a la propagación con visibilidad directa, la propagación por difracción, la propagación por dispersión troposférica, la propagación por formación de conductos y por reflexión de capas, así como a la combinación de estos mecanismos de propagación).

⁸ En la Recomendación UIT-R P.620 [4.16] puede hallarse información relativa a las divisiones entre mares fríos y mares cálidos.

- En segundo lugar, en la sección 4.7-4.10 del Anexo 1 a [4.17] se describen procedimientos para tener en cuenta la inclusión de los efectos de obstáculos a nivel del terminal (en zonas rurales y urbanas), los efectos de la variabilidad en función del emplazamiento y las pérdidas debidas a la penetración en los edificios. Los procedimientos son más precisos que los descritos en [4.15] y están basados en datos sobre la altura del terreno. Hay que llevar a cabo un análisis del perfil del trayecto para obtener los parámetros indicados en el Cuadro 4 del Anexo 1 a [4.17]. El perfil del trayecto se construye a partir de los datos sobre la altura del terreno siguiendo el procedimiento descrito en el Adjunto 1 del Anexo 1 a [4.17]. El método de propagación es propio del trayecto, por lo que las predicciones punto a punto que utilizan este método consisten en una serie de predicciones punto a punto donde los emplazamientos de recepción están distribuidos uniformemente en zonas de cobertura de interés teórico. El número de puntos debe ser suficientemente amplio para asegurar una caracterización exacta de las variaciones del trayecto en la zona de servicio. Para la mayoría de las aplicaciones prácticas de este método, esta hipótesis implica disponer de una base de datos digital de las elevaciones del terreno, que se pueda consultar introduciendo la latitud y longitud con respecto a datos geodésicos coherentes. En el Anexo 1 a la Recomendación UIT-R P.1058 [4.18] se facilitan orientaciones sobre el tipo de información que deben contener las bases de datos topográficos (altura del terreno y planos del edificio). Los otros parámetros de entrada y sus límites para la validez del método se enumeran en el Cuadro 1 del Anexo 1 a [4.17]. La pérdida por difracción se calcula aplicando un método basado en la construcción Deygout extraído de la Recomendación UIT-R P.452 [4.19]. Se ha observado que ese método tiene limitaciones. Para una información más completa sobre difracción, véase la Recomendación UIT-R P.526 [4.20].
- Por último, en la sección 4.11 del Anexo 1 a [4.17] se indica la relación entre las pérdidas de transmisión básicas y la intensidad de campo para una p.r.a. de 1 kW.

Ambos métodos prevén correcciones para la variabilidad en función del emplazamiento que hacen referencia a las estadísticas espaciales de las variaciones debidas a obstáculos locales presentes en el terreno que siguen aproximadamente una distribución log-normal [4.15], [4.17]. Ninguno de ellos tiene en cuenta variaciones debidas a la propagación por trayectos múltiples a causa de reflexiones y refracciones en el terreno, que habría que considerar en la recepción móvil y la recepción portátil. La incidencia de estos efectos variará con los sistemas, dependiendo del ancho de banda, la modulación y el sistema de codificación. En la sección 3 del Anexo 1 a la Recomendación UIT-R P.1406 [4.21] se dan orientaciones sobre el modelado de estos efectos de desvanecimiento rápido. Por otra parte, el desvanecimiento más lento debido a los cambios por apantallamiento en el receptor se analiza con mayor precisión que en [4.15] y [4.17]. Para grandes zonas rurales y urbanas, así como para pequeñas zonas, esto es, la cobertura de terreno local, se efectúa una estimación estadística, basada en la medición, respecto a la pérdida de trayecto debida al apantallamiento. En ambos casos, la estimación sigue una distribución log-normal. En la sección 4 del Anexo 1 a [4.21] se describen los procedimientos de cálculo de la dispersión del retardo debida a dispersores de cortas y largas distancias sobre la base del análisis de la respuesta de impulso del canal (CIR). En la sección 5.1 del Anexo 1 se dan orientaciones sobre los valores del efecto de despolarización y la variación en el tiempo y la frecuencia. En la sección 5.2 del Anexo 1 se describen los efectos negativos de la ganancia de altura debido al emplazamiento de la antena. En la sección 5.4 del Anexo 1 se describen los desajustes entre la ganancia de la antena móvil teórica y la ganancia de la antena móvil medida.

La atenuación de la cobertura terrestre puede calcularse con mayor exactitud mediante correcciones adicionales a raíz de la atenuación debida a la vegetación (en particular, los árboles), como las indicadas en la Recomendación UIT-R P.833 [4.22].

Con respecto a la variación de la pérdida debida a la penetración en los edificios a causa de diferentes materiales de construcción y los efectos de los trayectos múltiples a raíz de los edificios, véase la Recomendación UIT-R P.1238 [4.23].

La antigua Recomendación UIT-R P.370 [4.24] ha sido suprimida y debe sustituirse, en los estudios de propagación, por los métodos examinados en la presente sección. Cabe señalar que el Acuerdo GE-89 [4.25] sigue vigente en algunos países en algunas bandas de frecuencias⁹. Excepto en esos países y bandas, donde siguen aplicándose las curvas de propagación indicadas en el Acuerdo, habría que utilizar los métodos de propagación descritos en la presente sección.

En resumen, los métodos de predicción de la intensidad de campo recomendados para la DTTB son tres Recomendaciones UIT-R complementarias: [4.15], [4.17] y [4.21]. Sin embargo, pueden utilizarse otros métodos en situaciones concretas:

- El método **Okumura-Hata** en el entorno urbano se describe en el Anexo 8 a [4.15], donde se establece una comparación con el método recomendado. Este método es el más adecuado para calcular la cobertura de células urbanas en aplicaciones de radiocomunicaciones móviles, aunque se ha extendido a zonas suburbanas y zonas rurales. Se pueden hacer predicciones para las siguientes gamas de parámetros: bandas de frecuencias 100-1 500 MHz; distancia del trayecto de hasta 20 km, que se extiende hasta 100 km; altura de la antena transmisora: 30-200 m; altura de la antena receptora: 1-10 m. Este método no utiliza datos del terreno, y sólo tiene en cuenta la altura efectiva de la antena transmisora y la altura de la antena receptora por encima del nivel del suelo.
- El método **Cost-231** (o **Cost-Hata**) es la versión ampliada del método Okumura-Hata para frecuencias de hasta 2 000 MHz. Además, el modelo se limita a situaciones en las que la antena transmisora está situada en los tejados de edificios cercanos. Prevé además alturas de la antena móvil más bajas que las correspondientes al método Okumura-Hata.
- El método **Cost-231 Walfish-Ikegami** es el más adecuado para calcular la cobertura de células urbanas en las que se dispone de datos sobre la altura y los planos del edificio con miras a efectuar un cálculo más exacto de la propagación en «cañones urbanos».
- El método **Longley-Rice Irregular Terrain** (ITM) se utiliza para prever la atenuación de las señales radioeléctricas para un enlace en la gama de frecuencias de 20 MHz a 20 GHz. Este método fue creado para las necesidades de planificación de frecuencias en la radiodifusión de televisión en los Estados Unidos durante el decenio de 1960 y todavía es utilizado por la Comisión Federal de Comunicaciones con ese propósito. Prevé la atenuación relativa al espacio libre utilizando perfiles del terreno en función del alcance que tiene explícitamente en cuenta tres mecanismos principales de propagación: la visibilidad directa (con reflexión en el terreno posiblemente difusa), la difracción por el terreno y la dispersión troposférica. La propagación anómala por formación de conductos y por reflexión de capas y otros fenómenos que rara vez ocurren se tienen indirectamente en cuenta a través de especificaciones sobre la variabilidad en función del clima y el tiempo. Como se trata de un modelo empírico, la atenuación deseada para la longitud real del trayecto, considerando los cuantiles de tiempo especificados (usuario), emplazamientos y situaciones (es decir, la confianza) se obtiene aplicando un método de ajuste basado en desviaciones típicas observadas empíricamente a partir de la atenuación de referencia mediana prevista. Para más detalles, véase [4.26].

Se han creado soportes lógicos para la mayoría de los métodos propuestos. Algunos de ellos son gratuitos dado que han sido puestos a disposición por algunas Administraciones.

En el Informe UIT-R BT.2137 [4.14] se presentan experiencias de numerosos países, incluidas algunas herramientas nacionales de planificación introducidas para reducir al mínimo los errores en los modelos de planificación.

⁹ El Acuerdo GE-89 sigue en vigor para la banda 47-68 MHz (el Plan se limita a la banda 54-68 MHz en los siguientes países: Botswana, Burundi, Lesotho, Malawi, Namibia, República Sudafricana, Rwanda, Swazilandia, Zaire, Zambia y Zimbabwe); y para las bandas 230-238 MHz y 246-254 MHz para los países enumerados en el número 5.252 del Reglamento de Radiocomunicaciones.

Para completar el cálculo de la cobertura, se deben tener en cuenta algunos aspectos prácticos relativos a la predicción de la intensidad de campo:

- **Antenas:** Las características de la antena transmisora en ondas métricas y ondas decimétricas se definen en la Recomendación UIT-R BS.1195 [4.27]. En la Recomendación UIT-R BT.419 [4.28] se definen los diagramas de antena para la recepción fija y en la Recomendación UIT-R BS.599 [4.29], para las bandas de ondas métricas. En cuanto a los receptores portátiles y móviles, los valores típicos de la ganancia de la antena se proporcionan en la sección 4 del Anexo 5 a la Recomendación UIT-R BT.1368 [4.30].
- **Requisitos:** (tratados en profundidad en las Recomendaciones UIT-R BT.1368 [4.30] y UIT-R BT.2033 [4.31]):
 - Intensidad de campo mínima utilizable (MUFS) y relación portadora/ruido (C/N). Los valores MUFS de los sistemas de recepción fija ATSC DTV, DVB-T, DTMB e ISDB-T están disponibles en [4.30] y del sistema DVB-T2, en [4.31]. Los valores C/N de los sistemas DVB-H y ISDB-T para la recepción portátil en exteriores y en interiores y para la recepción móvil también se indican en [4.30]. Los valores S/N proporcionados por la Recomendación UIT-R BS.1114 [4.32] pueden ser de utilidad para los sistemas T-DMB¹⁰.
 - Las relaciones de protección para señales digitales o analógicas deseadas interferidas por señales digitales o analógicas no deseadas están disponibles en [4.30] para los sistemas ATSC DTV, DVB-T, DTMB e ISDB-T y en [4.31] para el sistema DVB-T2. El resultado «Probabilidad de cobertura» tiene por tanto que combinar dos probabilidades: la probabilidad de que se rebase una cierta intensidad de campo de la señal útil (combinada) y la probabilidad de que se rebase una cierta C/I requerida, teniendo en cuenta todas las interferencias. Debido a las variaciones de la intensidad de campo en función del tiempo, en algunos casos, se debe aceptar el riesgo de interferencia durante un porcentaje definido de tiempo en diversos emplazamientos de recepción previstos.
 - Trayecto múltiple. Los sistemas digitales aplican mecanismos para hacer frente a la dispersión del retardo. Sin embargo, si los valores de dispersión del retardo rebasan la duración del símbolo, se produce una interferencia entre símbolos que puede llevar a una proporción de bits erróneos más elevada. En cambio, las reflexiones locales también pueden tener el efecto beneficioso de cubrir zonas de sombra profunda hasta un cierto grado, y los sistemas están diseñados para tolerar reflexiones de retardo corto.
 - Los valores umbral de la dispersión por efecto Doppler pueden limitar la velocidad de los receptores móviles dentro de la zona de cobertura para lograr una buena recepción.

4.5.2 Interdependencia de los emplazamientos de transmisión y la variante del sistema

En la implantación de la radiodifusión terrenal digital se pueden utilizar los emplazamientos existentes, nuevos emplazamientos o una combinación de ambos. Ello dependerá, en cierta medida, de la elección de la variante de radiodifusión terrenal digital y de la banda de frecuencias que se va a utilizar. En algunos países, se prevé utilizar los mismos emplazamientos para la radiodifusión digital que para la analógica, lo que afectará de alguna manera las variantes del sistema que pueden implantarse con éxito. En otros países, por el contrario, los operadores podrían optar por aprovechar las ventajas que ofrece la técnica MDFO para nuevos tipos de servicios, como la cobertura portátil en interiores, pero esto también puede incidir en la infraestructura del emplazamiento que se utilizará.

Por lo tanto, las distancias de separación entre el emplazamiento de los transmisores y, en consecuencia, el número de emplazamientos necesarios, variarán de un país a otro y dependerá de la variante del sistema, el modo de recepción (fijo, portátil o móvil), el tamaño del país y las situaciones fronterizas. En la radiodifusión terrenal digital, la distancia de separación entre el emplazamiento de los transmisores puede variar desde menos de 30 km hasta 125 km.

¹⁰ T-DMB es una variante de vídeo de T-DAB.

En una SFN (véase la sección 4.7) que utilice las normas adecuadas de radiodifusión terrenal digital, la distancia de separación entre transmisores incide en la elección del intervalo de guarda que, a su vez, limita el tamaño máximo de la red. La distancia de separación y la altura efectiva influyen en la potencia radiada aparente (p.r.a.). En cambio, si se necesita un cierto intervalo de guarda máximo (por ejemplo, para optimizar la capacidad de datos), ello incidirá en la mayor distancia de separación posible del transmisor.

En el caso de las SFN, la utilización de «redes densas» puede presentar algunas ventajas con respecto a redes con transmisores de alta potencia separados por grandes distancias (esto es, a unos 60 km). Especialmente en el caso de SFN regionales, pero también en SFN nacionales, se pueden considerar varias formas de redes densas en las que todos los transmisores utilizan el mismo canal con una p.r.a. considerablemente inferior que la requerida por un solo transmisor que atendiera la misma zona. Para la radiodifusión terrenal digital, el concepto de «emisión distribuida» puede proporcionar la intensidad de campo necesaria en toda la zona de servicio mediante un cierto número de transmisores de SFN sincronizados y de baja potencia situados en una retícula más o menos regular o utilizando repetidores en el canal que reciban sus señales procedentes del transmisor principal a fin de mejorar la cobertura de dicho transmisor. En este último caso, ya no es necesaria una sincronización de tiempo de los retransmisores ni tampoco ninguna infraestructura de distribución primaria paralela para transportar la señal a esos retransmisores en el canal.

Además, las SFN de alta densidad locales podrían utilizarse para complementar las SFN de gran tamaño en zonas donde la cobertura sería en otros casos inadecuada debido quizás al terreno o a los ecos causados por los edificios. Por último, ofrecen una reducción de las consecuencias de la interferencia en el mismo canal en el límite de la zona de servicio gracias a la introducción de una disminución de la intensidad de campo más abrupta. Esta situación puede mejorarse mediante una explotación adecuada de la direccionalidad de la antena transmisora.

Por ejemplo, es posible establecer topologías del transmisor en las cuales en la parte central de la zona de servicio se reciba cobertura de una SFN de gran tamaño (con transmisores de alta potencia separados a grandes distancias), pero se instale una red de transmisores densa cerca del límite (con una p.r.a. baja y antenas de poca altura y direccionales). Ello permite «adaptar» los valores de p.r.a. de acuerdo al contorno de la zona de servicio, reduciendo la interferencia a zonas adyacentes y manteniendo una elevada disponibilidad del servicio dentro de la zona deseada. Esta técnica también puede ser útil en los límites entre las SFN nacionales.

4.5.3 Diagramas de radiación de antenas transmisoras

Las antenas transmisoras tendrán diagramas omnidireccionales o direccionales. En estaciones situadas a lo largo de las fronteras del país o en estaciones situadas al borde del mar y en las proximidades, habría que utilizar preferentemente antenas direccionales para reducir la interferencia fuera de las zonas de servicio previstas. Se disminuirá de esta manera la distancia de reutilización de las frecuencias en cuestión y se protegerán las zonas de cobertura de otras estaciones de televisión. Esto sucede especialmente en las estaciones de alta y media potencia y, en general, dará lugar a una utilización más eficaz del espectro de frecuencias.

La inclinación de haz aplicado a antenas con una altura efectiva de más de 100 m es una herramienta eficaz para orientar la potencia radiada de las estaciones de alta potencia a la parte exterior de la zona de cobertura y, al mismo tiempo, disminuir la posible interferencia a largas distancias y al servicio aeronáutico.

4.5.4 Factores que inciden en la distancia de separación de frecuencias

La distancia de separación de frecuencias tiene una incidencia considerable en el número de canales o bloques de frecuencias necesarios para dar cobertura a una amplia zona que contenga varios países o regiones, cada una con sus propios programas transmitidos en un canal o bloque de frecuencias.

Las zonas de cobertura atendidas por transmisores situados en la periferia y que utilizan antenas direccionales apuntadas al interior (esto es, en una red cerrada) darán lugar a unas distancias de separación de frecuencias algo más cortas en comparación con la cobertura equivalente lograda con la utilización de antenas no direccionales (esto es, en una red abierta). En trayectos de propagación con una gran parte sobre el mar, las distancias de separación serán mayores que en trayectos únicamente terrestres.

4.5.5 Modelos de canales

Las ondas electromagnéticas se propagan por un medio que muestra variaciones aleatorias de sus propiedades físicas, y las señales pueden verse afectadas por fenómenos de trayectos múltiples y de desvanecimiento, en virtud de lo cual la intensidad de campo recibida en una zona de servicio tiene fluctuaciones de tiempo y espacio que pueden describirse mediante diferentes distribuciones estadísticas.

Gaussiano: En este modelo de canal sólo se añade ruido gaussiano blanco aditivo (AWGN) a la señal y hay únicamente un trayecto. El comportamiento estadístico de este tipo de canal se describe en la Recomendación UIT-R P.1057 [4.33].

Distribución log-normal: Es la distribución de una variable positiva cuyo logaritmo tiene una distribución gaussiana. A diferencia de la distribución gaussiana, la distribución log-normal es extremadamente asimétrica y se aplica a menudo en propagación, principalmente para magnitudes relacionadas con un nivel de potencia o de campo o con el tiempo. Dado que los niveles de potencia o de intensidad de campo suelen estar expresados sólo en decibelios, a veces se hace referencia a una distribución log-normal simplemente como una distribución normal, lo cual no es recomendable. En el caso del tiempo (por ejemplo, la duración de los desvanecimientos), la distribución log-normal se utiliza siempre explícitamente, pues la variable natural es el segundo o el minuto y no su logaritmo. Esta distribución se describe en [4.33].

Rayleigh: Cuando la señal es la suma de numerosos componentes de desvanecimiento independientes debido a trayectos múltiples, puede representarse mediante la distribución de Rayleigh [4.33]. Será el canal típico para un servicio móvil que funcione en un entorno urbano con numerosos obstáculos, sin visibilidad directa al transmisor o en condiciones de recepción portátil en interiores y exteriores.

Rice: Se utiliza el canal de Rice para describir las condiciones de recepción en exteriores con antena fija en el tejado en un entorno urbano con numerosos obstáculos. Este tipo de canal está asociado a la situación en la cual uno de los componentes de la señal recibida, como el vinculado al trayecto de visibilidad directa al transmisor, tiene una potencia constante en la escala temporal del desvanecimiento por trayectos múltiples. En otras palabras, es el modelo adecuado para señales que tienen un componente determinístico y varios componentes aleatorios. Una situación habitual podría ser los enlaces punto a punto en los que el desvanecimiento global de la señal puede ser representado por la distribución Nakagami-Rice [4.33].

Peatonal en interiores (PI) y peatonal en exteriores (PO): Han sido creados para describir la recepción en dispositivos de mano. Su definición puede hallarse en [4.30].

Modelos de canales con diversidad: El canal MISO, el canal Rayleigh MISO y el canal MISO de Rice se utilizan para sistemas DTTB de la segunda generación que aplican técnicas de diversidad en el transmisor.

Una respuesta de impulso del canal (CIR) de un cierto modelo de canal se puede definir estadísticamente por medio de las amplitudes y los retardos de tiempo de las señales que llegan al receptor. De la CIR se pueden extraer varios parámetros que describen el canal de propagación (véase la Recomendación UIT-R P.1407 [4.34]). Para sistemas de alta velocidad de datos, puede ser necesario un conocimiento más detallado de la CIR que incorpore técnicas de trazado de rayos o lanzamiento de rayos junto con la aplicación de datos de alta resolución relativos a los edificios.

4.5.6 Relación mínima de portadora/ruido y relación de protección

4.5.6.1 Generalidades

La planificación de frecuencias para la introducción de un nuevo servicio de radiodifusión se basa en dos parámetros principales del sistema de transmisión: la relación mínima de portadora/ruido $C/N_{\min}$ y la relación de protección PR necesaria para alcanzar un objetivo de calidad determinado en el servicio prestado. $C/N_{\min}$ indica el valor con que el nivel de una señal deseada C debe exceder el nivel de ruido N para que la recepción logre la calidad prevista. PR describe el valor con que el nivel de una señal deseada C debe exceder una señal interferente I para que la recepción logre la calidad prevista. $C/N_{\min}$ in también se denomina « C/N requerida» o, a veces, simplemente « C/N ». En este último caso, el significado exacto se debe inferir a partir del contexto.

La introducción de sistemas de televisión de radiodifusión digital supone una nueva consideración de los procedimientos de planificación con objeto de tener en cuenta el diferente comportamiento de esos sistemas y necesita que se formulen algunas aclaraciones en la interpretación de estos dos parámetros importantes.

4.5.6.2 Dependencia del canal de transmisión

Las características del canal de transmisión terrenal son las variables aleatorias que dependen del emplazamiento de recepción, de la antena receptora y también del tiempo. De hecho, el número de ecos, sus amplitudes, retardos y fases varían de un lugar a otro (y de un instante a otro). Por consiguiente, en cada emplazamiento, la respuesta del canal en frecuencia es diferente. Incluso cuando los retardos del eco están dentro del intervalo de guarda, la C/N de entrada requerida por el sistema depende de las características del canal. La presencia de ecos produce atenuaciones selectivas de frecuencias (ranuras) dentro del ancho de banda de la señal, cuya profundidad depende de la amplitud del eco. La sensibilidad del sistema a las características del canal se debe a que las ranuras atenúan considerablemente algunas portadoras MDFO (mientras que el nivel de ruido permanece constante), aumentando su BER no codificada. La utilización de códigos internos potentes (por ejemplo, velocidades de codificación 1/2, 2/3 ó 3/4) permite una buena recuperación de la información de las portadoras atenuadas gracias a la información transportada por las demás portadoras. Por lo tanto, la utilización de estas velocidades de codificación reduce la sensibilidad del sistema a las características del canal. La pérdida de margen de ruido entre el canal gaussiano y el canal de Rayleigh puede situarse entre 2 y 9 dB, según las características del eco y la velocidad de codificación interna.

La técnica MDFO puede explotar la potencia de múltiples ecos en el sentido de que la C/N disponible a la entrada del receptor aumenta, debido a la suma de potencia de las contribuciones C , pero al mismo tiempo la calidad de funcionamiento del receptor puede degradarse (aumento de la C/N requerida). Como resultado de ambos efectos, puede haber ganancias o pérdidas netas de la calidad de funcionamiento con recepción de trayectos múltiples y contribuciones de SFN. Aparte de los modos de baja velocidad de codificación (por ejemplo, velocidad de codificación 1/2), una sola contribución con visibilidad directa (canal gaussiano) puede obtener una mejor calidad de funcionamiento global que dos ecos de 0-dB (canal de Rayleigh). Por el contrario, cuando el número de ecos de 0-dB es superior a dos, la C/N requerida no aumenta más y la calidad de funcionamiento global mejora de acuerdo con el crecimiento de la C/N disponible. Se aplican consideraciones similares a la interferencia de una señal no deseada, es decir, a la relación de protección PR.

4.5.7 Definición de cobertura

4.5.7.1 Generalidades

Cuando se trata de establecer nuevas redes terrenales digitales, las principales cuestiones que se plantean son la evaluación de la zona de servicio y de la población que deben recibir cobertura. Estas evaluaciones se realizan estimando el nivel de una o más señales deseadas y el nivel de las señales interferentes. En este contexto, los parámetros de planificación pertinentes son la relación portadora/ruido y la relación de protección necesarias, que describen la sensibilidad del sistema ante el ruido y la interferencia.

Es bien sabido que una vez que el nivel de la señal disminuye y los valores de la relación portadora/ruido (C/N) o de la relación portadora/interferencia (C/I) caen por debajo de un valor mínimo determinado, la imagen puede desaparecer completamente con una reducción del nivel de la señal inferior a 1 dB. Este comportamiento se conoce generalmente como «característica de fallo rápido del sistema digital» y el valor límite de la intensidad de campo se denomina mínima intensidad de campo necesaria. Si para la televisión digital se utilizara la misma definición de cobertura que para la televisión analógica, esto indicaría que el 50% de los emplazamientos no recibirán servicios en el borde de la zona de servicio o cerca de dicho borde¹¹ ni en ninguna otra zona de señal reducida a causa de obstrucciones locales. Por lo tanto, dado que evidentemente es inaceptable que sólo el 50% de los emplazamientos reciban una imagen, se deben seleccionar valores más elevados del porcentaje de emplazamientos para lograr la recepción de la señal en un mayor número de ellos, con una instalación de recepción normalizada. Para transmisiones de televisión digital, se indican por lo general valores que oscilan entre 70% y 99%.

¹¹ El término «borde» significa aquí cualquier transición entre una zona cubierta y una zona no cubierta. Esos «bordes» pueden darse en el límite exterior de una zona cubierta o en los límites de toda zona no cubierta que pueden existir dentro de la zona general, habitualmente como resultado de la obstrucción local del trayecto de la señal deseada.

El valor exacto elegido depende del nivel de calidad de servicio deseada, razón por la cual esos valores pueden ser diferentes de un país a otro e incluso de un organismo de radiodifusión a otro en un determinado país. No obstante, en las definiciones de cobertura propuestas se han elegido valores de 70%, 95% y 99% de los emplazamientos.

En tales condiciones, algunos de los medios más sencillos utilizados para evaluar la cobertura de televisión analógica no son completamente satisfactorios y es necesario efectuar cálculos más complejos.

En general, la recepción de servicios digitales se confronta a un entorno de señales múltiples con numerosos interferentes, así como de señales múltiples deseadas en el caso de las SFN. Para evaluar las intensidades de campo de las señales deseadas y no deseadas se deben combinar diversas señales. Dado que se describen mediante cantidades estadísticas, las intensidades de las señales tienen que ser combinadas estadísticamente.

Básicamente, es lo que ocurre con las estadísticas de emplazamientos y de tiempo. Sin embargo, es habitual tratarlas de diferentes maneras. Las estadísticas de tiempo se tienen en cuenta utilizando curvas de propagación de la intensidad de campo tabuladas para los porcentajes de tiempo adecuados. Las estadísticas de emplazamientos se analizan recurriendo a distribuciones de la intensidad de campo.

4.5.7.2 Estadísticas de emplazamientos

4.5.7.2.1 Cobertura de un solo emplazamiento de recepción

Para que un servicio de radiodifusión digital dé cobertura a un emplazamiento de recepción, es sabido que el nivel C de la señal deseada, expresado en dB, debe ser mayor que el nivel N de ruido en un determinado valor que es la relación C/N_{min} . Esto se puede expresar (en dB) mediante la fórmula:

$$C > C/N_{min} + N$$

De la misma manera, para superar el efecto de una señal interferente, el nivel C de la señal deseada debe ser superior al nivel I de esa señal interferente en un determinado valor conocido como relación de protección PR para este tipo de señal interferente en particular. Esto también se puede expresar (en dB) en la siguiente fórmula:

$$C > PR + I$$

La suma $PR + I$ (relación de protección + intensidad de campo de la señal interferente) se conoce a menudo como campo de perturbación. En la práctica, hay que tener también en cuenta la discriminación de antena receptora frente a la señal interferente:

$$C > PR + I - Ad$$

siendo Ad la discriminación de antena receptora en el azimut de la señal interferente.

En la práctica, la señal deseada debe cumplir ambas condiciones, que pueden expresarse de la siguiente manera:

$$C > C/N_{min} + N + PR + I - Ad$$

En caso de que haya más de una señal deseada y más de una señal no deseada, la fórmula relativa a la recepción puede expresarse como se indica a continuación:

$$\Sigma PC > P(N + C/N_{min}) + \Sigma P(PR+I-Ad)$$

donde:

- ΣPC : potencia acumulativa de las señales deseadas
- $P(N + C/N_{min})$: potencia de ruido equivalente + C/N requerida
- $\Sigma P(PR+I-Ad)$: potencia acumulativa de los campos de perturbación.

4.5.7.2.2 Cobertura de una zona pequeña

En la práctica, no es posible conocer los valores reales de la intensidad de campo de cada emplazamiento de recepción para aplicar la fórmula anterior y determinar en forma precisa la zona de cobertura. Las únicas cifras que se pueden evaluar son los valores medios de las intensidades de campo en zonas pequeñas (generalmente, 100 m × 100 m). La variación de esas zonas pequeñas suele conocerse como desvanecimiento a largo plazo o desvanecimiento debido a sombras.

El problema es pues saber si una determinada zona pequeña está dentro o fuera de la zona de cobertura y calcular la probabilidad de lograr una buena recepción en esas zonas. Esta probabilidad representa el porcentaje de emplazamientos de recepción que pueden recibir una señal satisfactoria (es decir, aquellas cuya potencia deseada es mayor o igual que la suma de las potencias de ruido y de los campos de perturbación) dentro de esa zona pequeña. Se considera que una zona pequeña recibe cobertura, y por tanto que pertenece a la zona de cobertura, si la probabilidad es mayor que un umbral determinado, por ejemplo 70%, 90% ó 95%. Este aspecto se examina más adelante con mayor detenimiento.

El cálculo de la probabilidad se lleva a cabo utilizando los valores apropiados para el nivel de ruido y las relaciones de protección de cada tipo de señal interferente y para las intensidades de campo, que son variables aleatorias. La predicción de la intensidad de campo prevé el nivel medio de las intensidades de campo deseadas y de las señales no deseadas que utilizan el método de predicción indicado, por ejemplo, en la Recomendación UIT-R P.1546) [4.15] o modelos de predicción que utilizan bancos de datos del terreno.

Sin embargo, debido a que las potencias de las señales deseadas y de los campos de perturbación son variables aleatorias que sólo se conocen a través de sus desviaciones medias y típicas, las fórmulas indicadas anteriormente no pueden ser aplicadas únicamente a los valores medios de las potencias de las señales deseadas y de los campos de perturbación. Es necesario hacer referencia a modelos matemáticos para la distribución de la intensidad de campo con emplazamientos y utilizar métodos matemáticos para obtener el resultado de la combinación de diversas señales distribuidas aleatoriamente. Este asunto se aborda detenidamente más adelante.

Otro aspecto que hay que mencionar en este contexto es el hecho de que cada modelo de propagación se ve afectado con un error de predicción que añade un componente estadístico adicional. El error de predicción varía de un modelo de propagación a otro. Con frecuencia, el desvanecimiento debido a sombras y el error de predicción se tratan conjuntamente, y se supone que la desviación típica aplicada de la intensidad de campo abarca ambos efectos.

4.5.7.2.3 Predicción de la propagación y sus antecedentes estadísticos

Las señales de radiodifusión terrenal se propagan a través de la atmósfera entre el transmisor y el receptor. Las características del canal de propagación dan lugar a una variación estadística en función del tiempo y a una variación estadística de la intensidad de campo en función del emplazamiento. La variación de un campo deseado en función del tiempo es por lo general muy pequeña en comparación con la variación en función de su emplazamiento. Estas variaciones estadísticas se incorporan en modelos de propagación bien conocidos, como los indicados en la Recomendación UIT-R P.1546 [4.15].

Al examinar las estadísticas de la intensidad de campo recibida, la variación de la señal deseada se determina en una pequeña zona donde la señal tiene un valor medio y un tipo de variación log-normal en torno a ese valor medio, con una desviación típica conocida. Este valor de la desviación típica varía normalmente entre 3 y 6 dB. Para la planificación de los servicios de radiodifusión digital se suele utilizar un valor de 5,5 dB. Las zonas en las que este valor tiene validez deben tener un tamaño adecuado. En otras palabras, la zona no puede ser 'muy grande' ni 'muy pequeña'. Por lo general, mide 100 m x 100 m. Una zona de tamaño adecuado se llamará 'zona de prueba' o 'pixel'.

A título de contraejemplo ilustrativo, las mediciones de la intensidad de campo en una zona que se extiende desde el exterior del emplazamiento del transmisor hasta un círculo concéntrico a 100 km de distancia tendrán sin duda una desviación típica superior a 5,5 dB. Esta no será una zona de prueba. Del mismo modo, si la zona se compone de apenas algunos puntos cercanos, la variación típica del emplazamiento será inferior a 5,5 dB.

Hay que recordar que los valores de la intensidad de campo proporcionados por modelos de propagación estadísticos no dan información sobre puntos específicos, sólo sobre zonas de prueba. Por ejemplo, un nivel de intensidad de campo, X, se puede alcanzar (o rebasar) en el 50% de los emplazamientos a una distancia dada desde un transmisor con una altura efectiva de antena y una p.r.a. determinadas; otro nivel (inferior) de intensidad de campo, Y, se puede alcanzar (o rebasar) en, por ejemplo, el 99% de esos mismos emplazamientos en las mismas condiciones de transmisión. La diferencia, X-Y, es proporcional a la desviación típica, y representa la dispersión en la cual la mayoría de los valores de la intensidad de campo se situarán cuando se midan en los puntos situados en la zona de prueba. No dan ninguna información con respecto a qué emplazamientos/puntos particulares de la zona de prueba reciben una intensidad de campo equivalente a un nivel especificado de intensidad de campo, ni a qué emplazamientos/puntos particulares de la zona de prueba reciben una intensidad de campo que rebasa el nivel especificado de la intensidad de campo.

Si la potencia del transmisor se incrementa ahora en una cantidad fija (por ejemplo, 3 dB), la intensidad de campo recibida se incrementará pues en cada emplazamiento/punto en la misma cantidad (3 dB) y la intensidad de campo en un número mayor de emplazamientos/puntos que antes será equivalente o rebasará el nivel especificado de intensidad de campo (X o Y). Pero no se tiene aún ningún conocimiento de esos emplazamientos/puntos específicos cuando esto ocurre. Sin embargo, resulta lógico indicar que la intensidad de campo se ha aumentado en 3 dB en todos los emplazamientos/puntos en consideración o, en forma análoga, que el nivel especificado de intensidad de campo (X o Y) se ha alcanzado o rebasado en un porcentaje más alto de emplazamientos/puntos (superior a 50% ó 99%, respectivamente).

4.5.7.3 Estadísticas de tiempo

Las estadísticas de tiempo para campos interferentes se tienen en cuenta en los cálculos básicos sobre curvas de propagación del 1% del tiempo¹², mientras que los cálculos del campo deseado están basados en curvas de propagación del 50% (ó 99%) del tiempo. Normalmente, no se realiza un tratamiento más detallado de las estadísticas de tiempo en los cálculos de cobertura para los servicios de radiodifusión digital. En realidad, ni siquiera se dispone de métodos para hacerlo. Hasta cierto punto, este enfoque se justifica, al menos con respecto a las señales deseadas, por el hecho de que, para distancias más cortas (menos de 100 km), la variación en el tiempo es mucho menor que la variación en los emplazamientos.

Con respecto a la suma de las señales, los campos de autointerferencias son tratados como señales no deseadas «normales». Se utilizan curvas de propagación del 1% del tiempo, y son añadidas a la fuente de posibles interferencias causadas desde fuera de la SFN.

4.5.8 Condiciones mínimas de recepción

4.5.8.1 Una sola señal

Las estadísticas de emplazamientos de una intensidad de campo (distribuida logarítmicamente) originada por un transmisor se describen por medio de una distribución normal que se caracteriza por dos parámetros, a saber, valor medio y desviación típica. Por consiguiente, la potencia de la señal tiene pues una distribución log-normal.

La función esencial de los objetivos de probabilidad de cobertura como parámetros de planificación para un sistema digital se ha examinado anteriormente. Esos valores están relacionados con los parámetros de distribución de la intensidad de campo. El 50% de la probabilidad de cobertura se determina por el valor medio de la distribución. Para el cálculo de altas (y también bajas) probabilidades de cobertura son necesarios el valor medio y la desviación típica de la distribución de la señal.

En el caso de una sola señal, en que los parámetros de distribución se conocen a partir de la predicción de la propagación, los márgenes de propagación que tienen en cuenta altas probabilidades de cobertura se calculan fácilmente y se pueden determinar las intensidades de campo medias mínimas para la planificación. Lo mismo se aplica a los márgenes de probabilidad para las relaciones de protección cuando intervienen un campo

¹² Esto es, la intensidad de campo de la señal interferente, rebasada apenas durante el 1% del tiempo.

deseado y un campo no deseado. La definición exacta de margen de protección se indica más adelante en el presente Capítulo.

En la sección 4.5.7.2 se ha indicado la formulación general de las condiciones mínimas de recepción. En el caso de una sola señal deseada y una sola señal no deseada, esto es (para simplificar, no se tiene en cuenta la discriminación de antena receptora):

$$C > C/N_{\min} + N + PR + I$$

En ausencia de la señal interferente, la intensidad de campo mínima $F_{\min}$ se define como:

$$F_{\min} = C/N_{\min} + N$$

Para una recepción adecuada, $F_{\min}$ debe ser rebasada por la señal deseada C que, en tanto que variable estadística con una distribución normal, se describe mediante un valor medio C_{mean} y una desviación típica σC :

$$C > F_{\min}$$

o, para ser más exactos:

$$P(C > F_{\min}) > p$$

donde $P(A)$ indica la probabilidad del evento A y p , la probabilidad de cobertura de emplazamiento prevista. Con los parámetros de distribución de C dados y la probabilidad de cobertura prevista p , se puede evaluar el valor mediano mínimo de la intensidad de campo equivalente para la planificación ($FMME$):

$$FMME = F_{\min} + (\mu p * \sigma C)$$

$FMME$ es el parámetro de planificación que debe ser rebasado por el valor medio C_{mean} de la señal deseada C con el fin de garantizar la recepción adecuada con la probabilidad de cobertura prevista. La cuantía $\mu p * \sigma C$ por la cual $FMME$ es mayor que $F_{\min}$ se llama margen de probabilidad. Se trata de una función de la desviación típica y del factor percentil μp . Los valores de μp para probabilidades de cobertura típica p se indican a continuación en el Cuadro 4.1. Con frecuencia, el margen de probabilidad también se conoce como margen de propagación.

CUADRO 4.1

Factores percentiles para probabilidades típicas p

p	μp
0,50	0,00
0,70	0,52
0,95	1,64
0,99	2,33

Se sostiene una consideración similar cuando se examina la interferencia de la señal deseada (con nivel C) por una señal no deseada (con nivel I). Para una recepción adecuada, la señal deseada tiene que cumplir la condición:

$$C > PR + I$$

o, nuevamente en forma estadística:

$$P(C > PR + I) > p$$

La evaluación de esta expresión permite formular la condición para el valor medio C_{mean} del campo deseado:

$$C_{\text{mean}} > I_{\text{mean}} + PR + \mu p * \sqrt{(\sigma_C^2 + \sigma_I^2)}$$

El margen de probabilidad $\mu p * \sqrt{(\sigma_C^2 + \sigma_I^2)}$ contiene ahora ambas desviaciones típicas de la señal deseada y la señal no deseada dado que ambas son variables estadísticas. El margen de probabilidad se reduce a la forma $\sqrt{2} * \mu p * \sigma$ cuando se suponen las mismas desviaciones típicas para la señal deseada y la señal no deseada, esto es, donde $\sigma_C = \sigma_I = \sigma$.

Puesto que se conocen las desviaciones típicas del campo deseado y el campo no deseado (son parámetros de salida del modelo de predicción de la intensidad de campo), en el caso de una sola señal se pueden calcular los márgenes de probabilidad y utilizarlos como parámetros de planificación generalmente válidos.

El tratamiento combinado de ruido y señal interferente, como ya se indicó en la sección 4.5.7.2.1, contiene elementos de suma estadística y, por tanto, se examinará en el Capítulo siguiente.

4.5.8.2 Señales múltiples

En principio, las mismas condiciones mínimas de recepción descritas en el Capítulo anterior se aplican también a un entorno de señales múltiples. Sin embargo, debido a que intervienen ahora las sumas estadísticas de las señales deseadas y de las señales no deseadas, la evaluación de la cobertura es más compleja. Las configuraciones de señales múltiples interferentes son bien conocidas en numerosas situaciones de radiodifusión, en tanto que las señales múltiples deseadas son un aspecto particular de las redes monofrecuencia.

Frente a una situación de señales múltiples, los parámetros de la distribución de señales resultante ya no se conocen a priori. El valor medio y, en especial, la desviación típica dependen esencialmente de la combinación particular de las señales en consideración. Como consecuencia, las intensidades de campo mínimas y los márgenes de probabilidad ya no tienen valores fijos, sino que se hacen variables dependiendo del número, la intensidad y la amplitud de cada una de las intensidades de campo. Con todo, se pueden identificar dos tendencias generales. En primer lugar, el valor medio de la señal combinada es mayor que la suma aritmética de los valores medios de cada una de las señales y, en segundo lugar, la desviación típica de la señal combinada es menor que la de cada una de las señales. En el caso de las señales deseadas, ambos hechos crean el efecto que se conoce como «ganancia de la red».

El siguiente ejemplo puede dar una idea del significado de los efectos de la suma de intensidades de campo. La ganancia estadística máxima de la red se alcanza si los campos contribuyentes tienen igual intensidad en el emplazamiento de recepción. Por ejemplo, en el caso de tres monoseñales, alcanza un valor de unos 6 dB y disminuye el valor mediano mínimo de la intensidad de campo para la planificación en ese emplazamiento debido a ese valor. Si las tres señales no tienen igual intensidad, la ganancia de la red varía entre 0 y 6 dB. Del mismo modo, los márgenes de probabilidad para las relaciones de protección se reducen por los efectos de la suma de las señales. En el ejemplo se observa que los efectos de la suma de las señales en las SFN pueden incidir de modo considerable en la cobertura de un servicio digital.

Se ha indicado ya que los efectos de la suma de las señales incrementan el valor medio y disminuyen la desviación típica de la distribución de señales resultante de la suma en comparación con el resultado de un tratamiento no estadístico. Esta conclusión es importante pues ofrece la posibilidad de fijar los resultados del tratamiento no estadístico como límite superior en las estimaciones de planificación iniciales. Al permitir cierto margen de implementación adicional, sientan las bases apropiadas para la planificación cuando no se dispone de información detallada sobre las características del transmisor de una red, por ejemplo, cuando se establece un plan de adjudicaciones.

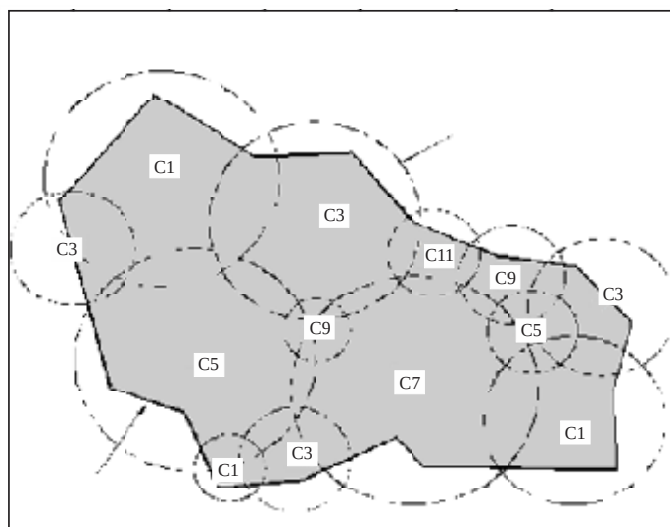
En cambio, una planificación detallada, por ejemplo, para la implantación de una red de transmisores real, debe tener en cuenta los efectos de la suma de señales. Los márgenes de probabilidad para las intensidades de campo mínimas y las relaciones de protección ya no constituyen pues parámetros de planificación adecuados. Tienen que ser sustituidos por objetivos de probabilidad de cobertura más básicos.

Dado que la ganancia de la red es una característica fundamental de las redes monofrecuencia, este aspecto se examina más exhaustivamente en la sección 4.7.

4.6 Planificación de la red en redes multifrecuencia

Una red multifrecuencia (MFN) es una red que asigna una frecuencia diferente a cada transmisor, es decir, para N transmisores se utilizan N canales de frecuencias. La utilización de multifrecuencias evita interferencias inaceptables en el mismo canal entre los transmisores, aunque en redes más prácticas habrá canales de frecuencias insuficientes para utilizar cada uno sólo una vez, de manera que, en general, las frecuencias se reutilizan a una distancia suficiente para no causar interferencias inaceptables (véase la Figura 4.1).

FIGURA 4.1
Red multifrecuencia (MFN)



DTTB-04-01

El sistema ATSC, que ha sido adoptado en EE.UU., Canadá, la República de Corea y México, es el único sistema uniportadora descrito en la Recomendación UIT-R BT.1306 [4.2], y se implementa generalmente como MFN. Dado que el sistema ATSC v3.0 utiliza la tecnología multiportadora, se elimina esa restricción.

El concepto MFN se podrá utilizar además para sistemas DTTB multiportadora, como DVB o ISDB. Puede ser de particular utilidad durante la transición de la radiodifusión analógica a la digital puesto que se puede reutilizar también gran parte de la infraestructura de la red analógica existente, en particular para la recepción fija, lo que permite a los usuarios reutilizar su antena receptora y el sistema de alimentación. Durante el periodo de transición en el que coexisten servicios analógicos y digitales, y especialmente en la introducción inicial de los servicios digitales, puede ser importante no imponer a los usuarios restricciones innecesarias en la instalación.

La planificación de las MFN es útil en este caso debido a la hipótesis intrínseca de que un servicio analógico activo, que presta servicio a una gran proporción de la población de un país, seguirá utilizándose durante algunos años y que habrá relativamente pocos cambios en las estaciones analógicas durante ese tiempo. En particular, no habrá probablemente cambios generales de canales ni de emplazamientos en las redes analógicas. Las nuevas redes DTTB, por lo tanto, tendrán que ser intercaladas entre los canales analógicos durante el periodo de transición. No obstante, puede ser conveniente introducir un número limitado de cambios de canales, o incluso cambios de emplazamientos, en algunas estaciones analógicas que, de lo contrario, podrían tener repercusiones negativas considerables en las posibilidades de implantación de estaciones y servicios digitales.

Algunas MFN, que consisten únicamente en estaciones principales de alta potencia, no tienen que dar una cobertura completa. Estaciones repetidoras de menor potencia (reemisores complementarios) podrían completar la cobertura utilizando la misma frecuencia que la estación principal asociada (como parte de una red monofrecuencia, SFN) o como asignaciones separadas en una MFN. La SFN es una opción que puede contribuir a la replicación de la arquitectura de red analógica.

Una ventaja de la MFN radica en la fácil construcción de las redes porque no es necesaria la sincronización entre transmisores digitales (que sí lo es en una SFN), con lo cual se podrá, por consiguiente, reducir el equipo y el presupuesto destinado a la construcción. Otra ventaja es que, durante el periodo de difusión simultánea de la televisión analógica y la digital, puede ser más fácil encontrar un número de frecuencias disponibles para una MFN que encontrar una frecuencia adecuada para la utilización de una SFN de zona amplia.

4.6.1 Procedimientos de planificación

Paso 1: Identificación de la zona de servicio deseada

Resulta muy importante decidir la zona de servicio deseada para el sistema DTTB. Es habitual que la zona de servicio de la DTTB sea la misma que la zona que recibe cobertura del sistema de radiodifusión de televisión analógica. Una ventaja de la tecnología digital es la posibilidad de reducir la potencia del transmisor hasta 16 dB en comparación con la de los transmisores analógicos y, al mismo tiempo, dar cobertura a la misma zona (dependiendo del modo de transmisión DTTB elegido).

Paso 2: Modo de recepción

Los sistemas DTTB están diseñados para que su recepción se efectúe a través de antenas fijas (situadas en el tejado), de receptores portátiles, o incluso de dispositivos de mano. El modo de recepción deseado es probablemente el factor más importante en la planificación de frecuencias para los servicios DTTB, por lo que debe considerarse en las primeras etapas del proceso.

Paso 3: Parámetros de planificación

Debido al fallo «al borde del acantilado» de los sistemas DTTB (esto es, la presencia de una rápida degradación de la calidad de recepción en el umbral de recepción), es necesario generalmente asegurar que están disponibles para altos porcentajes de tiempo y de probabilidad de emplazamientos. Por ejemplo, en el Acuerdo GE06 [4.10] se da por supuesto que los servicios deben estar disponibles durante más del 99% del tiempo. El porcentaje de emplazamientos en que el servicio está disponible depende del modo de recepción elegido.

Convendría determinar entonces una intensidad de campo mínima utilizable de acuerdo con las probabilidades de tiempo y emplazamientos necesarias, la altura de la antena receptora y las características del sistema de recepción.

Por lo tanto, se puede calcular la potencia de transmisión adecuada para cubrir la zona de servicio deseada con una ganancia de la antena transmisora determinada.

En un canal monofrecuencia (que podrá tener 6, 7 u 8 MHz de ancho), los sistemas DTTB pueden proporcionar velocidades de datos de 4 a 40 Mbit/s, según el modo de recepción elegido y otros parámetros. Por lo general, anchos de banda más amplios ofrecen velocidades de datos más elevadas.

En la sección 4.8 se analiza más a fondo la elección de los parámetros de transmisión.

Esos parámetros se describen en la Recomendación UIT-R BT.1306 [4.2] para sistemas de la primera generación y en la Recomendación UIT-R BT.1877 [4.3] para sistemas de la segunda generación.

Paso 4: Atribución de frecuencias

Dada la elección del modo de recepción y la velocidad de datos necesaria, se puede establecer la relación de protección requerida por el receptor.

Se puede pues poner a prueba una posible frecuencia para asegurar que, en cualquier punto de la zona de servicio, la relación de protección del receptor exceda las relaciones entre las señales deseadas y no deseadas (C/I) y el nuevo transmisor no cause una pérdida de servicio inaceptable a otros transmisores. Si se cumplen estos criterios, la posible frecuencia puede ser adecuada para ese emplazamiento.

En caso contrario, habrá que repetir los cálculos utilizando otra frecuencia o modificando los parámetros del transmisor hasta que se cumplan los criterios aplicados a las relaciones de protección.

Téngase en cuenta que tal vez no sea posible proporcionar la cobertura necesaria en cada punto de una zona de servicio, ni eliminar completamente la interferencia causada a otros transmisores existentes. En este caso, tras el examen de otras frecuencias y otros parámetros de transmisión, quizá sea necesario considerar la posibilidad de recurrir a una atribución no óptima de frecuencias.

Paso 5: Coordinación

Una vez que la interferencia causada a un nuevo transmisor o procedente de él tiene lugar, podrá ser necesaria la coordinación entre los transmisores DTTB para reducir la interferencia inaceptable. Esto puede ocasionar la modificación de la potencia de transmisión, las ganancias de antena, los diagramas de radiación y/o un posible nuevo emplazamiento del transmisor.

En ocasiones se podrá necesitar la coordinación entre dos o más países. En el Capítulo 6 de este Manual se examina en profundidad el proceso de coordinación internacional.

Paso 6: Reemisores complementarios

Aunque los transmisores se construyen en emplazamientos a gran altitud para lograr una amplia cobertura, pueden quedar aún zonas sin cobertura. Además, la intensidad de campo de un transmisor principal tal vez no sea suficiente para que la señal DTTB sea recibida en interiores o subsuelos. Se puede dar cobertura a estas zonas de sombra con reemisores complementarios de baja potencia. En un sistema MFN se pueden hallar las frecuencias adecuadas para dar cobertura a pequeñas zonas de sombra, dado que los reemisores son menos propensos a interferencias perjudiciales si se utilizan transmisores de poca potencia y a baja altura.

4.6.2 Parámetros de planificación

4.6.2.1 Sistema receptor de referencia para la planificación de frecuencias

Las características de un sistema receptor de referencia para sistemas de televisión terrenal digital constituyen la base de la planificación de frecuencias de los servicios de televisión terrenal digital en las bandas de ondas métricas y decimétricas. Esas características para sistemas DTTB de la primera y la segunda generación se definen en la Recomendación UIT-R BT.2036 [4.35].

Todas las características del receptor para la planificación de frecuencias se dividen en dos categorías:

- características comunes del receptor aplicables a cualquier sistema de televisión terrenal digital;
- características del receptor aplicables a un sistema de televisión terrenal digital específico.

Entre las características comunes del receptor pueden mencionarse las siguientes:

- altura de la antena del receptor sobre el nivel del suelo (por ejemplo, 1,5 m para la recepción portátil y 10 m para la recepción fija con antena en el tejado);
- direccionalidad de la antena de recepción (véase la Recomendación UIT-R BT.419 [4.28]);
- factor de ruido del receptor (según la frecuencia, de 6 a 10 dB; véase la Recomendación UIT-R BT.2036 [4.35]);
- ganancia de la antena (según la frecuencia, de 4 a 12 dB; véase la Recomendación UIT-R BT.2036 [4.35]);
- pérdidas en el alimentador (según la frecuencia, de 1 a 5 dB; véase la Recomendación UIT-R BT.2036 [4.35]).

En la Recomendación UIT-R BT.2036 [4.35] se definen las características específicas del receptor para los sistemas DTTB de la primera generación (DVB-T, ATSC, ISDB-T) y para el sistema DTTB de la segunda generación (DVB-T2). Hay que tener en cuenta que esta Recomendación no contiene las características del receptor para sistemas DTMB.

4.6.2.2 Intensidades de campo mínimas y relaciones de protección

Los criterios de planificación y las relaciones de protección para sistemas de la primera generación se describen en la Recomendación UIT-R BT.1368 [4.30] y para los sistemas de la segunda generación, en la Recomendación UIT-R BT.2033 [4.31]. Los criterios de protección para sistemas de radiodifusión terrenal de multimedios destinados a la recepción móvil utilizando receptores de mano en ondas métricas y decimétricas se definen en la Recomendación UIT-R BT.2052 [4.36].

En el Anexo 2 al Capítulo 4 se examinan varias modalidades de implantación que obtienen intensidades de campo mínimas utilizables teniendo en cuenta instalaciones de recepción típicas.

La definición de las relaciones de protección debe tener en cuenta la naturaleza de la interferencia. Esa información unificada se presenta en el Informe UIT-R BT.2382 [4.37].

4.7 Planificación de la red en redes monofrecuencia

4.7.1 Generalidades

Las redes monofrecuencia (SFN) proporcionan la cobertura necesaria a través de múltiples transmisores que funcionan en la misma frecuencia y transportan el mismo contenido. El funcionamiento de las redes DTTB¹³ en una configuración monofrecuencia está facilitado por la utilización de la técnica de modulación de multiplexación por división de frecuencia ortogonal (MDFO) que permite la recepción (y la suma constructiva) de más de una señal RF útil (inmunidad multitrayecto).

En una SFN, muchos emplazamientos de recepción dentro de la zona de cobertura podrían ser atendidos por más de un transmisor. Cuando esto ocurre se introduce un cierto nivel de redundancia en la recepción de la señal pudiéndose mejorar la disponibilidad del servicio. En la intensidad de campo de un solo transmisor se observan variaciones estadísticas debido a la presencia de obstáculos en el trayecto de propagación, en particular en la recepción portátil y la recepción móvil. Esta variación de la intensidad de campo se puede reducir gracias a la presencia de diversos transmisores, ubicados en direcciones distintas visualizadas desde el receptor, dado que cuando una fuente está situada en una zona de sombra, otras se pueden recibir fácilmente. Este aspecto de las SFN se conoce como «ganancia de la red», que se examina más exhaustivamente en la sección siguiente. Una SFN se puede diseñar para que proporcione en toda su zona de cobertura una distribución de la intensidad de campo más homogénea que un solo transmisor que cubre la misma zona.

En una red monofrecuencia todos los transmisores utilizan la misma frecuencia. Los transmisores poseen una zona de cobertura común y no pueden funcionar independientemente. Esta situación se representa en la Figura 4.2 mediante una SFN con 10 transmisores que funcionan en el canal C1. En la Figura se observa la zona de servicio y la zona de cobertura común de los transmisores.

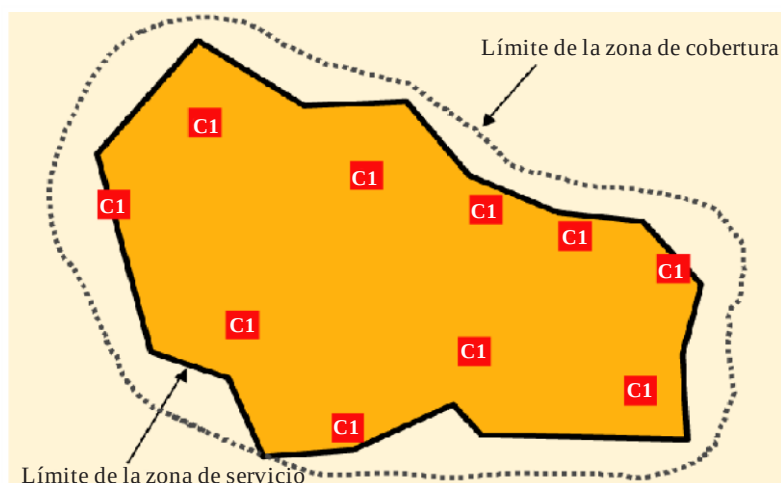
Cuando funcionan en una SFN, las señales emitidas por los transmisores deben ser:

- síncronas en el tiempo (o con un retardo controlado con precisión);
- nominalmente coherentes en frecuencia (con un margen de unos pocos Hz);
- moduladas con trenes de bits idénticos.

La red se debe diseñar para reducir al mínimo la autointerferencia y utilizar las señales deseadas producidas por otros transmisores en la SFN. El retardo entre las señales que llegan al receptor depende de las diferencias de longitud de los trayectos de propagación entre el receptor y los distintos transmisores en la SFN; el retardo puede ser del orden de unas decenas a unas centenas de microsegundos, dependiendo de la distancia de separación del transmisor y de la aplicación real de los retardos fijados en cada transmisor de la red monofrecuencia.

¹³ Excepto ATSC. Véase la sección 4.6.

FIGURA 4.2
Red monofrecuencia (SFN)



DTTB-04-02

Las redes monofrecuencia pueden realizarse con uno o dos tipos teóricos de estructura. En un caso se llama red «abierta» y en el otro red «cerrada». Se supone que ambos tipos de redes están diseñadas para proporcionar la mínima densidad de campo deseada en el límite de la zona de cobertura.

- En una red abierta, no se toma ninguna medida para minimizar el nivel de radiación dirigido hacia zonas situadas fuera de la zona de cobertura. En el caso límite, una red abierta puede constar apenas de un solo transmisor omnidireccional.
- En una red cerrada, el nivel de radiación dirigido hacia zonas situadas fuera de la zona de cobertura se reduce deliberadamente sin disminuir la cobertura de la zona a la que va a darse servicio. Ello se puede conseguir utilizando antenas direccionales en estaciones transmisoras ubicadas cerca de la periferia de la zona de cobertura.

En una red real, la cobertura de una amplia zona exigirá que los transmisores estén separados por distancias considerables. Si dicha red se diseña como red cerrada, causará menos interferencia a una distancia determinada fuera de su zona de cobertura que si ha sido diseñada como red abierta. Esto se debe a que el nivel de interferencia está determinado fundamentalmente por la potencia que radian los transmisores más próximos al límite de la zona de cobertura en la dirección considerada.

Sin embargo, en una red cerrada que cubre una pequeña zona, la potencia radiada por los transmisores hacia el lado de la zona de cobertura opuesto a la dirección considerada contribuye relativamente más al nivel de interferencia saliente que en el caso de una red cerrada que cubra una amplia zona. En consecuencia, la utilización de antenas de transmisión direccionales en transmisores situados cerca del límite de una pequeña zona de cobertura entraña menos ventajas que en el caso de redes que cubren zonas amplias. Este efecto se puede atenuar, al menos en parte, con la utilización de ciertas técnicas, como la técnica de inclinación del haz.

De lo anterior se deduce que, para zonas de cobertura relativamente amplias, la distancia de separación entre zonas en el mismo canal será generalmente inferior en redes cerradas que en redes abiertas. Para zonas de cobertura más reducida, la distancia de separación en redes cerradas puede ser similar a la distancia de separación en redes abiertas.

Hay diversas variantes de SFN que proporcionan una gran zona de cobertura, aunque sus diferencias son más aparentes que reales. La principal diferencia radica en la separación entre los emplazamientos de los transmisores. En un extremo estaría una red basada en emplazamientos que pueden haber sido utilizados, o se utilizan aún, para los servicios analógicos, separados a una distancia de 80 km o más. En el otro extremo estaría una red densa con transmisores cuya separación sería de sólo 10 ó 20 km. En la práctica, cualquier red real comprende probablemente algunos elementos de ambos casos. Incluso una red basada principalmente en emplazamientos de estaciones analógicas existentes o antiguas es probable que necesite una serie de estaciones repetidoras que tendrían separaciones relativamente pequeñas entre emplazamientos adyacentes. Por el

contrario, es probable que una red densa tenga algunas «brechas» en las que la densidad de población sea muy baja para que, desde el punto de vista económico, se justifique construir algunas estaciones.

4.7.2 Flexibilidad en la utilización del espectro

La configuración de la SFN permite una gran flexibilidad en la utilización del espectro. Por ejemplo, se puede diseñar inicialmente una red para que dé cobertura a antenas fijas en el tejado, pero prever posteriormente su evolución, sin necesidad de frecuencias adicionales, para que proporcione servicios móviles o portátiles gracias a la adición de estaciones transmisoras suplementarias.

Otra flexibilidad que conllevan las SFN es la libertad de que dispone un operador de radiodifusión para instalar nuevas estaciones que mejoren la cobertura en una red existente, sin tener que utilizar espectro adicional.

4.7.3 Incidencia de los parámetros del sistema DTTB en la calidad de funcionamiento de las SFN

Si bien, por una parte, las principales ventajas de las SFN radican en la mejora de la utilización del espectro y en la menor complejidad de la planificación del espectro, por otra parte, los parámetros del sistema y de planificación deben determinarse con sumo cuidado.

En primer lugar, se debe elegir una topología de red adecuada. En principio, hay dos opciones posibles: torre alta-alta potencia (HTHP, *High-Tower-High-Power*) o torre baja-baja potencia (LTLP, *Low-Tower-Low-Power*), con variaciones intermedias. Normalmente, para la distribución del contenido de radiodifusión, HTHP es una opción pragmática, dado que permitiría reutilizar la infraestructura del emplazamiento del transmisor existente. En segundo lugar, hay que definir el objetivo de cobertura previsto y el modo de recepción.

Ambos aspectos determinan la elección de los parámetros del sistema que son diferentes entre los sistemas DTTB (para una información más detallada, véase el Capítulo 9).

A título de ejemplo, en el caso de una SFN DVB-T2 el primer paso consiste en seleccionar la longitud del intervalo de guarda (GI) de acuerdo con el tamaño físico de la SFN o las distancias de separación internas del transmisor de la SFN, teniendo naturalmente en cuenta que en el transmisor puede haber separaciones más importantes que el intervalo de guarda dependiendo de ciertas consideraciones prácticas, como el terreno, la propagación y la robustez del sistema, etc. Además de seleccionar la longitud del intervalo de guarda, también hay que determinar la fracción del intervalo de guarda. La fracción del GI supone la consideración del tamaño de la FFT (transformada rápida de Fourier) que guarda relación con la modalidad de recepción: fija con antena en el tejado, portátil o móvil. En el caso de la recepción fija con antena en el tejado, parecería deseable utilizar una FFT más amplia dado que reducirá la fracción del GI y aumentará la capacidad disponible. Para la recepción portátil y móvil, se puede considerar un tamaño de FFT más pequeño, por ejemplo de 16k, 8k ó incluso 4k, en particular para la recepción móvil cuando el efecto Doppler impone una limitación. La elección de la modulación determina la velocidad binaria (capacidad), pero también tiene gran influencia en la robustez del sistema; las técnicas de modulación de orden superior que ofrecen mayor capacidad son más frágiles. Asimismo, hay varios diagramas piloto (PP) dispersos disponibles en el sistema DVB-T2, PP1 a PP8. La elección de los diagramas piloto determinará la calidad de funcionamiento de las señales con retardo que llegan fuera del intervalo de guarda indicado por el límite de Nyquist. Si se excede este límite de Nyquist, la ecualización del canal es incorrecta, incluso si la fracción de la interferencia entre símbolos (ISI) es pequeña (para una información más detallada, véase el Anexo 2).

En el Informe UIT-R BT.2386, *Digital terrestrial broadcasting: Design and implementation of single frequency networks (SFN)* (Radiodifusión terrenal digital: Diseño e implementación de redes monofrecuencia (SFN)) [4.38], puede hallarse una información más completa sobre las SFN. En dicho Informe se describen además numerosos ejemplos prácticos con objeto de compartir experiencias y dar orientaciones sobre el diseño y la implantación de este tipo de redes a quienes tienen la intención de instalarlas.

4.7.4 Ganancia de la red

En una SFN, muchos emplazamientos de recepción pueden ser atendidos por más de un transmisor, con lo cual se introduce un cierto nivel de redundancia en las fuentes de la señal y se mejora la disponibilidad del servicio. Esta mejora es particularmente importante en la recepción portátil, donde la intensidad de campo de un solo transmisor muestra variaciones estadísticas debido a la presencia de obstáculos en el trayecto de propagación. Esta variación de la intensidad de campo se puede reducir mediante la presencia de diversos transmisores, ubicados en direcciones distintas, dado que cuando una fuente está en una zona de sombra, otras se pueden recibir fácilmente. Este aspecto se conoce como «ganancia de la red». La ventaja de la ganancia de la red para la recepción fija, debido a la utilización de antenas receptoras direccionales, puede ser limitada, pero resulta más importante para la recepción portátil con emplazamientos de recepción no favorables y antenas receptoras menos elaboradas.

Como resultado de la ganancia de la red, las SFN pueden funcionar a baja potencia y la distribución de la intensidad de campo es más homogénea en comparación con la de una MFN. La opción SFN parece ser el forma más razonable de dar cobertura satisfactoria a zonas más amplias, en particular cuando se prevé la recepción portátil.

En la Recomendación UIT-R SM.1875 [4.39] figura la siguiente descripción de la ganancia de la red:

«Si las señales procedentes de múltiples transmisores deseados dentro de una SNF pueden recibirse en el intervalo de guarda, la calidad de recepción puede mejorarse y la mínima intensidad de campo deseada procedente de cada transmisor puede ser inferior. Sin embargo, la ganancia de red no es la suma de las intensidades de campo deseadas procedentes de todos los transmisores que puedan recibirse. Se trata simplemente de la mayor probabilidad de recibir una señal más intensa procedente de una dirección adicional que de un solo transmisor únicamente.

La ganancia de red es la diferencia entre las intensidades de campo recibidas dentro de las SFN y MFN necesarias para la misma probabilidad de emplazamiento.

En una SFN, el mayor número de transmisores da lugar a una distribución más homogénea de la intensidad de campo en la zona de cobertura. La desviación típica σ de los valores de intensidad de campo es menor.»

Ejemplo: El valor mediano mínimo de la intensidad de campo E_{med} para una cierta variante del sistema es 61,3 dB($\mu\text{V}/\text{m}$). Esto, por definición, se aplica a una probabilidad de emplazamientos del 50%. En una SFN, el valor mínimo de la intensidad de campo deseada E_{min} para una probabilidad de emplazamientos del 95% es 66,7 dB($\mu\text{V}/\text{m}$) y para una MFN, 70,3 dB($\mu\text{V}/\text{m}$). La ganancia de la red es pues 3,6 dB.

4.7.5 Autointerferencia

La potencia de todas las señales en una SFN recibida dentro de la amplitud de tiempo del intervalo de guarda es considerada útil y contribuye a la potencia total de la señal disponible. Fuera del intervalo de guarda, sólo una parte de la potencia del eco está asociada con el mismo símbolo MDFO como señal primaria y, por lo tanto, contribuye positivamente a la potencia total de la señal útil.

La otra parte de la potencia del eco está asociada con el símbolo MDFO anterior o posterior y causa interferencia entre símbolos. Por consiguiente, como el retardo de la señal se incrementa progresivamente más allá del intervalo de guarda, la contribución útil disminuye y aumenta la interferencia entre símbolos.

Esto da lugar a dos restricciones impuestas a una SFN. En primer lugar, para un determinado emplazamiento de recepción, las principales señales de contribución provienen generalmente de transmisores cercanos. Para que esas señales de contribución sean constructivas, el retardo de tiempo entre ellas no debe rebasar considerablemente el intervalo de guarda, es decir, los transmisores vecinos deben mantener un cierto límite superior de distancia entre ellos.

En segundo lugar, incluso si se mantiene la distancia de separación máxima para los transmisores vecinos, los transmisores más distantes de la red pueden contribuir de forma destructiva. Puede haber una extensión máxima de la zona SFN que no se debe rebasar con objeto de mantener un número pequeño de transmisores de autointerferencia pertinentes.

La importancia de la autointerferencia, la distancia de separación máxima resultante entre transmisores vecinos y la posibilidad de una extensión máxima total de la zona de servicio de la SFN dependen del intervalo de guarda elegido, la sensibilidad del sistema con respecto a la autointerferencia, indicada por el valor C/N pertinente, y la densidad de los transmisores en la red.

En una SFN extensa, puede resultar difícil planificar la red para que las señales emitidas por transmisores situados a gran distancia del receptor tengan siempre un nivel insignificante en comparación con las de los transmisores cercanos. Esta dificultad aumenta porque:

- los niveles de la señal emitida por transmisores distantes se deben calcular para pequeños porcentajes de tiempo (generalmente, el 1%) con el fin de asegurar la protección de la recepción durante altos porcentajes de tiempo (por lo general, el 99%); y
- la antena de recepción para receptores portátiles y móviles no es direccional.

En una SFN extensa es posible que el retardo de propagación de las señales emitidas por transmisores distantes las sitúe fuera del intervalo de guarda de transmisores más locales. Este efecto se puede reducir con el adelanto o retardo del tiempo de transmisión del servicio desde algunos transmisores en relación a alguna referencia fija. Para una SFN extensa y compleja, el cálculo detallado de la temporización relativa del transmisor es una herramienta que se puede utilizar para minimizar la autointerferencia y, por consiguiente, optimizar la cobertura de la red.

4.7.6 Sincronización del transmisor

Para que una SFN funcione correctamente, todos los transmisores de la red deben estar sincronizados entre ellos. Este requisito se aplica a los dominios de la frecuencia y del tiempo.

4.7.6.1 Sincronización de la frecuencia

La precisión del transmisor digital en materia de frecuencias tendrá que ser muy estable. Para reducir al mínimo cualquier desplazamiento, todos los transmisores deben estar ajustados a una fuente de referencia, por ejemplo, la señal de tiempo del GPS.

4.7.6.2 Sincronización del tiempo

Con miras a reducir la interferencia entre símbolos es posible ajustar el tiempo en que cada transmisor de la red inicia la trama de una señal específica (la temporización relativa del transmisor). Gracias a la optimización de este retardo, las señales emitidas por transmisores cercanos y distantes llegan al receptor dentro del intervalo de guarda, siendo por tanto constructivas y no destructivas. Se puede ajustar la temporización relativa del transmisor para situarla antes o después de un punto de referencia.

Sin embargo, en todos los casos, el tiempo de transmisión de la señal en cada transmisor de la red necesita una referencia temporal. Se debe tener en cuenta también la distribución del contenido de servicio para que se transmita la misma trama de datos durante el mismo periodo de tiempo, con o sin retardo requerido. En una red de gran tamaño, por ejemplo una red nacional, la llegada de la información de contenido a los transmisores puede variar considerablemente. Una opción sería alimentar la señal de contenido directamente en los emplazamientos de la red utilizando la distribución por satélite y otra, proporcionar una memoria intermedia variable a la entrada de cada transmisor, vinculada a la referencia temporal.

En una SFN pequeña, es decir, una cuyo diámetro no sea mayor que el que puede seguir la señal en el intervalo de guarda, no debería ser necesario tener en cuenta este elemento de planificación de la red.

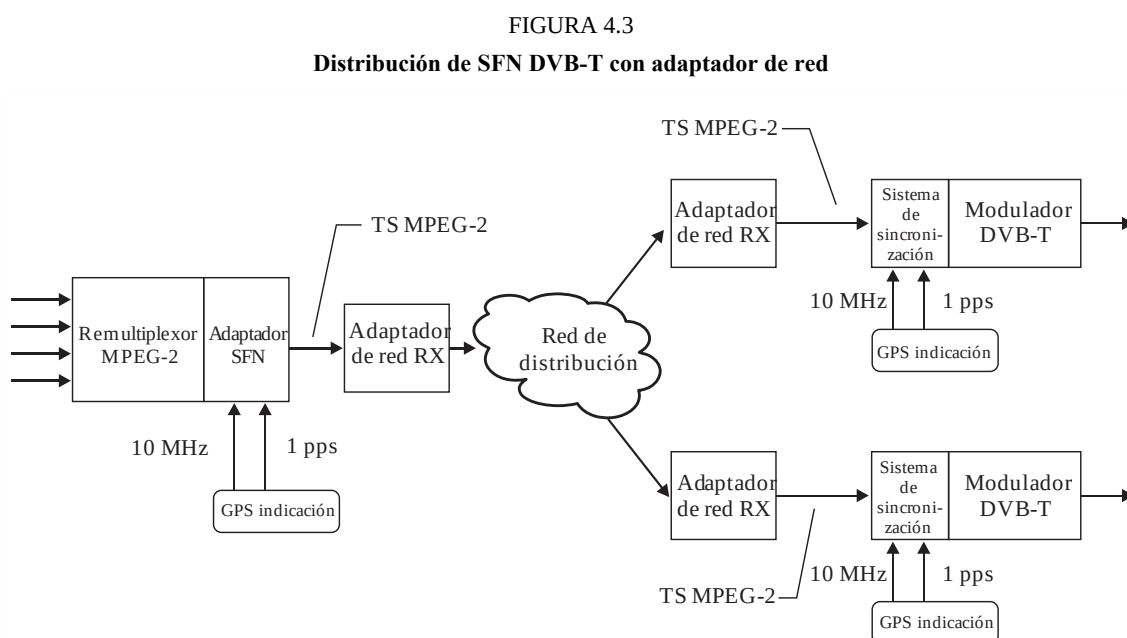
En el diseño inicial de la configuración de la red, el planificador debe prever la cobertura deseada y la posible interferencia de cada transmisor. Estas previsiones tendrían que llevarse a cabo en el 50% del tiempo para el servicio deseado y el 1% del tiempo para la fuente de interferencia. Con el retardo de temporización relativo fijado a cero puede obtenerse la cobertura de toda la red. En esas condiciones, se puede calcular entonces la interferencia global causada por cada transmisor en la SFN.

En general, las asignaciones de potencia más alta causarán la mayoría de interferencias y es razonable centrarse inicialmente en ellas. No obstante, ajustar la sincronización de los emplazamientos con una p.r.a. inferior puede dar lugar a ganancias de cobertura importantes en torno a la periferia de sus zonas de servicio.

Una vez identificados los transmisores destructivos, se pueden ajustar las sincronizaciones de la red y volver a calcular la interferencia. Cabe señalar que el transmisor que causa la interferencia más importante no tiene que ajustarse dado que un cambio podrá causar un problema en una parte diferente de la red. Quizá una mejor estrategia consista en ajustar uno o más emplazamientos más pequeños para que sus señales se reciban dentro del intervalo de guarda del emplazamiento distante de alta potencia.

Hay que tener en cuenta también cómo la función ventana de la FFT del receptor afecta a la cobertura prevista. Sin embargo, dado que los fabricantes son reacios a revelar detalles sobre el funcionamiento de sus receptores, resulta difícil dar una orientación general. En [4.40] se analizan estrategias de sincronización comunes.

Cuando se distribuye un tren de transporte (TS) MPEG-2 a una red de transmisores, es posible ajustar los retardos de transporte mediante un adaptador de red SFN. Como se observa en el ejemplo dado en la Figura 4.3, extraído de la especificación técnica *TS 101 191 Digital Video Broadcasting (DVB)* [4.41] del ETSI, el objetivo del adaptador de red Tx es generar una megatrama MPEG-2 e insertar paquetes de identificación de megatramas (MIPs, *Megaframe Identification Packets*) que encaminan el desplazamiento temporal entre el último impulso GPS y la hora de inicio de la megatrama. Los adaptadores de red Rx buscan paquetes MIP e introducen el retardo necesario antes de transmitir la señal MPEG-2 al modulador MDFO y a la red de distribución secundaria.



DTTB-04-03

4.7.6.3 Efecto de la pérdida de sincronización

Si un transmisor no se ajusta a la sincronización con el resto de la red, será una fuente de interferencia para la cobertura del resto de la red. Esto se percibirá como zona de cobertura perdida hacia la periferia de la zona de servicio del transmisor desincronizado, una zona de «alteraciones». A medida que el transmisor se aleja de la sincronización con el resto de la red, la zona de alteraciones será progresivamente más amplia. Convendría señalar que es poco probable que esté afectada la recepción próxima a un transmisor «a la deriva», donde las intensidades de campo recibidas son elevadas. Por ello, resulta difícil encontrar el fallo si sólo se tiene en cuenta la información sobre perturbaciones de la recepción dada por un usuario.

4.7.7 Repetidores en el canal

Un repetidor en el canal (conocido también como reemisor complementario) es un dispositivo que recibe una transmisión DTTB terrenal en una frecuencia de ondas métricas y decimétricas, amplifica el canal recibido y lo retransmite en la misma frecuencia. Este tipo de repetidor se utiliza para ampliar la cobertura de una red existente a través de transmisiones en una sola frecuencia sin necesidad de transmisores adicionales. Las principales ventajas de los repetidores, si se los compara con los transmisores clásicos, son su fácil instalación y bajo costo.

El retardo inducido por el proceso completo de recepción, amplificación y transmisión debe ser sustancialmente más corto que el intervalo de guarda del modo DTTB utilizado (por ejemplo, un retardo típico es 5 μ s) para que un receptor que recibe señales emitidas por un transmisor y por un repetidor en el canal no tenga que afrontar interferencias sino la suma constructiva de señales.

Sin embargo, la instalación de esos repetidores plantea algunos obstáculos. La señal transmitida puede ser reenviada a la entrada de los repetidores, creando así un bucle de realimentación que genera dos tipos de problemas: ondulación en la función de transferencia del dispositivo y, peor aún, inestabilidad del dispositivo. Para resolver estos problemas, debe haber suficiente aislamiento entre las antenas receptoras y transmisoras, o hay que utilizar ciertas técnicas de supresión del eco en el repetidor (lo cual aumenta la complejidad y, por consiguiente, el costo).

4.7.8 Elección de los parámetros del sistema

No hay una sola manera de implantar una red DTTB y, básicamente, la elección de los parámetros del sistema depende de las necesidades de la red. En el Anexo 2 al Capítulo 4 se facilitan ejemplos de parámetros para diferentes modalidades de implantación de las redes DVB, ISDB, DTMB y ATSC.

Pueden hallarse también ejemplos de implantación de redes DTTB en los siguientes Informes del UIT-R:

- Informe UIT-R BT.2140 – *Transition from analogue to digital terrestrial broadcasting* (Transición de la radiodifusión terrenal analógica a la digital) [4.42].
- Informe UIT-R BT.2254 – *Frequency and network planning aspects of DVB-T2* (Aspectos relativos a la planificación de frecuencias y redes de DVB-T2) [4.43].
- Informe UIT-R BT.2294 – *Construction technique of DTTB relay station network for ISDB-T* (Técnica de construcción de una red de estaciones retransmisoras de DTTB para la ISDB-T) [4.44].
- Informe UIT-R BT.2343 – *Collection of field trials of UHDTV over DTT networks* (Conjuntos de pruebas sobre el terreno de la TVUAD en redes TDT) [4.45].
- Informe UIT-R BT.2385 – *Reducing the environmental impact of terrestrial broadcasting systems* (Reducción del impacto medioambiental de los sistemas de radiodifusión terrenal) [4.46].
- Informe UIT-R BT.2386 – *Digital Terrestrial Broadcasting: Design and implementation of single frequency networks (SFN)* (Radiodifusión terrenal digital: Diseño e implementación de redes monofrecuencia (SFN) [4.38].

Anexo 1 al Capítulo 4

Configuraciones de planificación de referencia y redes de referencia en el Acuerdo GE06

A4.1.1 Generalidades

Las técnicas DTT tienen en cuenta una gran variedad de configuraciones de implantación. Con el fin de clasificar ese tipo de configuraciones, en la 2ª reunión de la CRR destinada a la planificación (Acuerdo GE06)¹⁴ se definieron las llamadas configuraciones de planificación de referencia (CPR), que se describen en la sección A4.1.2.

El Acuerdo GE06 [4.10] prevé la planificación de implementaciones de DTT sobre la base de las inscripciones en los Planes de adjudicación y asignación de frecuencias. Las adjudicaciones y asignaciones se describen más exhaustivamente en las secciones 4.2.6, 4.2.7 y 4.4.2.

Para las inscripciones en el Plan de asignación de frecuencias se indican las características del transmisor, en tanto que las inscripciones en el Plan de adjudicación de frecuencias se caracterizan por las llamadas redes de referencia. Estas redes de referencia se examinan en la sección A4.1.3.

Los datos detallados necesarios para las características de las inscripciones en los Planes de asignación y adjudicación de frecuencias pueden hallarse en el Anexo 1 a las Actas Finales del Acuerdo GE06. [4.10].

A4.1.2 Ejemplo de configuraciones de planificación de referencia (para la DVB-T)

Una red DTTB está prevista para diferentes modos de recepción principal. Por consiguiente, las configuraciones de planificación de referencia pueden agruparse en función del modo de recepción y de la banda de frecuencias.

Los modos de recepción se han agrupado del siguiente modo:

- recepción fija;
- recepción portátil en exteriores, recepción móvil y recepción portátil en interiores con menor calidad de cobertura;
- recepción portátil en interiores con mayor calidad de cobertura.

El valor mínimo de la intensidad de campo deseada adecuado para la recepción fija con antena en el tejado no es conveniente para la recepción móvil y la recepción portátil en dispositivos de mano debido a la diferencia de altura de sus antenas receptoras. Por consiguiente, las redes de radiodifusión consagradas a la recepción fija con antena en el tejado, la recepción portátil, la recepción móvil y la recepción portátil en dispositivos de mano necesitan arquitecturas diferentes.

Para las frecuencias de referencia:

- 200 MHz (ondas métricas);
- 650 MHz (ondas decimétricas).

Las configuraciones de planificación de referencia para la DVB-T se resumen en el Cuadro A4.1.1.

¹⁴ En la conferencia (Acuerdo GE06) se acordó considerar únicamente la DVB-T dentro de su zona de planificación, de modo que las configuraciones de planificación de referencia y las redes de referencia indicadas aquí fueron diseñadas teniendo en cuenta la DVB-T. Se podrían utilizar conceptos muy similares para otros sistemas DTTB introduciendo modificaciones de poca importancia.

CUADRO A4.1.1

Configuraciones de planificación de referencia para la DVB-T

CPR	CPR 1	CPR 2	CPR 3
Probabilidad de emplazamientos de referencia	95%	95%	95%
C/N de referencia (dB)	21	19	17
$(E_{med})_{ref}$ de referencia (dB(μ V/m)) para $f_r = 200$ MHz	50	67	76
$(E_{med})_{ref}$ de referencia (dB(μ V/m)) para $f_r = 650$ MHz	56	78	88

$(E_{med})_{ref}$: Valor mediano mínimo de la intensidad de campo de referencia

CPR 1: CPR para recepción fija

CPR 2: CPR para recepción portátil en exteriores o portátil en interiores con menor calidad de cobertura o para recepción móvil

CPR 3: CPR para recepción portátil en interiores con mayor calidad de cobertura

Para las demás frecuencias, los valores de la intensidad de campo de referencia del Cuadro A4.1.1 se pueden ajustar con la introducción de un factor de corrección definido con arreglo a la siguiente regla:

- $(E_{med})_{ref}(f) = (E_{med})_{ref}(f_r) + \text{Corr}$;
- para recepción fija, $\text{Corr} = 20 \log_{10} (f/f_r)$, siendo f la frecuencia real y f_r la frecuencia de referencia de la banda correspondiente mencionada en el Cuadro A4.1.1;
- para recepción portátil y recepción móvil, $\text{Corr} = 30 \log_{10} (f/f_r)$ siendo f la frecuencia real y f_r la frecuencia de referencia de la banda correspondiente mencionada en el Cuadro A4.1.1.

Los parámetros de referencia de las CPR del Cuadro A4.1.1 (probabilidad de emplazamientos, C/N, intensidad de campo mediana mínima) no están asociados a una variante concreta del sistema DVB-T ni a una implementación real de red DVB-T, sino que representan a un gran número de diferentes implementaciones reales. Por ejemplo, un servicio DVB-T para recepción móvil podría utilizar como parámetros de implementación real una probabilidad de emplazamientos del 99% y una variante de DVB-T robusta con una C/N de 14 dB. No obstante, este servicio estará representado por CPR 2 con una probabilidad de emplazamientos de referencia del 95% y una C/N de referencia de 19 dB, sin restringir las posibilidades de implementación del servicio «real» para recepción móvil de DVB-T.

NOTA – Para los modos de recepción fija con antena en el tejado y recepción portátil (en interiores o exteriores) de la DTT, es habitual establecer el objetivo de disponibilidad de recepción, o probabilidad de emplazamientos, en 95%. Este nivel se considera bastante elevado (en comparación con el nivel del 50% aplicado históricamente en la planificación de la televisión analógica) para ofrecer un margen suficiente por encima del nivel mínimo requerido de la intensidad de campo de forma que una gran mayoría (precisamente, el 95%) de los emplazamientos en las pequeñas zonas de recepción utilizadas para la planificación (véase la sección 4.5.7.2.3) reciban un nivel superior al mínimo. Este objetivo elevado para la televisión digital, en comparación con la televisión analógica, se debe al efecto «al borde del acantilado» de la calidad de la señal digital cuando disminuye al nivel mínimo, en tanto que la televisión analógica experimenta una degradación progresiva y seguirá ofreciendo aún sonidos e imágenes inteligibles, incluso con niveles recibidos por debajo del valor mínimo.

El 5% de emplazamientos restante recibirá un nivel de intensidad de campo DTT por debajo del mínimo y, en principio, no tendrá ninguna recepción (efecto «al borde del acantilado»). Sin embargo, la recepción en esos emplazamientos se puede restablecer efectuando ciertos ajustes en las instalaciones de recepción como, por ejemplo, entre otros, un ligero desplazamiento de la antena receptora para obtener una cresta local de la intensidad de campo o la instalación de una antena con ganancia más elevada. Esto sólo es posible cuando la recepción es fija (con antena en el tejado) o portátil (fija) en interiores o exteriores.

En la recepción móvil, teniendo en cuenta que se debe asegurar la recepción en casi todos los emplazamientos a los que se puede desplazar el receptor, no se pueden efectuar los ajustes antes mencionados durante el desplazamiento. Por lo tanto, es razonable fijar un nivel inicial más alto para la probabilidad de emplazamientos. Por lo general, se establece como objetivo un nivel de 99% de probabilidad de emplazamientos en la planificación de la red DTT para la recepción móvil.

La desviación típica utilizada para el cálculo del factor de corrección de emplazamientos de cada CPR será la siguiente:

- para CPR 1 y CPR 2: 5,5 dB en las bandas de ondas métricas y decimétricas;
- para CPR 3: 6,3 dB en la banda de ondas métricas y 7,8 dB en la banda de ondas decimétricas.

A4.1.3 Ejemplo de redes de referencia (para la DVB-T)

A4.1.3.1 Consideraciones generales

Se han diseñado cuatro redes de referencia para abarcar los distintos requisitos de implementación de las redes DVB-T.

Para determinar el balance de potencia de las redes de referencia, se fijan las alturas de antena y las potencias de tal manera que se alcance la probabilidad de cobertura deseada en cada emplazamiento de la zona de servicio.

El método de ajuste del balance de potencia de la red anteriormente descrito se basa en la interferencia limitada por el ruido, que se sabe que es poco eficaz para la planificación de frecuencias. Con el fin de salvar este inconveniente, las potencias de los transmisores de la red de referencia se han incrementado en 3 dB. (Véanse los Cuadros A4.1.2 a A4.1.5.).

Para las alturas efectivas de la antena de los transmisores de las redes de referencia se utiliza un valor medio de 150 m.

Se ha elegido una estructura de red abierta para las redes de referencia puesto que se supone que, en general, las implementaciones de redes reales se parecerán a este tipo de red. La zona de servicio se define como un hexágono un 15% mayor que el formado por los transmisores periféricos. Sin embargo, con el fin de permitir implementaciones de red con muy pocas interferencias potenciales, también se presenta una red de referencia con estructura de red semicerrada. (Véase la red de referencia 4 en la sección A4.1.3.5.).

En algunos casos, las posibilidades de interferencia de las redes de referencia son considerablemente superiores a las posibilidades de interferencia de una red real, por ejemplo cuando la geometría normalizada de una red de referencia es muy diferente de la forma particular de la zona de servicio considerada. En estos casos las administraciones podrán adoptar un método apropiado definido de común acuerdo para modelizar más precisamente las posibilidades de interferencia de la red de referencia.

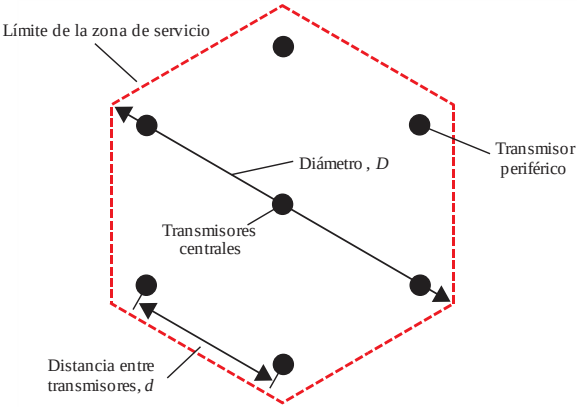
A4.1.3.2 Red de referencia 1 (SFN con gran zona de servicio)

La red consta de siete transmisores situados en los vértices de un hexágono y en su centro. Se ha elegido un tipo de red abierta; es decir, los transmisores tienen diagramas de antena no direccionales y se supone que la zona de servicio sobrepasa el hexágono de los transmisores en un 15%. La geometría de esta red se muestra en la Figura A4.1.1.

La red de referencia 1 (RN 1) se aplica en distintos casos: recepción fija (CPR 1), portátil en exteriores y móvil (CPR 2) y portátil en interiores (CPR 3), en las bandas III y IV/V.

La RN 1 se ha previsto para la cobertura por la SFN de grandes zonas de servicio. Se supone que los emplazamientos de los transmisores principales, con alturas efectivas de antena adecuadas, constituyen la infraestructura principal de este tipo de red. En el caso de la recepción portátil y móvil, el diámetro de la zona de servicio real para este tipo de cobertura por la SFN está comprendido entre 150 y 200 km debido a la degradación por la autointerferencia, a menos que se utilice una variante del sistema DVB-T muy robusta o se emplee el concepto de redes densas.

FIGURA A4.1.1
RN 1 (SFN con gran zona de servicio)



DTTB-04-01-01

CUADRO A4.1.2

Parámetros de la RN 1 (SFN con gran zona de servicio)

CPR y tipo de recepción		CPR 1 Antena fija	CPR 2 Portátil en exteriores y móvil	CPR 3 Portátil en interiores
Tipo de red		Abierta	Abierta	Abierta
Geometría de la zona de servicio		Hexágono	Hexágono	Hexágono
Número de transmisores		7	7	7
Geometría de los transmisores		Hexágono	Hexágono	Hexágono
Distancia entre transmisores d (km)		70	50	40
Diámetro de la zona de servicio D (km)		161	115	92
Altura efectiva de la antena Tx (m)		150	150	150
Diagrama de la antena Tx		No direccional	No direccional	No direccional
p.r.a. (dBW)	Banda III	34,1	36,2	40,0
	Bandas IV/V	42,8	49,7	52,4

NOTA – El valor de p.r.a. corresponde a 200 MHz en la banda III y a 650 MHz en las bandas IV/V; para otras frecuencias (f en MHz) se utilizará el siguiente factor de escala: $20 \log_{10} (f/200 \text{ o } f/650)$ para CPR 1 y $30 \log_{10} (f/200 \text{ ó } f/650)$ para CPR 2 y CPR 3. Los valores de p.r.a. indicados en este Cuadro incorporan un margen de potencia adicional de 3 dB.

Se parte de la hipótesis de que el valor máximo de la longitud del intervalo de guarda es $1/4 T_u$ del modo FFT de 8k. La distancia entre transmisores en una SFN no debe superar significativamente la distancia equivalente a la longitud del intervalo de guarda. En este caso, la longitud del intervalo de guarda de 224 μ s corresponde a 67 km. Se ha elegido una distancia entre transmisores para la CPR 1 de 70 km. Para la CPR 2 y CPR 3, 70 km es una distancia demasiado grande desde el punto de vista del balance de potencias. Por lo tanto, se han seleccionado valores más pequeños de la distancia entre transmisores, a saber, 50 km para CPR 2 y 40 km para CPR 3.

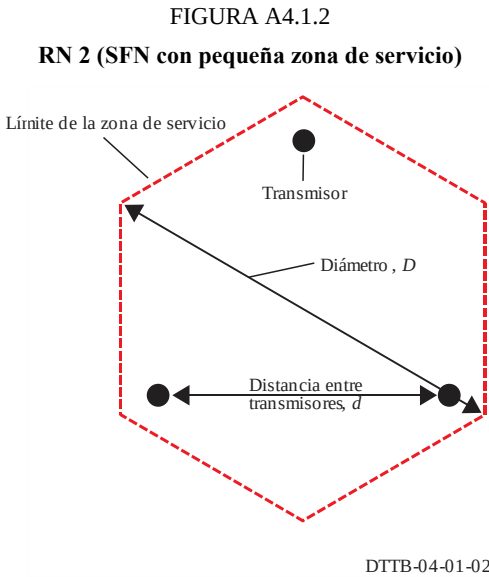
A4.1.3.3 Red de referencia 2 (SFN con pequeña zona de servicio y SFN densa)

La red consiste en tres transmisores situados en los vértices de un triángulo equilátero. Se ha elegido una red de tipo abierto, es decir, los transmisores tienen diagramas de antena no direccionales. Se supone que la zona de servicio es hexagonal, como se indica en la Figura A4.1.2.

La red de referencia 2 (RN 2) se aplica en distintos casos: recepción fija (CPR 1), portátil en exteriores y móvil (CPR 2) y portátil en interiores (CPR 3), en las bandas III y IV/V.

La RN 2 se ha previsto para la cobertura por la SFN de pequeñas zonas de servicio. Se supone que los emplazamientos de los transmisores, con alturas efectivas de antena razonables, se encuentran disponibles para este tipo de red y se estima que las restricciones por autointerferencia serán pequeñas. Los diámetros típicos de la zona de servicio varían de 30 a 50 km.

También es posible cubrir una gran zona de servicio con esta clase de red SFN densa. Sin embargo, se necesita un gran número de transmisores. Por lo tanto, en cualquier caso, parece razonable elegir la RN 1 para una gran zona de servicio, incluso si se ha previsto una estructura de red densa.



En la RN 2 la distancia entre transmisores es de 25 km en el caso de CPR 2 y CPR 3. Por lo tanto, es posible utilizar un valor de $1/8 T_u$ (FFT de 8k) para el intervalo de guarda, que incrementará la capacidad disponible para datos en comparación con el valor de $1/4 T_u$. Sería factible el mismo valor del intervalo de guarda para CPR 1 con distancias entre transmisores mayores de 40 km, porque la recepción fija en los tejados es menos sensible a la autointerferencia debido a las propiedades direccionales de la antena receptora.

Los parámetros y el balance de potencias de las redes de referencia RN 2 se indican en el Cuadro A4.1.3.

CUADRO A4.1.3

Parámetros de la RN 2 (SFN con pequeña zona de servicio)

CPR y tipo de recepción	CPR 1 Antena fija	CPR 2 Portátil en exteriores y móvil	CPR 3 Portátil en interiores
Tipo de red	Abierta	Abierta	Abierta
Geometría de la zona de servicio	Hexágono	Hexágono	Hexágono
Número de transmisores	3	3	3
Geometría de los transmisores	Triángulo	Triángulo	Triángulo
Distancia entre transmisores d (km)	40	25	25

CUADRO A4.1.3 (fin)

CPR y tipo de recepción		CPR 1 Antena fija	CPR 2 Portátil en exteriores y móvil	CPR 3 Portátil en interiores
Diámetro de la zona de servicio D (km)		53	33	33
Altura efectiva de la antena Tx (m)		150	150	150
Diagrama de la antena Tx		No direccional	No direccional	No direccional
p.r.a. (dBW)	Banda III	24,1	26,6	34,1
	Bandas IV/V	31,8	39,0	46,3

NOTA – El valor de p.r.a. corresponde a 200 MHz en la banda III y a 650 MHz en las bandas IV/V; para otras frecuencias (f en MHz) se utilizará el siguiente factor de escala: $20 \log_{10} (f/200 \text{ ó } f/650)$ para CPR 1 y $30 \log_{10} (f/200 \text{ ó } f/650)$ para CPR 2 y CPR 3. Los valores de p.r.a. indicados en este Cuadro incorporan un margen de potencia adicional de 3 dB.

A4.1.3.4 Red de referencia 3 (SFN con pequeña zona de servicio en área urbana)

La geometría de los emplazamientos de los transmisores (RN 3) y la zona de servicio son idénticas a las de la RN 2. (Véase la Figura A4.1.2.)

La RN 3 se aplica en distintos casos: recepción fija (CPR 1), portátil en exteriores y móvil (CPR 2) y portátil en interiores (CPR 3), en las bandas III y IV/V.

La RN 3, que está prevista para la cobertura de la SFN con pequeña zona de servicio en área urbana, es idéntica a la RN 2 salvo que ahora se tienen en cuenta las pérdidas por altura en área urbana. Por ese motivo, se aumentan en 5 dB aproximadamente las potencias requeridas de los transmisores de la SFN para CPR 2 y CPR 3.

Los parámetros y el balance de potencias de las redes de referencia RN 3 se indican en el Cuadro A4.1.4.

CUADRO A4.1.4

Parámetros de la RN 3 (SFN con pequeña zona de servicio en área urbana)

CPR y tipo de recepción		CPR 1 Antena fija	CPR 2 Portátil en exteriores y móvil	CPR 3 Portátil en interiores
Tipo de red		Abierta	Abierta	Abierta
Geometría de la zona de servicio		Hexágono	Hexágono	Hexágono
Número de transmisores		3	3	3
Geometría de los transmisores		Triángulo	Triángulo	Triángulo
Distancia entre transmisores d (km)		40	25	25
Diámetro de la zona de servicio D (km)		53	33	33
Altura efectiva de la antena Tx (m)		150	150	150
Diagrama de la antena Tx		No direccional	No direccional	No direccional
p.r.a. (dBW)	24,1	24,1	32,5	40,1
	31,8	31,8	44,9	52,2

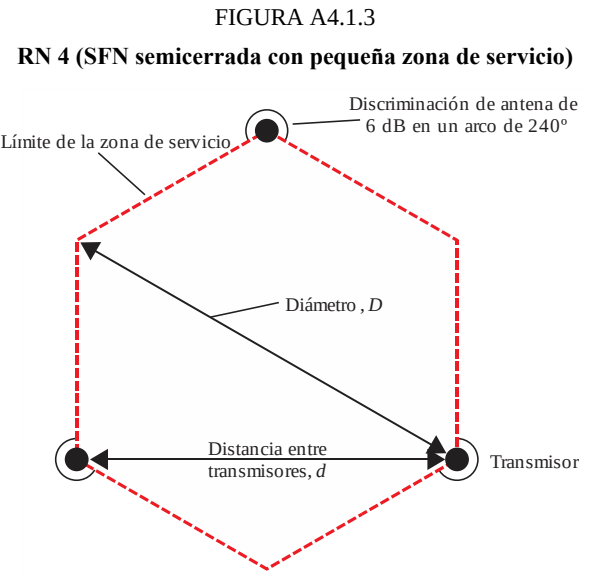
NOTA – El valor de p.r.a. corresponde a 200 MHz en la banda III y a 650 MHz en las bandas IV/V; para otras frecuencias (f en MHz) se utilizará el siguiente factor de escala: $20 \log_{10} (f/200 \text{ ó } f/650)$ para CPR 1 y $30 \log_{10} (f/200 \text{ ó } f/650)$ para CPR 2 y CPR 3. Los valores de p.r.a. indicados en este cuadro incorporan un margen de potencia adicional de 3 dB.

A4.1.3.5 Red de referencia 4 (SFN semicerrada con pequeña zona de servicio)

Esta red de referencia (RN 4) está concebida para aquellos casos en que se realizan mayores esfuerzos de implementación con respecto a los emplazamientos de los transmisores y los diagramas de antena para reducir la interferencia al exterior de la red.

La geometría de la RN 4 es igual a la de la RN 2, excepto en los diagramas de antena de los transmisores, que tienen una reducción en la intensidad de campo saliente de 6 dB en un arco de 240° (es decir, se trata de una RN semicerrada). La zona de servicio de esta RN se muestra en la Figura A4.1.3. En las marcaciones indicadas se supone una reducción brusca de 0 dB a 6 dB.

La RN 4 se aplica en distintos casos: recepción fija (CPR 1), portátil en exteriores y móvil (CPR 2) y portátil en interiores (CPR 3) en las bandas III y IV/V.



DTTB-04-01-03

CUADRO A4.1.5

Parámetros de la RN 4 (SFN semicerrada con pequeña zona de servicio)

CPR	CPR 1	CPR 2	CPR 3
Tipo de red y tipo de recepción	Semicerrada Antena fija	Semicerrada Portátil en exteriores y móvil	Semicerrada Portátil en interiores
Geometría de la zona de servicio	Hexágono	Hexágono	Hexágono
Número de transmisores	3	3	3
Geometría de los transmisores	Triángulo	Triángulo	Triángulo
Distancia entre transmisores d (km)	40	25	25
Diámetro de la zona de servicio D (km)	46	29	29
Altura efectiva de la antena Tx (m)	150	150	150
Diagrama de la antena receptora Tx	Direccional reducción de 6 dB en un arco de 240°	Direccional reducción de 6 dB en un arco de 240°	Direccional reducción de 6 dB en un arco de 240°

CUADRO A4.1.5 (*fin*)

CPR		CPR 1	CPR 2	CPR 3
p.r.a. (dBW)	Banda III	22,0	24,0	32,5
	Bandas IV/V	29,4	37,2	44,8

NOTA – El valor de p.r.a. corresponde a 200 MHz en la banda III y a 650 MHz en las bandas IV/V; para otras frecuencias (f en MHz) se utilizará el siguiente factor de escala: $20 \log_{10} (f/200 \text{ ó } f/650)$ para CPR 1 y $30 \log_{10} (f/200 \text{ o } f/650)$ para CPR 2 y CPR 3. Los valores de p.r.a. indicados en este cuadro incorporan un margen de potencia adicional de 3 dB.

La diferencia entre RN 4 y RN 2 estriba en la interferencia saliente (posibilidad de interferencia). La RN 4 presenta posibilidades de interferencia más bajas en comparación con las de la RN 2. Debido a ello, la distancia a la que puede reutilizarse la misma frecuencia en dos adjudicaciones es más pequeña cuando ambas se planifican con la RN 4.

Se establece un compromiso entre estas posibilidades de interferencia más bajas y el incremento en los costes de implementación para conseguir antenas direccionales. Esto debe tenerse presente en la elección de esta RN para la planificación. Se observa también una reducción en los diámetros de las zonas de servicio comparados con los de la RN 2.

Los parámetros y el balance de potencias de las redes de referencia RN 4 se indican en el Cuadro A4.1.5.

Anexo 2 al Capítulo 4

Modalidades de implantación – Ejemplos

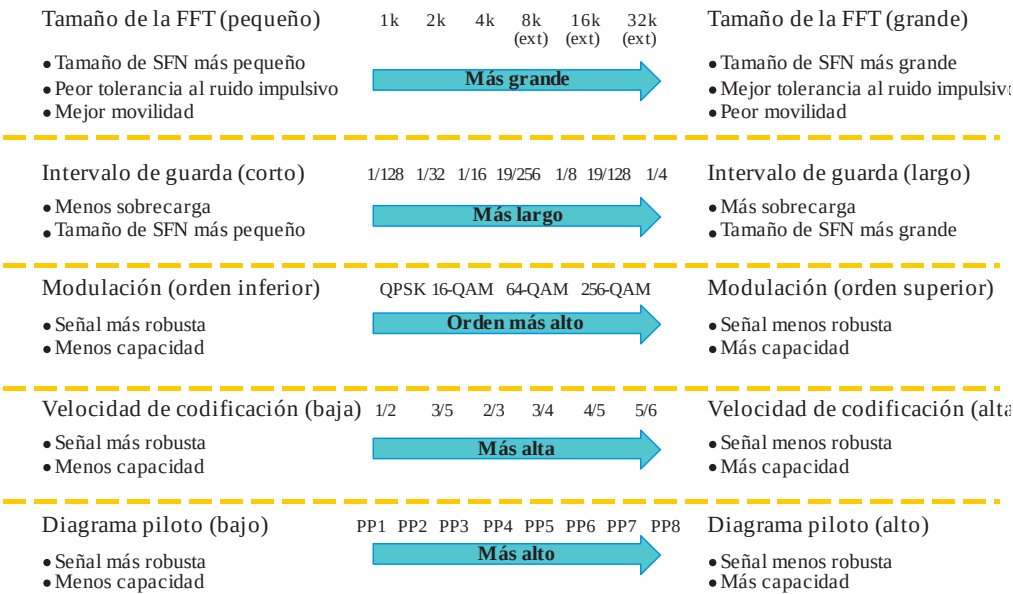
No hay una sola manera de implantar una red DTTB y, básicamente, la elección de los parámetros del sistema depende de las necesidades de la red. En este Anexo se facilitan ejemplos de diferentes modalidades de implantación de sistemas DVB-T2, ISDB, DTMB y ATSC.

A4.2.1 Modalidades de implantación de la DVB-T2

La DVB-T2 ofrece una selección de parámetros notablemente amplia y es imposible tener en cuenta todas sus posibles combinaciones. En esta sección se describe un cierto número de aplicaciones comunes de la DVB-T2 y se examinan algunos posibles conjuntos de parámetros que pueden ser adecuados para cada una de las modalidades (para una información más completa, véase el Informe UIT-R BT.2254 [4.43]).

En la Figura A4.2.1 se destacan algunos parámetros que pueden aplicarse en la DVB-T2 y se resumen las repercusiones de tales opciones en la red DVB-T2.

FIGURA A4.2.1
Elección de los parámetros del sistema DVB-T2



DTTB-04-01-03

En primer lugar, se describe un cierto número de modalidades adecuadas para la recepción fija con antena en el tejado, que comprenden dos opciones: NMF y SFN.

En segundo lugar, se describen cinco modalidades particularmente adecuadas para la recepción DTT portátil y móvil. Todas ellas se basan en una opción SFN e incluyen intervalos de guarda relativamente grandes para minimizar la interferencia interna de la SFN y permitir una mayor separación entre transmisores. El modo FFT de 32k no se aplica por el mismo motivo, dado que se prevé que este modo es particularmente vulnerable a la degradación debido al efecto Doppler y puede ser inadecuado para redes móviles y portátiles.

Los parámetros están basados en la información indicada en la especificación y directrices de implementación del ETSI, TS 102 831 [4.47], EN 302 755 [4.48]. Los valores C/N y las velocidades de datos respectivas se obtienen con arreglo a la metodología descrita en el Informe UIT-R BT.2254 [4.43] (párrafo 2.5 y Anexo 2).

En las modalidades 1 y 4 se indican también, a efectos de comparación, los parámetros del modo DVB-T correspondiente. Los valores C/N para la DVB-T se extraen de la especificación ETSI respectiva, EN 300 744 [4.49], incluido un margen de implementación de 3 dB.

A4.2.1.1 Modalidad 1: Recepción con antena en el tejado para una MFN y un caso de transición

Esta modalidad puede ser conveniente en un país que desea implantar una red de alta capacidad adecuada para la recepción con antena en el tejado. Se aplica también a un país desea pasar de una red DVB-T en servicio a otra que utiliza el sistema DVB-T2. Esta modalidad es un ejemplo de cómo se podría llevar a cabo esa transición incorporándose al mismo tiempo ciertas consideraciones prácticas comunes.

En este último caso, naturalmente, los usuarios finales tendrían que adquirir un nuevo decodificador o un nuevo televisor que esté en condiciones de demodular señales DVB-T2 dado que la DVB-T2 no es compatible con versiones anteriores de la DVB-T. En consecuencia, quizá sea aconsejable prever un periodo suficientemente largo de difusión simultánea de los programas de televisión en DVB-T y DVB-T2. Puede hallarse una información más completa sobre la transición de la DVB-T a la DVB-T2 en el Capítulo 6 del Informe UIT-R BT.2254 [4.43], donde se enumeran las variantes DVB-T2 directamente compatibles con el Acuerdo GE06 [4.10].

Aunque el sistema DVB-T2 puede mejorar u optimizar la cobertura de una red en servicio, en muchos casos se considerará suficiente la cobertura de dicha red y, por lo tanto, sería deseable mantener la cobertura constante al tiempo que se aumenta su capacidad para permitir la introducción de nuevos servicios. En esas situaciones, convendría reutilizar la infraestructura existente, esto es, estaciones transmisoras, transmisores, combinadores y sistemas de antena. El ejemplo facilitado a continuación permitiría este tipo de transición con cambios mínimos, cuyo único requisito sería esencialmente la modernización de los moduladores. El lado transmisión de la red, sin ninguna modificación, mantendrá una cobertura esencialmente constante¹⁵.

A efectos de comparación, se indican dos conjuntos de parámetros, uno para la red DVB-T y otro para la red DVB-T2. Es importante destacar que ambos conjuntos de parámetros tienen una C/N similar, lo que significa que si las antenas transmisoras y las potencias de la red DVB-T se mantienen para la DVB-T2, la cobertura de la red seguirá siendo esencialmente la misma. En ambos conjuntos de parámetros se observa además la misma duración del intervalo de guarda pese a que la fracción del intervalo de guarda se reduce sustancialmente en el caso de la DVB-T2. Una vez más, si las antenas transmisoras y las potencias radiadas siguen siendo constantes en ambas redes, las temporizaciones de la red DVB-T en la SFN se trasladarán directamente a la red DVB-T2 con pocos cambios de cobertura.

CUADRO A4.2.1

Recepción con antena en el tejado para una MFN y un caso de transición

	DVB-T	DVB-T2
Ancho de banda:	8 MHz	8 MHz
Tamaño de la FFT:	2k	32k
Modo portadora:	N/D	ampliada
Diagrama piloto disperso:	N/D	PP7
Intervalo de guarda:	1/32 (7 μ s)	1/128 (28 μ s)
Modulación:	MAQ-64	MAQ-256
Velocidad de codificación:	2/3	2/3
C/N (Rice):	20,1 dB	19,7 dB
Velocidad de datos resultante:	24,1 Mbit/s	40,2 Mbit/s

¹⁵ No se han considerado cambios en la red de distribución ni otros detalles similares.

A4.2.1.2 Modalidad 2: Recepción con antena en el tejado para una SFN, cobertura máxima

La finalidad de esta modalidad es optimizar la cobertura en una SFN durante la recepción con antena en el tejado. En este caso, es necesario utilizar un modo DVB-T2 relativamente robusto. Se podrán aplicar varias longitudes del intervalo de guarda según la estructura de la red que se va a utilizar, la distancia del transmisor, las potencias radiadas y el terreno. Debido a la robustez relativamente alta del modo, es posible reducir el intervalo de guarda a 1/16 (224 μ s) para SFN muy amplias, un cambio que aumentará la capacidad.

CUADRO A4.2.2

Recepción con antena en el tejado en la DVB-T2 para una SFN, cobertura máxima

Ancho de banda:	8 MHz
Tamaño de la FFT:	32k
Modo portadora:	ampliada
Diagrama piloto disperso:	PP2
Intervalo de guarda:	1/8 (448 μ s)
Modulación:	MAQ-16
Velocidad de codificación:	2/3
C/N (Rice):	11,6 dB
Velocidad de datos resultante:	16,7 Mbit/s

A4.2.1.3 Modalidad 3: Recepción con antena en el tejado para una SFN, cobertura moderada

Generalmente, se pueden identificar dos opciones diferentes de conjuntos de parámetros DVB-T2:

- Cuando la red DVB-T2 va a reemplazar una SFN DVB-T existente que da servicio a una zona de tamaño moderado, esto es, hasta un diámetro de 100 km. Es también, al parecer, el tamaño habitual de una zona de adjudicación en el Plan GE06.
- Cuando hay que crear una SFN DVB-T2 de gran zona de cobertura de tamaño «ilimitado». En este caso, habría sido difícil utilizar un sistema DVB-T debido a la autointerferencia de la SFN.

Debido a los resultados limitados de las pruebas en el terreno de la DVB-T2, tal vez sea muy apresurado elegir una opción clara de velocidad de codificación en el caso de la SFN. Hay dos opciones principales posibles: velocidades de codificación 3/5 y 2/3. Las modalidades aquí presentadas se basan en la utilización de la velocidad de codificación 2/3, que permite mayor capacidad.

En estas modalidades se propone utilizar el tamaño de la FFT de 32k. Conviene indicar que dicho tamaño está destinado principalmente a la recepción fija con antena en el tejado debido a su sensibilidad al efecto Doppler. Queda por confirmar que los modos 32k también son adecuados para la recepción portátil en interiores. Esto significa que en los casos en que es necesario prever la recepción con antena en el tejado y en interiores, los modos 16k podrán ser más apropiados. De esta forma, se utilizaría una fracción GI más alta y, por lo tanto, una capacidad reducida, para conseguir la duración del intervalo de guarda necesaria.

A4.2.1.4 Modalidad 3a: Recepción con antena en el tejado para una SFN de zona de cobertura limitada

En esta modalidad se seleccionará el mismo intervalo de guarda que para el modo DVB-T existente más largo (224 μ s), que utiliza una FFT de 8k. Sin embargo, en este caso, la DVB-T2 permitirá la utilización de una fracción GI más baja (1/16) para optimizar la capacidad, debido a la disponibilidad de una FFT de 32k. La utilización de la «nueva» fracción GI de 19/256 (266 μ s) también podría ser, en algunos casos, una opción para mejorar la situación en la que hay autointerferencia de la SFN cuando se utiliza un intervalo de guarda de 1/16.

Cabe señalar que para la recepción con antena en el tejado, los efectos de la autointerferencia de la SFN no tienen que ser tan importantes como en la recepción móvil o portátil donde se utilizan antenas receptoras omnidireccionales. Posiblemente esto admita una reducción adicional de la fracción GI a, por ejemplo, 1/32 (112 μ s) en algunos casos.

Para las SFN de gran zona de cobertura, es posible también, en principio, utilizar la fracción GI de 19/128 (532 μ s), pero los resultados preliminares muestran que una GI de 448 μ s es suficiente para evitar la autointerferencia en una SFN de gran zona de cobertura «infinita».

CUADRO A4.2.3

**Recepción con antena en el tejado en la DVB-T2 para una SFN
de zona de cobertura limitada**

Ancho de banda:	8 MHz
Tamaño de la FFT:	32k
Modo portadora:	ampliada
Diagrama piloto disperso:	PP4
Intervalo de guarda:	1/16 (224 μ s)
Modulación:	MAQ-256
Velocidad de codificación:	2/3
C/N (Rice):	20,5 dB
Velocidad de datos resultante:	37,0 Mbit/s

A4.2.1.5 Modalidad 3b: Recepción con antena en el tejado para una SFN de gran zona de cobertura

Este conjunto de parámetros se utilizará en los casos en que es posible crear una SFN de gran zona de cobertura para la «cobertura nacional». La fracción GI debe ser mayor en comparación con el caso anterior para evitar la autointerferencia de la SFN.

CUADRO A4.2.4

**Recepción con antena en el tejado en la DVB-T2 para una SFN
de gran zona de cobertura**

Ancho de banda:	8 MHz
Tamaño de la FFT:	32k
Modo portadora:	ampliada
Diagrama piloto disperso:	PP2
Intervalo de guarda:	1/8 (448 μ s)
Modulación:	MAQ-256
Velocidad de codificación:	2/3
C/N (Rice):	21,2 dB
Velocidad de datos resultante:	33,4 Mbit/s

A4.2.1.6 Modalidad 4: Recepción portátil (velocidad de datos máxima)

La modalidad 4 describe un conjunto de parámetros para la recepción portátil. Los parámetros se adaptan a las actuales implantaciones de DTT basadas en la DVB-T de Alemania. Están diseñados para la recepción portátil y se basan en una opción SFN. Se ha elegido el modo 16k con una longitud de intervalo de guarda de 224 μ s., que tiene en cuenta las SFN con diámetro de hasta unos 150 km.

CUADRO A4.2.5

Recepción portátil en la DVB-T2 (velocidad de datos máxima) – Modo FFT de 16k

	DVB-T	DVB-T2
Ancho de banda:	8 MHz	8 MHz
Modo FFT:	8k	16k
Modo portadora:	N/D	ampliada
Diagrama piloto disperso:	N/D	PP3
Intervalo de guarda:	1/4 (224 μ s)	1/8 (224 μ s)
Modulación:	MAQ-16	MAQ-64
Velocidad de codificación:	2/3	2/3
C/N (Rayleigh):	17,2 dB	17,8 dB
Velocidad de datos resultante:	13,3 Mbit/s	26,2 Mbit/s

Dado que la implementación DVB-T correspondiente (8k, MAQ-16-2/3, GI 1/4) admite una velocidad de datos de 13,3 Mbit/s, esta modalidad de DVB-T2 proporciona aproximadamente una velocidad de datos doble.

Si resultara que incluso el modo 32k fuera adecuado para la recepción portátil, se podría utilizar el siguiente conjunto de parámetros:

CUADRO A4.2.6

Recepción portátil en la DVB-T2 (velocidad de datos máxima) – Modo FFT de 32k

Ancho de banda:	8 MHz
Modo FFT:	32k
Modo portadora:	ampliada
Diagrama piloto disperso:	PP4
Intervalo de guarda:	1/16 (224 μ s)
Modulación:	MAQ-64
Velocidad de codificación:	2/3
C/N (Rayleigh):	17,8 dB
Velocidad de datos resultante:	27,7 Mbit/s

Sin embargo, la viabilidad del modo 32k para la recepción portátil debe ser constatada aún en pruebas en el terreno, en tanto que ya resulta evidente, a partir de ese tipo de pruebas, que no es el modo más conveniente para la recepción móvil.

A4.2.1.7 Modalidad 5: Recepción portátil (extensión máxima de la zona de cobertura)

En cambio, la DVB-T2 se puede utilizar para ampliar una cobertura existente (DVB-T) manteniendo al mismo tiempo la velocidad de datos (DVB-T). Esto se consigue aplicando una variante del sistema DVB-T2 más robusta. Un ejemplo de modalidad puede ser el siguiente:

CUADRO A4.2.7

Recepción portátil en la DVB-T2 (cobertura máxima)

Ancho de banda:	8 MHz
Modo FFT:	16k
Modo portadora:	ampliada
Diagrama piloto disperso:	PP3
Intervalo de guarda:	1/8 (224 μ s)
Modulación:	MAQ-16
Velocidad de codificación:	1/2
C/N (Rayleigh):	9,6 dB
Velocidad de datos resultante:	13,1 Mbit/s

En comparación con la implementación DVB-T correspondiente, se logra una ganancia de unos 7-8 dB, que puede bastar para ofrecer recepción portátil a grandes partes de una zona que anteriormente sólo tenía recepción fija, u ofrecer recepción portátil en interiores cuando anteriormente sólo era posible la recepción portátil en exteriores.

A4.2.1.8 Modalidad 6: Recepción portátil (utilización óptima del espectro)

Esta modalidad tiene como finalidad una utilización óptima del espectro en el sentido de que las zonas de servicio de la DTTB con el mismo contenido MUX están cubiertas por una SFN (posiblemente de gran zona de cobertura). Para ello, hay que elegir un intervalo de guarda muy largo. Esta opción es la más adecuada para zonas de servicio nacionales; sin embargo, hay que tener en cuenta que el Plan GE06 en vigor [4.10] no prevé esas grandes zonas de adjudicación. Por consiguiente, la aplicación de esta modalidad necesita una coordinación adicional.

CUADRO A4.2.8

Recepción portátil en la DVB-T2 (utilización óptima del espectro)

Ancho de banda:	8 MHz
Modo FFT:	16k
Modo portadora:	ampliada
Diagrama piloto disperso:	PP1
Intervalo de guarda:	1/4 (448 μ s)
Modulación:	MAQ-64
Velocidad de codificación:	2/3
C/N (Rayleigh):	18,2 dB
Velocidad de datos resultante:	22,6 Mbit/s

En comparación con la modalidad 4, la mayor eficacia prevista en la utilización del espectro se logra gracias a una velocidad de datos más baja, aproximadamente de unos 22,6 Mbit/s.

A4.2.1.9 Modalidad 7: Recepción móvil (ancho de banda de 1,7 MHz en la banda III)

La DVB-T2 prevé igualmente un modo de funcionamiento con ancho de banda de 1,7 MHz. De esta forma, se tiene en cuenta una implementación conforme a la estructura del bloque de frecuencias DAB indicada en el Plan GE06. Se pueden por tanto admitir también servicios de televisión sonora y móvil (con baja velocidad binaria).

En la modalidad presentada se elige un modo 4k que tiene en cuenta una velocidad de datos relativamente alta. Sin embargo, como ya ha ocurrido en una modalidad indicada anteriormente, la viabilidad de un modo FFT con una separación de portadoras tan pequeña debe ser constatada aún en las pruebas en el terreno.

CUADRO A4.2.9

Recepción móvil en la DVB-T2 – PP2

Ancho de banda:	1,7 MHz
Modo FFT:	4k
Modo portadora:	normal
Diagrama piloto disperso:	PP2
Intervalo de guarda:	1/8 (278 μ s)
Modulación:	MAQ-16
Velocidad de codificación:	1/2
C/N (Rayleigh):	10,0 dB
Velocidad de datos resultante:	2,5 Mbit/s

En esta modalidad se elige una longitud de intervalo de guarda similar a la de la T-DAB. No obstante, se puede prever una peor calidad de funcionamiento de la SFN para la DVB-T2, dado que las características de degradación de la DVB-T2 son más críticas que las correspondientes a la T-DAB. Por lo tanto, podría ser necesario elegir un intervalo de guarda más largo para la modalidad DVB-T2 con el fin de tener en cuenta zonas SFN de gran cobertura. Una posible modalidad podría ser la siguiente:

CUADRO A4.2.10

Recepción móvil en la DVB-T2 – PP1

Ancho de banda:	1,7 MHz
Modo FFT:	4k
Modo portadora:	normal
Diagrama piloto disperso:	PP1
Intervalo de guarda:	1/4 (555 μ s)
Modulación:	MAQ-16
Velocidad de codificación:	1/2
C/N (Rayleigh):	10,0 dB
Velocidad de datos resultante:	2,2 Mbit/s

En definitiva, se deben efectuar simulaciones y pruebas en el terreno con miras a evaluar el intervalo de guarda adecuado para esta modalidad.

A4.2.1.10 Modalidad 8: Recepción portátil y móvil (utilización de MUX común por diferentes servicios) – Múltiples PLP

Esta modalidad describe la utilización común de un multiplex DVB-T2 por diferentes servicios (alta/baja velocidad de datos, mayor/menor robustez, etc.). Un ejemplo corriente podría ser, por una parte, la televisión sonora/móvil y, por la otra, la TVDN/TVAD. Esta posibilidad es aplicable a la DVB-T2 debido a su gran flexibilidad con respecto a la elección por separado de la modulación, la velocidad de codificación o el entrelazado de tiempo para cada servicio. Hay que tener en cuenta ciertas restricciones con respecto a la elección del modo FFT y el diagrama piloto disperso. Una y otro son comunes a todos los servicios y, por ello, se deben elegir adecuadamente.

CUADRO A4.2.11

Recepción portátil y móvil en la DVB-T2 – Múltiples PLP

Ancho de banda:	8 MHz
Modo FFT:	8k
Modo portadora:	Ampliada
Diagrama piloto disperso:	PP1
Intervalo de guarda:	1/4 (224 μ s)
Servicio con alta velocidad de datos (televisión)	
Modulación:	MAQ-64
Velocidad de codificación:	2/3
C/N (Rayleigh):	18,2 dB
Velocidad de datos máxima:	22,4 Mbit/s (100% servicios con alta velocidad de datos, 0% servicios con baja velocidad de datos)
Servicio con baja velocidad de datos (televisión sonora/móvil)	
Modulación:	MAQ-16
Velocidad de codificación:	1/2
C/N (Rayleigh):	10,0 dB
Velocidad de datos máxima:	11,2 Mbit/s (0% servicios con alta velocidad de datos, 100% servicios con baja velocidad de datos)

El MUX se podría subdividir de la siguiente manera:

- 1,5 Mbit/s para servicios con baja velocidad de datos (13% de la capacidad de MUX)
- 19,4 Mbit/s para servicios con alta velocidad de datos (87% de la capacidad de MUX).

El perfil DVB-T2-Lite representa una realización particular del concepto de utilización de MUX común por diferentes servicios. Esto se describe con más detalle en el Anexo 5 al Informe UIT-R BT.2254, «*Frequency and network planning aspects of DVB-T2*» (Aspectos relativos a la planificación de frecuencias y redes de DVB-T2) [4.43].

A4.2.2 Modalidades de implantación de la ISDB-T

La ISDB-T adopta la tecnología de transmisión MDFO (multiplexación por división de frecuencia ortogonal), que ofrece robustez contra las interferencias por trayectos múltiples. En la Recomendación UIT-R BT.1368 [4.30] se describen criterios de planificación, incluidos la relación C/N y la relación de protección necesarias para cada parámetro. En el Informe UIT-R BT.2294 [4.44] se facilitan directrices para la construcción de la SFN (red monofrecuencia).

Una de las características de la ISDB-T es el sistema de transmisión MDFO segmentado, que permite la recepción fija y la recepción móvil en el mismo canal. En el Cuadro A4.2.12 se observa un ejemplo de parámetro de transmisión que ofrece servicios fijos y portátiles en un solo canal.

Ejemplo de parámetro ISDB-T para servicio portátil y fijo en el mismo canal de 6 MHz.

CUADRO A4.2.12

Recepción portátil y fija en la ISDB-T

	Capa A	Capa B
Tipo de recepción:	Recepción móvil	Recepción fija
Número de segmento:	1	12
Modo FFT:	8k	
Intervalo de guarda:	1/8	
Modulación:	MDP-4	MAQ-64
Velocidad de codificación:	2/3	3/4
Velocidad de datos:	416 kbit/s	16,85 Mbit/s
Contenidos:	TVBD + datos	TVAD + datos

A4.2.3 Modalidades de implantación de la DTMB

La DTMB ofrece una amplia gama de parámetros que dependen de la constelación FEC, el intervalo de guarda, el entrelazado de tiempo, los pilotos y la rotación de fases PN. En total, hay 330 modos en la DTMB y es imposible tener en cuenta todas sus posibles combinaciones. En esta sección se considera un cierto número de aplicaciones comunes de la DTMB y se destacan algunos posibles conjuntos de parámetros que pueden ser adecuados para cada una de las modalidades.

En primer lugar, se describe un cierto número de modalidades adecuadas para la recepción fija con antena en el tejado, que comprenden dos opciones: NMF y SFN. Estas modalidades varían según las necesidades de cobertura y robustez.

En segundo lugar, se describen tres modalidades particularmente adecuadas para la recepción móvil. Estos tres modos se pueden utilizar en una SFN o una MFN. Estas modalidades varían según las necesidades de cobertura y robustez.

Los parámetros se basan en la información proporcionada en la especificación GB20600-2006 [4.50] y las directrices de implementación GB/T26666-2011 [4.51] sobre DTMB. Los valores C/N y las velocidades de datos respectivas se obtienen con arreglo a la metodología descrita en la Recomendación UIT-R BT.1368 [4.30].

A4.2.3.1 Modalidad 1: Recepción con antena en el tejado para una MFN con velocidad binaria superior

Esta modalidad tiene como finalidad dar cobertura a un pequeño pueblo o ciudad para la recepción con antena en el tejado. En este caso, el modo DTMB de gran robustez no tiene que ser tan esencial, pero la velocidad binaria es muy importante. Se puede utilizar el intervalo de guarda más corto (1/9, 56 μ s), la velocidad de codificación 0,8 FEC más eficaz y la constelación MAQ-64. Con esta combinación puede obtenerse la velocidad binaria superior.

CUADRO A4.2.13

**Recepción con antena en el tejado en la DTMB para una MFN
(velocidad binaria superior)**

Ancho de banda:	8 MHz
Subportadoras:	3780
Identificación PN:	ACTIVA
Pilotos:	INACTIVOS
Entrelazado de tiempo:	720
Intervalo de guarda:	1/9 (56 μ s)
Modulación:	MAQ-64
Velocidad de codificación:	0,8
C/N (Rice):	19,8 dB
Velocidad de datos resultante:	32,486 Mbit/s

A4.2.3.2 Modalidad 2: Recepción con antena en el tejado para una SFN, cobertura máxima

Esta modalidad está destinada a optimizar la cobertura en una SFN al mismo tiempo que da soporte a una recepción con antena en el tejado de gran robustez. En este caso, hay que utilizar un modo DTMB relativamente robusto. Se podrán considerar varias longitudes de intervalo de guarda posibles según la estructura de la red que se va a utilizar, la distancia del transmisor, las potencias radiadas y los factores del terreno. Para tratar largos ecos en la cobertura máxima, se utilizará el intervalo de guarda 1/4 (125 μ s) más largo. En esta modalidad se opta por una modulación MAQ-64 para mantener una alta velocidad de datos de carga útil.

CUADRO A4.2.14

**Recepción con antena en el tejado en la DTMB para una SFN
(cobertura máxima – MAQ-64)**

Ancho de banda:	8 MHz
Subportadoras:	3780
Identificación PN:	ACTIVA
Pilotos:	INACTIVOS
Entrelazado de tiempo:	720
Intervalo de guarda:	1/4 (125 μ s)
Modulación:	MAQ-64
Velocidad de codificación:	0,6
C/N (Rice):	16,6 dB
Velocidad de datos resultante:	21,658 Mbit/s

A4.2.3.3 Modalidad 2: Recepción con antena en el tejado para una SFN, cobertura máxima, gran robustez

Esta modalidad está destinada a optimizar la cobertura en una SFN al mismo tiempo que da soporte a una recepción con antena en el tejado de gran robustez. En este caso, hay que utilizar un modo DTMB relativamente robusto. Se podrán considerar varias longitudes de intervalo de guarda posibles según la estructura de la red que se va a utilizar, la distancia del transmisor, las potencias radiadas y los factores del terreno. Para tratar largos ecos en la cobertura máxima, se utilizará el intervalo de guarda 1/4 (125 μ s) más largo. En esta modalidad se opta por una modulación MAQ-16 para lograr una recepción de muy gran robustez.

CUADRO A4.2.15

**Recepción con antena en el tejado en la DTMB para una SFN
(cobertura máxima – MAQ-16)**

Ancho de banda:	8 MHz
Subportadoras:	3780
Identificación PN:	ACTIVA
Pilotos:	INACTIVOS
Entrelazado de tiempo:	720
Intervalo de guarda:	1/4 (125 μ s)
Modulación:	MAQ-16
Velocidad de codificación:	0,8
C/N (Rice):	14,3 dB
Velocidad de datos resultante:	19,251 Mbit/s

A4.2.3.4 Modalidad 3: Recepción con antena en el tejado para una MFN, cobertura moderada

Debido a los resultados de las pruebas en el terreno de la DTMB, para la recepción con antena en el tejado y cobertura moderada, se pueden elegir dos parámetros de funcionamiento. Los parámetros para estos dos modos son muy diferentes, desde el número de subportadoras hasta la velocidad de codificación, la constelación y el intervalo de guarda. Ambos modos tienen una velocidad binaria de carga útil similar.

A4.2.3.5 Modalidad 3a: Recepción con antena en el tejado para una MFN de zona de cobertura limitada, alta velocidad de datos

En esta modalidad se elegirá un intervalo de guarda de 1/9 (55,6 μ s) y se utilizarán 3 780 subportadoras, una velocidad de codificación 0,6 y la constelación MAQ-64.

Debido a la utilización de multiportadoras, está previsto que este modo se aplique en grandes ciudades o donde los efectos por trayectos múltiples sobre el canal cambian rápidamente dependiendo del tiempo.

CUADRO A4.2.16

**Recepción con antena en el tejado en la DTMB para una MFN
(MAQ-64)**

Ancho de banda:	8 MHz
Subportadoras:	3780
Identificación PN:	ACTIVA
Pilotos:	INACTIVOS
Entrelazado de tiempo:	720
Intervalo de guarda:	1/9 (55,6 μ s)
Modulación:	MAQ-64
Velocidad de codificación:	0,6
C/N (Rice):	16,6 dB
Velocidad de datos resultante:	24,365 Mbit/s

A4.2.3.6 Modalidad 3b: Recepción con antena en el tejado para una MFN de zona de cobertura limitada, alta velocidad de datos

En esta modalidad se elegirá un intervalo de guarda de 1/6 (78,7 μ s) y se utilizarán la modulación de portadora única, una velocidad de codificación 0,8 y la constelación MAQ-32.

Debido a la utilización de portadora única, está previsto que este modo se aplique en zonas abiertas o donde los efectos por trayectos múltiples sobre el canal cambian lentamente dependiendo del tiempo.

CUADRO A4.2.17

**Recepción con antena en el tejado en la DTMB para una MFN
(MAQ-32)**

Ancho de banda:	8 MHz
Subportadoras:	1
Identificación PN:	INACTIVA
Pilotos:	INACTIVOS
Entrelazado de tiempo:	720
Intervalo de guarda:	1/6(78,7 μ s)
Modulación:	MAQ-32
Velocidad de codificación:	0,8
C/N (Rice):	16,6 dB
Velocidad de datos resultante:	25,989 Mbit/s

A4.2.3.7 Modalidad 4: Recepción con antena en el tejado para una MFN/SFN, velocidad de datos moderada, gran robustez

Debido a los resultados de las pruebas en el terreno de la DTMB, para la recepción con antena en el tejado de cobertura moderada y gran robustez, se pueden elegir dos parámetros de funcionamiento. Los parámetros para estos dos modos son muy diferentes, desde las subportadoras hasta la velocidad de codificación, la constelación y el intervalo de guarda. Ambos modos tienen una velocidad binaria de carga útil similar

A4.2.3.8 Recepción con antena en el tejado para una MFN/SFN de zona de cobertura limitada

En esta modalidad se elegirá un intervalo de guarda de 1/9 (55,6 μ s) y se utilizarán 3 780 subportadoras, una velocidad de codificación 0,8 y la constelación MAQ-16.

Debido a la utilización de multiportadoras, está previsto que este modo se aplique en grandes ciudades o donde los efectos por trayectos múltiples sobre el canal cambian rápidamente dependiendo del tiempo.

CUADRO A4.2.18

**Recepción con antena en el tejado en la DTMB para una MFN/SFN
(GI 55,6 μ s)**

Ancho de banda:	8 MHz
Subportadoras:	3780
Identificación PN:	ACTIVA
Pilotos:	INACTIVOS
Entrelazado de tiempo:	720
Intervalo de guarda:	1/9 (55,6 μ s)
Modulación:	MAQ-16
Velocidad de codificación:	0,8
C/N (Rice):	14,0 dB
Velocidad de datos resultante:	21,658 Mbit/s

A4.2.3.9 Modalidad 4b: Recepción con antena en el tejado para una MFN/SFN de zona de cobertura limitada

En esta modalidad se elegirá un intervalo de guarda de $1/6$ ($78,7 \mu\text{s}$) y se utilizarán la modulación de portadora única, una velocidad de codificación 0,8 y la constelación MAQ-16.

Debido a la utilización de portadora única, está previsto que este modo se aplique en zonas abiertas o donde los efectos por trayectos múltiples sobre el canal cambian lentamente dependiendo del tiempo.

CUADRO A4.2.19

Recepción con antena en el tejado en la DTMB para una MFN/SFN (GI $78,7 \mu\text{s}$)

Ancho de banda:	8 MHz
Subportadoras:	1
Identificación PN:	INACTIVA
Pilotos:	INACTIVOS
Entrelazado de tiempo:	720
Intervalo de guarda:	$1/6(78,7 \mu\text{s})$
Modulación:	MAQ-16
Velocidad de codificación:	0,8
C/N (Rice):	13,3 dB
Velocidad de datos resultante:	20,791 Mbit/s

A4.2.3.10 Modalidad 5: Recepción móvil (zona de cobertura máxima)

La DTMB puede dar soporte a la recepción móvil. Para admitir esta función en zonas de gran cobertura, con intervalo de guarda largo y constelación de orden inferior, se necesitará una velocidad de codificación robusta. Pueden utilizarse los siguientes parámetros.

CUADRO A4.2.20

Recepción móvil en la DTMB (cobertura máxima)

Ancho de banda:	8 MHz
Subportadoras:	3780
Identificación PN:	ACTIVA
Pilotos:	INACTIVOS
Entrelazado de tiempo:	720
Intervalo de guarda:	$1/4$ ($125 \mu\text{s}$)
Modulación:	MAQ-16
Velocidad de codificación:	0,6
C/N (Rice):	11,2 dB
Velocidad de datos resultante:	14,438 Mbit/s

A4.2.3.11 Modalidad 6: Recepción móvil (zona de cobertura máxima, gran robustez)

Para asegurar una recepción móvil de cobertura máxima y gran robustez, se considerará una velocidad de codificación muy robusta. El intervalo de guarda seleccionado en esta modalidad será de $1/4$ ($125 \mu\text{s}$) y se utilizarán 3 780 subportadoras, una velocidad de codificación 0,4 y la constelación MAQ-16.

Debido a la utilización de multiportadoras, está previsto que este modo se aplique en grandes ciudades o donde los efectos por trayectos múltiples sobre el canal cambian rápidamente dependiendo del tiempo.

CUADRO A4.2.21

Recepción móvil en la DTMB (cobertura máxima, gran robustez)

Ancho de banda:	8 MHz
Subportadoras:	3780
Identificación PN:	ACTIVA
Pilotos:	INACTIVOS
Entrelazado de tiempo:	720
Intervalo de guarda:	1/4 (125 μ s)
Modulación:	MAQ-16
Velocidad de codificación:	0,4
C/N (Rice):	8,7 dB
Velocidad de datos resultante:	9,626 Mbit/s

A4.2.3.12 Modalidad 7: Recepción móvil (zona de cobertura moderada, gran robustez)

En esta modalidad se elegirá un intervalo de guarda de 1/6 (78,7 μ s) y se utilizarán la modulación de portadora única, una velocidad de codificación 0,8 y la constelación MAQ-4. A raíz de la utilización de la constelación MAQ-4, este modo puede también admitir la recepción móvil.

CUADRO A4.2.22

Recepción móvil en la DTMB (cobertura moderada, gran robustez)

Ancho de banda:	8 MHz
Subportadoras:	1
Identificación PN:	INACTIVA
Pilotos:	INACTIVOS
Entrelazado de tiempo:	720
Intervalo de guarda:	1/6(78,7 μ s)
Modulación:	MAQ-4
Velocidad de codificación:	0,8
C/N (Rice):	6,5 dB
Velocidad de datos resultante:	10,396 Mbit/s

A4.2.4 Modalidades de implantación en el sistema ATSC

El sistema ATSC utiliza la tecnología de transmisión BLR-8 (señal de banda lateral residual de portadora suprimida con modulación de amplitud y alta velocidad de datos de una portadora única de 8 niveles). El modo de radiodifusión terrenal admite una señal de televisión digital (TVD) en un canal único de 6 MHz. En el Cuadro A4.2.23 se indican los parámetros elegidos para el modo de transmisión terrenal BLR-8.

CUADRO A4.2.23

Parámetros para el modo de transmisión terrenal BLR-8

Parámetro	Modo terrenal
Ancho de banda de canal	6 MHz
Ancho de banda del intervalo de guarda	11,5 por ciento
Velocidad de símbolos	10,76... Msímbolos/s
Bits por símbolo	3
FEC reticular	velocidad 2/3
FEC Reed-Solomon	T = 10 (207,187)
Longitud de segmento	832 símbolos
Sincronización de segmentos	4 símbolos por segmento
Sincronización de tramas	1 por 313 segmentos
Rechazo analógico en el mismo canal	Filtro de rechazo analógico en receptor
Contribución de potencia piloto	0,3 dB
Umbral C/N	~ 14,9 dB
Velocidad de datos de carga útil	19,39 Mbit/s

En la Recomendación UIT-R BT.1368 [4.30] se describen los criterios de planificación, incluidas la relación C/N y la relación de protección para el sistema ATSC, y en la Recomendación UIT-R BT.2036 [4.35], las características del sistema de recepción ATSC.

En las estaciones de televisión digital, el servicio se evalúa utilizando contornos limitados por el ruido determinados por los factores de planificación de la TVD en combinación con curvas de intensidad de campo obtenidas para el 50% de emplazamientos y el 90% del tiempo. En el Cuadro A4.2.24 se enumeran los factores de planificación utilizados para la recepción en sistemas ATSC.

CUADRO A4.2.24

Factores de planificación para la recepción con el sistema ATSC

Parámetros	Símbolo	Parte inferior de la banda de ondas métricas	Parte superior de la banda de ondas métricas	Ondas decimétricas
Frecuencia (MHz)	F	47-68	174-216	470-806
Factor del dipolo (dBm a dBμV/m)	K _d	-111,8	-120,8	-130,8
Ajuste del factor del dipolo	K _a	0,0	0,0	Véase la Nota
Ruido térmico (dBm)	N _t	-106,2	-106,2	-106,2
Ganancia de la antena (dBd)	G	4	6	10
Pérdidas en el cable de descarga (dB)	L	1	2	4
Factor de ruido del receptor (dB)	N _s	10	10	7
Relación señal/ruido requerida (dB)	S/N	15,19	15,19	15,19

NOTA – El ajuste, $K_a = 20 \log (615/(\text{frecuencia media de canal}))$, se añade a K_d para tener en cuenta las mayores intensidades de campo requeridas a frecuencias de ondas decimétricas elevadas y las menores intensidades de campo requeridas a frecuencias de ondas decimétricas más bajas.

La mínima intensidad de campo definida para una cobertura ATSC puede obtenerse de los valores indicados en el Cuadro A4.2.24 y mediante la siguiente ecuación:

$$\text{Intensidad de campo (dB}\mu\text{V/m)} = S/N + N_t + N_s + L - G - K_d - K_a \quad (1)$$

Las intensidades de campo definidas para el servicio TVD se indican en el Cuadro A4.2.25. Se utilizan en primer lugar para determinar la zona sujeta a cálculo utilizando las curvas de intensidad de campo y, posteriormente, para determinar si el servicio está presente en puntos particulares de esa zona utilizando la predicción dependiente del terreno Longley-Rice. La zona sujeta a cálculo se extiende desde el emplazamiento del transmisor hasta la distancia en la cual la intensidad de campo prevista recae en el valor identificado en el Cuadro A4.2.25.

CUADRO A4.2.25

Intensidades de campo definidas para la zona de servicio limitada por el ruido sujeta a cálculo en estaciones TVD

Canales	Frecuencias (MHz)	Intensidad de campo definida (dB μ V/m), (previstas para el 50% de emplazamientos y el 90% del tiempo)
2 – 6	47-68	28
7 – 13	174-216	36
14 – 69	470-806	41-20 log{615/(frecuencia media de canal en MHz)}

Bibliografía del Capítulo 4

- [4.1] **ETSI TR 101 200** – *Digital Video Broadcasting (DVB); A guideline for the use of DVB specifications and standards*
- [4.2] **Recomendación UIT-R BT.1306**, *Métodos de corrección de errores, de configuración de trama de datos, de modulación y de emisión para la radiodifusión de televisión digital terrenal*
- [4.3] **Recomendación UIT-R BT.1877**, *Métodos de corrección de errores, de configuración de trama de datos, de modulación y de emisión para la segunda generación de sistemas de radiodifusión de televisión digital terrenal*
- [4.4] **Recomendación UIT-R BT.2016**, *Métodos de corrección de errores, configuración de la trama de datos, modulación y emisión para la radiodifusión terrenal de multimedia a efectos de la recepción móvil mediante receptores manuales en las bandas de ondas métricas/decimétricas*
- [4.5] **Actas Finales de la CMR-15, Conferencia Mundial de Radiocomunicaciones**
- [4.6] **Actas Finales de la CMR-07, Conferencia Mundial de Radiocomunicaciones**
- [4.7] **Actas Finales de la CMR-12, Conferencia Mundial de Radiocomunicaciones**
- [4.8] **Reglamento de Radiocomunicaciones de la UIT**, Edición 2016
- [4.9] **Recomendación UIT-R BT.417**, *Mínima intensidad de campo que puede ser necesario proteger al establecer los planes de un servicio de televisión terrenal analógica*
- [4.10] **Ginebra 2006** – Actas Finales de la Conferencia Regional de Radiocomunicaciones para la planificación del servicio de radiodifusión terrenal en partes de las Regiones 1 y 3, en las bandas de frecuencias 174-230 MHz y 470-862 MHz (CRR-06)
- [4.11] **Informe UIT-R BT.2295**, *Digital terrestrial broadcasting systems* (Sistemas de radiodifusión terrenal digital) (publicado únicamente en inglés)
- [4.12] **Estocolmo 1961** – *Actas Finales de la Conferencia Europea de Radiodifusión en las bandas de ondas métricas y decimétricas* (CRR ST61)

- [4.13] **Recomendación UIT-R P.310**, *Definición de términos relativos a la propagación en medios no ionizados*
- [4.14] **Informe UIT-R BT.2137**, *Coverage prediction methods and planning software for digital terrestrial television broadcasting (DTTB) networks* (Métodos de predicción de cobertura y soporte lógico de planificación para redes de radiodifusión de televisión terrenal digital (DTTB)) (publicado únicamente en inglés)
- [4.15] **Recomendación UIT-R P.1546**, *Métodos de predicción de punto a zona para servicios terrenales en la gama de frecuencias de 30 a 3 000 MHz*
- [4.16] **Recomendación UIT-R P.620**, *Datos de propagación necesarios para evaluar las distancias de coordinación en la banda de frecuencias de 100 MHz a 105 GHz*
- [4.17] **Recomendación UIT-R P.1812**, *Método de predicción de la propagación específico del trayecto para servicios terrenales punto a zona en las bandas de ondas métricas y decimétricas*
- [4.18] **Recomendación UIT-R P.1058**, *Bases de datos topográficos digitales para estudios de propagación*
- [4.19] **Recomendación UIT-R P.452**, *Procedimiento de predicción para evaluar la interferencia entre estaciones situadas en la superficie de la Tierra a frecuencias superiores a unos 0,1 GHz*
- [4.20] **Recomendación UIT-R P.526**, *Propagación por difracción*
- [4.21] **Recomendación UIT-R P.1406**, *Aspectos de la propagación relativos a los servicios móvil terrestre terrenal y de radiodifusión en las bandas de ondas métricas y decimétricas*
- [4.22] **Recomendación UIT-R P.833**, *Atenuación debida a la vegetación*
- [4.23] **Recomendación UIT-R P.1238**, *Datos de propagación y métodos de predicción para la planificación de sistemas de radiocomunicaciones en interiores y redes radioeléctricas de área local en la gama de frecuencias de 300 MHz a 100 GHz*
- [4.24] **Recomendación UIT-R P.370**, *Curvas de propagación en ondas métricas y decimétricas para la gama de frecuencias comprendidas entre 30 y 1 000 MHz – Servicios de radiodifusión* (Nota: Suprimida a partir del 22/10/01)
- [4.25] **Ginebra 1989** – *Actas Finales de la Conferencia Administrativa Regional para la planificación de la radiodifusión de televisión en ondas métricas y decimétricas en la Zona Africana de Radiodifusión y países vecinos* (CRR-GE89)
- [4.26] **OET Bulletin No. 69** – *Comisión Federal de Comunicaciones - Longley-Rice Methodology for Evaluating TV Coverage and Interference*
- [4.27] **Recomendación UIT-R BS.1195**, *Características de las antenas transmisoras en ondas métricas y decimétricas*
- [4.28] **Recomendación UIT-R BT.419**, *Directividad y discriminación por polarización de las antenas para recepción en la radiodifusión de televisión*
- [4.29] **Recomendación UIT-R BS.599**, *Directividad de las antenas de recepción en radiodifusión sonora en la banda 8 (ondas métricas)*
- [4.30] **Recomendación UIT-R BT.1368**, *Criterios para la planificación, incluidas las relaciones de protección, de los servicios de televisión digital terrenal en las bandas de ondas métricas/decimétricas*
- [4.31] **Recomendación UIT-R BT.2033**, *Criterios para la planificación, incluidas las relaciones de protección, para la segunda generación de los sistemas de radiodifusión de televisión digital terrenal en las bandas de ondas métricas/decimétricas*
- [4.32] **Recomendación UIT-R BS.1114**, *Sistemas de radiodifusión sonora digital terrenal para receptores en vehículos, portátiles y fijos en la gama de frecuencias 30-3 000 MHz*

- [4.33] **Recomendación UIT-R P.1057**, *Distribuciones de probabilidad para establecer modelos de propagación de las ondas radioeléctricas*
- [4.34] **Recomendación UIT-R P.1407**, *Propagación por trayectos múltiples y parametrización de sus características*
- [4.35] **Recomendación UIT-R BT.2036**, *Características de un sistema receptor de referencia para la planificación de frecuencias de sistemas de televisión digital terrenal*
- [4.36] **Recomendación UIT-R BT.2052**, *Criterios de planificación de la radiodifusión terrenal de multimedios para la recepción móvil utilizando receptores de bolsillo en las bandas de ondas métricas/decimétricas*
- [4.37] **Informe UIT-R BT.2382**, *Description of interference into a digital terrestrial television receiver* (Descripción de la interferencia en un receptor de televisión terrenal digital) (publicado únicamente en inglés)
- [4.38] **Informe UIT-R BT.2386**, *Digital Terrestrial Broadcasting: Design and implementation of single frequency networks (SFN)* (Radiodifusión terrenal digital: Diseño e implementación de redes monofrecuencia (SFN)) (publicado únicamente en inglés)
- [4.39] **Recomendación UIT-R SM.1875**, *Mediciones de la cobertura de la DVB-T y verificación de los criterios de planificación*
- [4.40] **UER Technical Review OFDM Receivers – Impact on Coverage of Inter-Symbol Interference and FFT window positioning**
- [4.41] **ETSI TS 101 191** – *Digital Video Broadcasting (DVB); DVB mega-frame for Single Frequency Network (SFN) synchronization*
- [4.42] **Informe UIT-R BT.2140**, *Transition from analogue to digital terrestrial broadcasting* (Transición de la radiodifusión terrenal analógica a la digital) (publicado únicamente en inglés)
- [4.43] **Informe UIT-R BT.2254**, *Frequency and network planning aspects of DVB-T2* (Aspectos relativos a la planificación de frecuencias y redes de DVB-T2) (publicado únicamente en inglés)
- [4.44] **Informe UIT-R BT.2294**, *Construction technique of DTTB relay station network for ISDB-T* (Técnica de construcción de una red de estaciones retransmisoras de DTTB para la ISDB-T) (publicado únicamente en inglés)
- [4.45] **Informe UIT-R BT.2343**, *Collection of field trials of UHDTV over DTT networks* (Conjuntos de pruebas sobre el terreno de la TVUAD en redes TDT) (publicado únicamente en inglés)
- [4.46] **Informe UIT-R BT.2385**, *Reducing the environmental impact of terrestrial broadcasting systems* (Reducción del impacto medioambiental de los sistemas de radiodifusión terrenal) (publicado únicamente en inglés)
- [4.47] **ETSI TS 102 831** – *Digital Video Broadcasting (DVB); Implementation guidelines for a second generation digital terrestrial television broadcasting system (DVB-T2)*
- [4.48] **ETSI EN 302 755** – *Digital Video Broadcasting (DVB); Frame structure channel coding and modulation for a second generation digital terrestrial television broadcasting system (DVB-T2)*
- [4.49] **ETSI EN 300 744** – *Digital Video Broadcasting (DVB); Framing structure, channel coding and modulation for digital terrestrial television*
- [4.50] **GB 20600-2006** – *Framing structure, channel coding and modulation for digital television terrestrial broadcasting system*
- [4.51] **GB/T 26666-2011** – *Implementation guidelines for transmission system of digital terrestrial television broadcasting*

CAPÍTULO 5

Compartición y protección

5.1 Introducción

Como ocurre con todo sistema de radiocomunicaciones, la DTTB está expuesta a la interferencia causada por otros sistemas electrónicos que, a raíz del diseño o por otros motivos, emiten señales radioeléctricas. La comprensión y la gestión de esas señales interferentes constituye un aspecto esencial de la labor de los operadores de redes de radiodifusión y de los reguladores del espectro. Naturalmente, también puede suceder lo contrario, es decir, la DTTB puede causar interferencia a otros sistemas de radiocomunicaciones.

En la sección 5.2 se describen las diferentes categorías de interferencias.

En la sección 5.3 se indican las fuentes de las características técnicas y los parámetros necesarios para analizar, en el caso de la DTTB, la compatibilidad entre sistemas o en el interior del sistema.

En la sección 5.4 se enumeran las fuentes de referencia de criterios, métodos, estudios e Informes de situación en el terreno relacionados con las cuestiones de compartición y compatibilidad entre la DTTB y las IMT. En esa sección se examina también la compatibilidad entre la DTTB y otros sistemas de comunicación inalámbricos que podrían ser introducidos a título secundario en la banda de ondas decimétricas en algunos países, por ejemplo, los WSD bidireccionales de banda ancha «clásica» y los posibles WSD unidireccionales futuros desde 470 MHz en adelante. Esta utilización es diferente de la PMSE de banda estrecha (véase la sección 5.6).

En la sección 5.5 se facilitan indicaciones sobre diversas cuestiones de compatibilidad relativas a la DTTB: incidencia en la DTTB de sistemas de radiodifusión por satélite OSG, turbinas eólicas, sistemas de comunicación por línea eléctrica (PLC) y sistemas de banda ultra ancha (UWB).

Por último, en la sección 5.6 se dan indicaciones sobre la compartición real entre la DTTB y los sistemas SAB/SAP en las bandas de radiodifusión.

5.2 Categorías de interferencia

En general, la interferencia a la DTTB puede ser causada por otros sistemas (compatibilidad entre sistemas) diseñados para emitir señales radioeléctricas (por ejemplo, redes móviles de banda ancha) o por sistemas no diseñados para emitir señales radioeléctricas pero que lo hacen de todas formas (por ejemplo, redes de transmisión por línea eléctrica). Hay un tercer caso: las perturbaciones causadas a las señales DTTB por objetos físicos situados en el trayecto de la señal entre el transmisor y el receptor (como los generadores de turbinas eólicas).

La interferencia puede ser el resultado de emisiones no deseadas fuera del ancho de banda necesario de la fuente de interferencia que tiene lugar en el dominio «fuera de banda¹⁶» o el dominio «no esencial¹⁷» que solapan el canal DTTB deseado, o puede ser también el resultado de perturbaciones, internas a los receptores DTTB, generadas por sobrecarga, modulación cruzada o intermodulación en las que intervienen señales fuertes de otros sistemas de radiocomunicaciones que funcionan en la misma banda de frecuencias o en bandas adyacentes.

En el caso de interferencia en la banda (causada por emisiones en la misma banda o canal de frecuencias que la señal DTTB deseada), su atenuación se logra generalmente utilizando elementos del diseño de la red, como la separación geográfica o la discriminación de antena.

¹⁶ En el 250% del ancho de banda necesario.

¹⁷ Por lo general, más allá del dominio fuera de banda.

Para interferencias fuera de banda y no esenciales (causadas por otras bandas o canales de frecuencias, normalmente bandas adyacentes), es habitual definir para el equipo, antes de su comercialización, niveles de emisión fuera de banda y no esenciales aceptables.

En cuanto a las emisiones no deseadas provenientes de equipos no diseñados en absoluto para emitir señales radioeléctricas, es habitual definir para el equipo, antes de su comercialización, niveles de emisión aceptables.

Asimismo, con miras a eliminar los diversos mecanismos de interferencia que puedan presentarse, se pueden también introducir mejoras en la selectividad de la instalación de recepción de la DTTB y utilizar elementos como la separación geográfica y la discriminación de antena.

Esencialmente, el mismo mecanismo de interferencia puede darse también entre sistemas DTTB (compatibilidad en el interior del sistema) dentro de una determinada red o entre redes diferentes (dentro de las fronteras nacionales o a través de ellas). La diferencia respecto a la interferencia con sistemas de otros servicios o aplicaciones de radiocomunicaciones radica en la gestión de la interferencia:

- Dentro de las fronteras nacionales,
 - para la compatibilidad entre las propias transmisiones de la DTTB, los operadores de redes de radiodifusión, que han obtenido licencias para las estaciones transmisoras de DTTB, suelen encargarse de asegurar la compatibilidad mediante el diseño adecuado de la red. Para una descripción detallada de la planificación de la red de radiodifusión, véase el Capítulo 4;
 - para la compatibilidad entre las transmisiones de la DTTB y las transmisiones de otros servicios o aplicaciones de radiocomunicaciones, incumbe al regulador nacional asegurar la compatibilidad o resolver los casos de interferencia, llegado el caso.
- A través de las fronteras nacionales, los encargados de asegurar la compatibilidad entre las propias transmisiones de la DTTB o entre las transmisiones de la DTTB y otros servicios de radiocomunicaciones suelen ser los reguladores y operadores de redes (de radiodifusión y de otros servicios) respectivos de los países vecinos. Están encargados de coordinar la utilización detallada de frecuencias y las características de transmisión para evitar interferencias transfronterizas. La Oficina del UIT-R presta asistencia en el proceso de coordinación y en la resolución de posibles casos de interferencia. En el Capítulo 7 puede hallarse una información más completa sobre los procedimientos de coordinación.

5.3 Fuentes de las características técnicas generales y los criterios de compartición

Para realizar estudios de compartición hay que definir las características de los sistemas de radiodifusión de televisión terrenal digital (DTTB). Puede hallarse información al respecto en las Recomendaciones y los Informes del UIT-R enumerados a continuación:

- Recomendación UIT-R BT.419 – Directividad y discriminación por polarización de las antenas para recepción en la radiodifusión de televisión.
- Recomendación UIT-R BT.500 – Metodología para la evaluación subjetiva de la calidad de las imágenes de televisión.
- Recomendación UIT-R BT.1195 – Características de las antenas transmisoras en ondas métricas y decimétricas.
- Recomendación UIT-R BT.1206 – Plantillas de los límites del espectro para la radiodifusión de televisión digital terrenal.
- Recomendación UIT-R BT.1306 – Métodos de corrección de errores, de configuración de trama de datos, de modulación y de emisión para la radiodifusión de televisión digital terrenal.
- Recomendación UIT-R BT.1877 – Métodos de corrección de errores, de configuración de trama de datos, de modulación y de emisión para la segunda generación de sistemas de radiodifusión de televisión digital terrenal.
- Informe UIT-R BT.2138 – *Radiation pattern characteristics of UHF television receiving antennas* (Características de los diagramas de radiación de las antenas de recepción de televisión en la banda de ondas decimétricas).

- Informe UIT-R BT.2383 – *Characteristics of DTTB systems in the frequency band 470-862 MHz for frequency sharing/interference analyses* (Características de los sistemas de DTTB en la banda de frecuencias 470-862 MHz para el análisis de compartición de frecuencias/interferencia).

Un parámetro importante para asegurar la protección de otros servicios es la relación de protección. En la siguiente Recomendación se presentan valores importantes de las relaciones de protección para sistemas DTTB de la primera generación:

- Recomendación UIT-R BT.1368 – Criterios para la planificación, incluidas las relaciones de protección, de los servicios de televisión digital terrenal en las bandas de ondas métricas/decimétricas

Con respecto a los sistemas DTTB de la segunda generación, los valores importantes de las relaciones de protección se presentan en la siguiente Recomendación:

- Recomendación UIT-R BT.2033 – Criterios para la planificación, incluidas las relaciones de protección, para la segunda generación de los sistemas de radiodifusión de televisión digital terrenal en las bandas de ondas métricas/decimétricas.

En cuanto a la radiodifusión de multimedios terrenal para la recepción móvil utilizando receptores de bolsillo, los valores importantes de las relaciones de protección se presentan en la siguiente Recomendación:

- Recomendación UIT-R BT.2052 – Criterios de planificación de la radiodifusión terrenal de multimedios para la recepción móvil utilizando receptores de bolsillo en las bandas de ondas métricas/decimétricas.

Hay que tener también en cuenta la no linealidad de los dispositivos de televisión dado que puede causar interferencia intermedia. Para este tipo de situación, en el siguiente Informe se describe un modelo de referencia pertinente:

- Informe UIT-R BT.2298 – *Reference model to be used for the assessment of interference into the television broadcasting service in order to take into account non-linearity in the television radiofrequency receiving system* (Modelo de referencia para evaluar la interferencia en el servicio de radiodifusión de televisión a fin de tener en cuenta la no linealidad en los sistemas receptores de radiofrecuencia de televisión).

En el siguiente Informe se describe el mecanismo de interferencia en un receptor DTTB:

- Informe UIT-R BT.2382 – *Description of interference into a DTT receiver* (Descripción de la interferencia en los receptores DTT).

La siguiente Recomendación es una fuente general pero importante que describe los criterios de protección para sistemas de radiodifusión terrenal:

- Recomendación UIT-R BT.1895 – Criterios de protección para los sistemas de radiodifusión terrenal.

Con respecto a la metodología para evaluar la repercusión de la interferencia en la cobertura de radiodifusión, en el siguiente Informe se describe un método conceptual:

- Informe UIT-R BT.2248 – *A conceptual method for the representation of loss of broadcast coverage* (Método conceptual para la representación de la pérdida de cobertura de radiodifusión).

5.4 Fuentes de referencia relativas a la compatibilidad entre la DTTB y el servicio móvil

En lo que concierne a la compartición entre la radiodifusión de televisión terrenal digital y el servicio móvil, los estudios pertinentes se presentan en los siguientes Informes:

- Informe UIT-R BT.2247 – *Field measurement and analysis of compatibility between DTTB and IMT* (Medición de campo y análisis de la compatibilidad entre la DTTB y las IMT).
- Informe UIT-R BT.2337 – *Sharing and compatibility studies between digital terrestrial television broadcasting and terrestrial mobile broadband applications, including IMT, in the frequency band 470-694/698 MHz* (Estudios de compartición y compatibilidad entre la radiodifusión de televisión terrenal digital y las aplicaciones móviles terrenales de banda ancha, incluidas las IMT, en la banda de frecuencias 470-694/698 MHz).

- Informe UIT-R BT.2339 – *Co-channel sharing and compatibility studies between digital terrestrial television broadcasting and international mobile telecommunication in the frequency band 694-790 MHz in the GE06 planning area* (Compartición en el canal y estudios de compatibilidad entre la radiodifusión de televisión terrenal digital y las telecomunicaciones móviles internacionales en la banda de frecuencias 694-790 MHz en la zona de planificación GE06).

Para evaluar la interferencia causada por el servicio móvil al servicio de radiodifusión, se presentan importantes estudios en los dos Informes siguientes:

- Informe UIT-R BT.2265 – *Guidelines for the assessment of interference into the broadcasting service* (Directrices para la evaluación de la interferencia al servicio de radiodifusión).
- Informe UIT-R BT.2296 – *Example of application of Recomendación UIT-R BT.1895 and Informe UIT-R BT.2265 to assess interference to the broadcasting service caused by the impact of IMT systems on existing head amplifiers of collective television distribution systems* (Ejemplo de aplicación de la Recomendación UIT-R BT.1895 y el Informe UIT-R BT.2265 para evaluar la interferencia provocada al servicio de radiodifusión por los sistemas IMT en los amplificadores frontales existentes de los sistemas de distribución de televisión colectivos).

Recientemente, varios países han introducido nuevos servicios móviles, en particular las telecomunicaciones móviles internacionales (IMT), que utilizan parte de la banda de ondas decimétricas, en las cuales el servicio de radiodifusión y el servicio móvil tienen atribuciones a título primario con igualdad de derechos. Para la protección de los servicios DTTB junto con las IMT, en el siguiente Informe se presentan estudios importantes:

- Informe UIT-R BT.2301 – *National field reports on the introduction of IMT in the bands with co-primary allocation to the broadcasting and the mobile services* (Informes nacionales sobre el terreno sobre la introducción de las IMT en las bandas con atribución a título primario con igualdad de derechos a los servicios de radiodifusión y móvil).

5.5 Fuentes de referencia vinculadas a otras cuestiones de compatibilidad relativas a la DTTB

La presencia de turbinas eólicas en la zona de cobertura de un transmisor DTTB puede crear perturbaciones en la recepción en algunas partes de esa zona. En los siguientes documentos del UIT-R se puede hallar la descripción de la perturbación y la metodología para evaluarla:

- Informe UIT-R BT.2142 – *The effect of the scattering of digital television signals from a wind turbine* (Efecto de la dispersión provocada por las turbinas eólicas en las señales de televisión digital).
- Recomendación UIT-R BT.1893 – Métodos de evaluación de la degradación causada en la recepción de la televisión digital por turbinas eólicas.

La posible incidencia de dispositivos de banda ultra ancha en los servicios de radiodifusión se examina en el siguiente Informe:

- Informe UIT-R SM.2057 – *Studies related to the impact of devices using ultra-wideband technology on radiocommunication services* (Estudios relativos a la incidencia de dispositivos con tecnología de banda ultra ancha en los servicios de radiocomunicaciones).

La posible incidencia de los sistemas de radiodifusión por satélites geoestacionarios (OSG) y no geoestacionarios (no OSG) en el servicio de radiodifusión¹⁸ se examina en:

- Informe UIT-R BT.2075 – *Protection requirements for terrestrial television broadcasting services in the 620-790 MHz band against potential interference from GSO and non-GSO broadcasting-satellite systems and networks* (Requisitos de protección de los servicios de radiodifusión terrenal de televisión en la banda 620-790 MHz contra la posible interferencia procedente de los sistemas y redes de radiodifusión OSG y no OSG).

¹⁸ No se conoce ninguna utilización de sistemas de radiodifusión por satélites OSG o no OSG en las bandas III, IV y V.

En cuanto a la posible incidencia de los sistemas de comunicación por línea eléctrica en la DTTB, se observa que los actuales sistemas PLC descritos en la Recomendación UIT-T G.9964, Transceptores unificados para la red alámbrica residencial de alta velocidad – Especificación de densidad espectral de potencia, presentan una disminución rápida de la potencia por encima de unos 80 MHz. Sin embargo, en la evolución de los sistemas PLC fuera del UIT-T se mantiene la firme intención de utilizar frecuencias cada vez más altas, en particular para la distribución en el hogar de señales de televisión AD y UAD. Esos dispositivos tendrán que funcionar inevitablemente en frecuencias más altas y aumentar la radiación a través, por ejemplo, de la utilización de tomas de tierra, así como de cables activos y neutros. La instalación de esos sistemas será un problema también para la DTTB en las bandas de ondas métricas y decimétricas, así como para otros sistemas de radiocomunicaciones que funcionan en bandas de ondas métricas y en la parte inferior de las banda de ondas decimétricas.

5.6 Indicaciones sobre la compartición real entre la DTTB y los sistemas SAB/SAP

Los sistemas SAB/SAP comparten efectivamente el espectro utilizado por la DTTB sobre la base de una atribución a título secundario. La información sobre estos sistemas puede hallarse en los dos Informes siguientes:

- Informe UIT-R BT.2338 – *Services ancillary to broadcasting/services ancillary to programme making spectrum use in Region 1 and the implication of a co-primary allocation for the mobile service in the frequency band 694-790 MHz* (Servicios auxiliares para la radiodifusión/servicios auxiliares para la realización de programas, utilización del espectro en la Región 1 y repercusiones de una posible atribución a título primario con igualdad de derechos al servicio móvil en la banda de frecuencias 694 790 MHz).
- Informe UIT-R BT.2344 – *Information on technical parameters, operational characteristics and deployment scenarios of SAB/SAP as utilized in broadcasting* (Información sobre parámetros técnicos, características operacionales y escenarios de despliegue de servicios auxiliares (SAB/SAP) utilizados en la producción de la radiodifusión).

Una forma habitual de dar cabida a sistemas SAB/SAP en las bandas de ondas métricas y decimétricas consiste en disponer de una base de datos geográfica que indique las frecuencias disponibles o de un soporte lógico informático que calcule las frecuencias disponibles en un determinado emplazamiento. Un operador (regulador u otro) puede intervenir para coordinar dicha utilización.

CAPÍTULO 6

Coordinación transfronteriza

6.1 Procedimientos de coordinación

Debido al recurso limitado de frecuencias radioeléctricas y a la creciente utilización de tecnologías de radiocomunicaciones, se deben llevar a cabo ciertos procedimientos de coordinación de frecuencias con miras a minimizar la repercusión de un servicio de radiocomunicaciones en los servicios de radiocomunicaciones primarios existentes que comparten la misma gama de frecuencias.

Se entiende por coordinación de frecuencias la negociación entablada entre dos o más administraciones para llegar a un acuerdo con respecto a las condiciones de funcionamiento (frecuencias, potencia radiada efectiva, altura de antena, diagrama de radiación, etc.) de sus estaciones. El objetivo de esta negociación es evitar que las estaciones causen interferencias perjudiciales cuando inician su servicio (o, al menos, minimizar esas interferencias a un nivel aceptable).

Básicamente, hay dos procedimientos de coordinación (no exclusivos):

- Coordinación dentro de la Zona de Planificación de un Acuerdo Regional.
- Coordinación fuera de la Zona de Planificación de un Acuerdo Regional.

6.1.1 Coordinación dentro de la Zona de Planificación de un Acuerdo Regional

Cuando haya un Acuerdo Regional, como el Acuerdo GE06 en la Región 1¹⁹, se deben aplicar los procedimientos establecidos en el Acuerdo para obtener el reconocimiento internacional y el derecho a proteger los servicios contra interferencias perjudiciales, sin perjuicio de que puedan aplicarse también de antemano otros procedimientos de coordinación, como la coordinación mediante discusiones bilaterales o multilaterales (véase la sección 6.1.3). En este caso, al notificar una asignación al Registro Internacional de Frecuencias (MIFR), la Oficina de Radiocomunicaciones (BR) realiza dos verificaciones de la conformidad:

- Verificación de la conformidad con el Cuadro de atribución de bandas de frecuencias.
- Verificación de la conformidad con el Acuerdo Regional y su(s) Plan(es) asociado(s).

El texto siguiente se basa en el caso específico del Acuerdo GE06. En la sección 1 del Anexo 4 al Acuerdo GE06 se describe la metodología convenida para determinar la zona de coordinación. Será necesaria la coordinación con las administraciones cuyo territorio se encuentra total o parcialmente dentro de la zona de coordinación.

La inclusión de una nueva estación en el Plan o la modificación de los parámetros registrados de una estación se llevan a cabo de conformidad con el procedimiento de modificación del Plan establecido en el Artículo 4 del Acuerdo GE06.

Este procedimiento consiste en la publicación de la estación con sus especificaciones técnicas, como se establece en la Parte A de una Sección Especial de la Circular Internacional de Información sobre Frecuencias de la Oficina de Radiocomunicaciones (BR IFIC). La publicación en la Parte A se considera una consulta oficial de coordinación de frecuencias respecto a otras administraciones. La BR IFIC incluye la lista de administraciones con las que se debe efectuar la coordinación y cuya aprobación es, por consiguiente, necesaria. El plazo dentro del cual una administración puede solicitar más información o formular comentarios, condiciones u objeciones, ya sea directamente a la administración notificante o a través de la BR, concluye a los 75 días. Transcurrido ese plazo, si una administración de la cual se requiere una aprobación no responde, se considera que la solicitud no ha sido aprobada. Sin embargo, si la administración notificante lo solicita, la BR enviará un recordatorio a la administración o las administraciones afectadas y concederá un periodo

¹⁹ El Acuerdo GE06 abarca toda la Región 1 (excepto Mongolia) y también la República Islámica del Irán.

adicional de 40 días para que se formulen comentarios. La falta de respuesta dentro de este nuevo plazo indica que la administración consultada no plantea ninguna objeción.

Una vez alcanzado el acuerdo entre las administraciones implicadas, la administración notificante podrá solicitar la publicación de la estación con las especificaciones técnicas acordadas en la Parte B de una Sección Especial GE06 de la BR IFIC. La publicación en la Parte B marca la inscripción oficial de la estación en el Plan GE06.

El Acuerdo GE06 permite cierta flexibilidad, conocida como «criterio de protección». Aunque no se exige a las estaciones operativas que se atengan a todos los parámetros registrados previamente, los parámetros de funcionamiento reales no deberán causar más interferencia, ni reclamar más protección, que los de las estaciones inscriptas en el Plan. Por ejemplo, una estación registrada podrá iniciar su servicio con una potencia radiada efectiva menor o una altura de antena más baja que el valor registrado.

También es posible cancelar (o «suprimir») una estación registrada en el Acuerdo GE06. En este caso, la administración correspondiente solicitará la publicación de dicha estación en la Parte C de una Sección Especial GE06 de la BR IFIC.

6.1.2 Coordinación fuera de la Zona de Planificación de un Acuerdo Regional

Cuando no haya un Acuerdo Regional, para la notificación de una asignación a la MIFR, la BR sólo verificará la conformidad de la asignación con el Cuadro de atribución de bandas de frecuencias. Toda coordinación entre los países vecinos queda a cargo de las administraciones interesadas, y la BR no está obligada a asumir ninguna responsabilidad al respecto.

6.1.3 Discusiones bilaterales o multilaterales

En ambos casos mencionados *supra*, las administraciones pueden optar por establecer consultas entre ellas por medio de discusiones bilaterales o multilaterales, que se pueden llevar a cabo por correspondencia (correo postal, correo electrónico, etc.) y/o mediante la celebración de reuniones. Esas consultas pueden realizarse entre administraciones que no forman parte de un Acuerdo Regional o entre administraciones que participan en un Acuerdo de Planificación Regional cuando desean «una coordinación previa» antes de la presentación oficial de sus asignaciones a la BR, o después de dicha presentación cuando la BR determine la necesidad de establecer una coordinación.

Las discusiones por correspondencia son un procedimiento general si las administraciones que pueden verse afectadas dentro de la zona de coordinación mantienen buenas relaciones en el ámbito de las radiocomunicaciones. Las discusiones se llevan a cabo proporcionando las características técnicas planificadas de la estación cuya coordinación se prevé. En este caso, la consulta de coordinación se puede realizar directamente o por conducto de la BR. En principio, no hay ningún plazo para solicitar más información o formular comentarios, condiciones u objeciones, a menos que las administraciones interesadas se pongan de acuerdo para fijarlo. Algunas administraciones de la Región 1, por ejemplo, aplican los mismos plazos que en el Acuerdo GE06.

Cuando las discusiones se llevan a cabo por correspondencia, las administraciones interesadas podrán informar a la BR sobre el acuerdo alcanzado entre las administraciones facilitándole documentos escritos.

Si las discusiones por correspondencia no prosperan, se podrá celebrar una reunión de coordinación para avanzar en las negociaciones.

Esas reuniones pueden ser bilaterales, con la sola presencia de dos administraciones, o multilaterales, cuando en el proceso de coordinación participan más de dos administraciones.

Las reuniones de coordinación suelen celebrarse en una ciudad situada en el territorio de cualquiera de las administraciones implicadas, pero también pueden celebrarse en otros lugares, por ejemplo en Ginebra, a conveniencia de las administraciones interesadas.

Los participantes en esas reuniones son administraciones u otras autoridades reguladoras. Los organismos de radiodifusión, los consejos audiovisuales, los operadores u otros interesados pueden ser invitados a elección de las propias administraciones.

Para que se puedan evaluar las situaciones de compatibilidad durante las reuniones, conviene disponer *in situ* de métodos de cálculo de compatibilidad. Se aconseja también que cada administración decida por adelantado los objetivos esenciales de cada reunión para facilitar el avance de la misma. Por lo general, la redacción de las actas de esas reuniones está a cargo de una de las administraciones presentes, de común acuerdo con la otra o las otras administraciones, y serán aprobadas por todas ellas al final de la reunión o posteriormente. Antes de que termine la reunión, una parte de ella puede consagrarse a la revisión de las actas (si se redactan a tiempo) para que puedan ser aprobadas por todas las partes. Otra posibilidad sería que las actas se distribuyan después de la reunión y se aprueben por correspondencia, o en la reunión siguiente.

Una vez concluida la negociación, el acuerdo alcanzado se plasma normalmente en las actas de la reunión de coordinación o en un documento separado acordado por todas las partes. Las administraciones interesadas podrán acordar que se informará a la BR de los resultados, posiblemente mediante el envío de una copia de las actas de la reunión.

En el Cuadro 6.1 se enumeran las ventajas y los inconvenientes de los procedimientos de coordinación.

CUADRO 6.1

Ventajas e inconvenientes del procedimiento de coordinación

	Por correspondencia	A través de reuniones
Ventajas	Las características técnicas se podrán determinar antes de la aplicación del procedimiento de coordinación de la UIT.	La posibilidad de desbloquear los casos no resueltos y de obtener acuerdos en plazos mucho más cortos. Se podrán promover las relaciones de trabajo entre administraciones.
Inconvenientes	Se puede extender indefinidamente en el tiempo, en particular cuando una administración consultada no tiene mucho interés en responder a la solicitud por motivos de carácter estratégico o de otro tipo.	Se necesita una preparación previa, como el intercambio de documentos necesarios para asegurar la eficacia de la reunión.

Hay que destacar que el material utilizado en el presente Capítulo es de carácter meramente informativo y no constituye, anula ni reemplaza en absoluto ninguna disposición ni ningún procedimiento obligatorios ya aprobados o que serán aprobados por la UIT, como figuran en los Acuerdos Regionales pertinentes y en los Acuerdos concluidos con arreglo al Artículo 6 del RR.

6.2 Ejemplos de coordinación

6.2.1 Región 1

En la Región 1, todos los países, excepto Mongolia e incluido Irán, están situados en la zona de planificación del GE06. Los países que se encuentran dentro de la zona de planificación del GE06 harán referencia al procedimiento de coordinación en el marco del Acuerdo GE06 [6.1]. Los países cuyos países vecinos están fuera de la zona de planificación del GE06 deberían establecer la coordinación con esos países vecinos, llegado el caso.

A continuación se presentan algunos ejemplos de coordinación y planificación en la Región 1.

6.2.1.1 España y países vecinos

España es un país situado en la periferia de Europa, que necesita coordinación con las administraciones de los países de la CEPT y los países no pertenecientes a la CEPT, a menudo con intereses divergentes.

Las estaciones cercanas a las fronteras terrestres necesitan coordinación con Andorra, Francia y Portugal, en tanto que las estaciones cercanas a la costa necesitan coordinación con Argelia y Marruecos y, en ocasiones, con Irlanda, Italia, Malta, Mauritania, Mónaco, Reino Unido y Túnez.

En la mayoría de los casos, los trayectos de propagación son exclusivamente terrestres, pero en algunos casos son trayectos mixtos tierra/mar con un porcentaje de mar frío (alrededor del norte de España) o mar cálido (en el Mar Mediterráneo y en torno a las Islas Canarias) donde se producen ocasionalmente fenómenos de superrefracción, en particular durante el verano.

España forma parte del Acuerdo Regional GE06, al igual que todas sus administraciones vecinas. Si las administraciones los aprueban, los criterios técnicos utilizados para la coordinación pueden ser diferentes de los criterios del GE06 con la finalidad de adaptarse a la topología de los países que participan en la coordinación.

Debido a la diversidad de administraciones con las que establece la coordinación y a las diferentes condiciones de los trayectos de propagación, España utiliza diferentes criterios técnicos para la coordinación en función de la administración de que se trate. Sin embargo, ese país no siempre ha podido llegar a acuerdos con algunas de sus administraciones vecinas para utilizar criterios técnicos diferentes de los establecidos en el Acuerdo GE06.

Con algunas administraciones, la coordinación ha sido más frecuente y España ha concertado acuerdos para aplicar ciertos criterios técnicos de coordinación con el formato indicado en el Cuadro siguiente:

CUADRO 6.2

Ejemplo de criterios de coordinación

Evaluación de la compatibilidad entre estaciones DTT	Criterios internos (España)	Criterios internos (país vecino)	Criterios para la coordinación bilateral
Zona de protección	Zona de servicio		
Intensidad de campo estimada de la señal deseada	Rec. UIT-R P.526 (modelo Fresnel-Deygout)		
Intensidad de campo estimada de la señal interferente (trayecto terrestre)	Rec. UIT-R P.526 (modelo Fresnel-Deygout)		
Intensidad de campo estimada de la señal interferente (trayecto marítimo)	Rec. UIT-R P.1546		
Interpolación en trayectos mixtos terrestres-marítimos (Rec. UIT-R P.1546)	Parabólica		
Consideración del ángulo de despejamiento del terreno (Rec. UIT-R P.1546)	Sí		
Porcentaje de tiempo de la interferencia	1%		
Tipo de terreno* (obstáculos)	No		
Relaciones de protección	Rec. UIT-R BT.1368		
Discriminación de antenas receptoras	No		
Discriminación por polarización cruzada	No		
Margen de protección C/I	0 dB		
Altura de la antena receptora	10 m		
Intensidad de campo mínima en la recepción con antena fija	55 dB μ V/m+20log[f/(MHz)/650]		
Modelo digital del terreno/Resolución	1:200 m/200 m $\times$ 200 m		

* En zonas no pobladas y en cumbres de montaña se partirá de la hipótesis de que no hay interferencia.

Cuando sea necesario efectuar la coordinación con países de la CEPT vecinos y con países no pertenecientes a la CEPT, España iniciará consultas directas con esas administraciones y, llegado el caso, se celebrarán también reuniones de coordinación bilaterales. Si se llega a un acuerdo, España aplica el procedimiento de publicación en una sección especial del Acuerdo Regional GE06.

En el caso de que se efectúe la coordinación únicamente con administraciones que no pertenecen a países de la CEPT, España aplica en primer lugar el procedimiento de coordinación mediante la publicación en una sección especial del Acuerdo Regional GE06 y, en caso necesario, tendrá lugar una reunión de coordinación bilateral para proseguir el proceso de publicación en el Acuerdo Regional GE06 (véase la sección 6.1.1).

6.2.1.2 África Subsahariana

Entre 2011 y 2013, la Unión Africana de Telecomunicaciones (ATU), con la asistencia de la UIT, llevó a cabo un proceso de negociación y coordinación de 18 meses de duración para completar la modificación del Plan GE06 en la banda 470-694 MHz con el fin de liberar las bandas de frecuencias por encima de 694 MHz (bandas de 700 MHz y 800 MHz).

Los resultados y características principales de este proceso de replanificación y coordinación pueden resumirse de la manera siguiente:

- 47 países (indicados en la Figura 6.1) participaron en el proceso (excepto Mauricio).

FIGURA 6.1
África Subsahariana – Acuerdo Regional GE06



DTTB-06-01

- El lanzamiento oficial del proceso tuvo lugar en dos cumbres africanas (celebradas en Nairobi en 2011 y en Accra en 2012).
- Durante el proceso se celebraron tres reuniones de planificación y coordinación en Bamako, Kampala y Nairobi. Además, se llevaron a cabo varias reuniones de grupos subregionales (EACO, CEDEAO, SADC, etc.) con la participación de la BR de la UIT.
- Se fijó a cuatro el número previsto de capas de cobertura (múltiplex) por emplazamiento.
- Se necesitaron 33 iteraciones para el análisis de compatibilidad, basadas en las necesidades presentadas por las administraciones. La BR estableció las necesidades para los países ausentes en respuesta a una solicitud de la ATU.
- Se presentaron 7 107 necesidades de frecuencias en la banda 470-694 MHz (véanse 11 406 necesidades de frecuencias en la CRR-06 para toda la banda 470-862 MHz).
- Al final del proceso, se logró satisfacer, en promedio, el 97,37% de las necesidades.
- El proceso tardó 18 meses en completarse.

Puede hallarse una información más detallada en las páginas web siguientes:

- «ITU assistance to the GE06 frequency Coordination meetings in Sub-Saharan Africa (ATU) and Arab Region (ASMG)» (Asistencia de la UIT a las reuniones de coordinación de frecuencias del Acuerdo GE06 en el África Subsahariana y Grupo encargado de la gestión del espectro en los Países Árabes (ASMG)) – Ilham Ghazi, Jefe de la División Servicios de Radiocomunicaciones, Oficina de Radiocomunicaciones, UIT. Presentación realizada en el Simposio Internacional de la UIT sobre la transición a los sistemas digitales, 17 de junio de 2015. Véase <http://www.itu.int/en/ITU-R/GE06-Symposium-2015/Pages/default.aspx>.
- Página web de la UIT «GE06 Frequency coordination for sub-Saharan Africa» (Coordinación de frecuencias del Acuerdo GE06 para el África Subsahariana). Véase <http://www.itu.int/net/ITU-R/terrestrial/broadcast/ATU/>.

6.2.1.3 Países Árabes (África del Norte y Oriente Medio)

El Grupo encargado de la gestión del espectro en los Países Árabes (ASMG), con asistencia de la BR, inició un proceso de coordinación en marzo de 2014 con miras a asegurar el espectro suficiente para la radiodifusión en la banda 470-694 MHz y a liberar las bandas de 700 y 800 MHz.

Las principales características y resultados de este proceso de replanificación y coordinación pueden resumirse de la manera siguiente:

- 17 países (indicados en la Figura 6.2) participaron en el proceso.

FIGURA 6.2
Países Árabes – Acuerdo Regional GE06



DTTB-06-02

- El proceso se puso oficialmente en marcha gracias al Comité Permanente de los Países Árabes para la Información y la Comunicación (El Cairo, 4-5 de marzo de 2014) y a las contribuciones de la Secretaría Técnica del Consejo de Ministros de los Países Árabes para la Información y la Comunicación.
- Durante el proceso se celebraron tres reuniones de planificación y coordinación en Dubái, Hammamet y Marrakech.
- Se fijó un objetivo de cuatro capas de cobertura por Administración a sabiendas de que ese número podría aumentar en el futuro, separadamente, y según las necesidades de los Países Árabes, conforme a los procedimientos del Artículo 4 del Acuerdo GE06.
- Se necesitaron 27 iteraciones para el análisis de compatibilidad, basadas en las necesidades presentadas por las administraciones. La BR estableció las necesidades para los países ausentes en respuesta a una solicitud del ASMG.
- Se presentaron 4 346 necesidades de frecuencias en la banda 470-694 MHz (véanse 9 151 necesidades de frecuencias en la CRR-06 para toda la banda 470-862 MHz).
- Al final del proceso, se logró satisfacer, en promedio, el 76,87% de las necesidades.
- El proceso tardó 11 meses en completarse.

Puede hallarse una información más detallada en las páginas web siguientes:

- «ITU assistance to the GE06 frequency Coordination meetings in Sub-Saharan Africa (ATU) and Arab Region (ASMG)» (Asistencia de la UIT a las reuniones de coordinación de frecuencias del Acuerdo GE06 en el África Subsahariana y Grupo encargado de la gestión del espectro en los Países Árabes (ASMG)) – Ilham Ghazi, Jefe de la División de Servicio de Radiocomunicaciones, Oficina de Radiocomunicaciones, UIT. Presentación realizada en el Simposio Internacional de la UIT sobre la transición a los sistemas digitales, 17 de junio de 2015. Véase <http://www.itu.int/en/ITU-R/GE06-Symposium-2015/Pages/default.aspx>.
- Página web de la UIT «Arab Spectrum Management Group (ASMG) – GE06 Frequency Coordination Meetings» (Grupo encargado de la gestión del espectro en los Países Árabes (ASMG) – Reuniones de coordinación de frecuencias del Acuerdo GE06). Véase <http://www.itu.int/en/ITU-R/terrestrial/broadcast/ASMG/Pages/default.aspx>.

6.2.1.4 Europa Occidental

Una vez finalizado el primer estudio sobre el dividendo digital de la CEPT, un grupo de Administraciones decidió examinar las repercusiones del uso del dividendo digital desde una perspectiva estratégica. En 2009, esas administraciones fundaron la Plataforma de aplicación del dividendo digital en Europa Occidental (WEDDIP).

Este Grupo de ocho Administraciones (a saber, Alemania, Bélgica, Francia, Irlanda, Luxemburgo, Países Bajos, Reino Unido y Suiza) se dotó de un mandato en virtud del cual acordaba armonizar las actividades de coordinación de frecuencias emprendidas por sus Estados miembros con miras a la aplicación del dividendo digital, a fin de:

- A) lograr la compatibilidad mutua de los recursos del espectro que se utilizarán en las bandas de ondas métricas y decimétricas tras la aplicación del dividendo digital, tanto para los servicios de radiodifusión como para los servicios móviles;
- B) facilitar las consecuentes modificaciones del Plan GE06; y
- C) seguir observando el principio de acceso equitativo a los recursos del espectro en que se basa el GE06, teniendo en cuenta los futuros avances pertinentes.

Los miembros del Grupo se comprometieron a trabajar sobre la base del consenso.

6.2.1.4.1 Situación de la banda de 800 MHz

La WEDDIP dio a sus miembros la ocasión de entablar un debate sobre la liberación de la banda de 800 MHz, facilitando las iniciativas de negociación. Les brindó además la posibilidad de compartir los resultados de esas negociaciones en sus reuniones. Todo ello revistió un carácter facultativo, puesto que algunos miembros ya habían decidido liberar la banda de 800 MHz de la DTTB, en tanto que otras Administraciones participaron en los debates partiendo únicamente de una base técnica teórica.

Durante las 11 reuniones celebradas por los miembros de la WEDDIP desde septiembre de 2009 se han examinado las consecuencias de la liberación de la banda de 800 MHz sobre la base de los principios de trabajo acordados a los que se aludió anteriormente. Al tratarse del primer intento regional de analizar un caso complejo de reordenación de frecuencias, los miembros tuvieron que aprender a definir soluciones que se ajustaran a todas las necesidades. En el marco de su 11ª reunión, celebrada en diciembre de 2012, los miembros de la Plataforma llegaron a la conclusión de que la mayoría de las necesidades eran aceptables. No obstante, no se pudo resolver durante el proceso WEDDIP un tema pendiente.

6.2.1.4.2 Situación de la banda de 700 MHz

Cuando la CMR-12 decidió que la banda de 700 MHz (694-790 MHz) fuera atribuida a título primario con igualdad de derechos al servicio móvil e identificada para las IMT, la WEDDIP empezó a considerar de qué forma liberar dicha banda de la DTT.

Si bien para algunas Administraciones la liberación de la banda de 700 MHz constituyó un verdadero problema, puesto que a nivel de política general se adoptó la decisión de utilizarla únicamente para el servicio móvil, otras consideraron la posibilidad de continuar la distribución de la DTT a través de dicha banda.

Por su parte, la WEDDIP reconoció que la liberación de la banda de 700 MHz de la DTT sería cuestión de tiempo.

Aunque los trabajos de la Plataforma revestían un carácter facultativo, el Grupo decidió que el proceso de liberación de la banda de 700 MHz requeriría más acuerdos formales. La premura fue uno de los motivos por los que algunos miembros tuvieron que liberar los 700 MHz en un breve plazo.

Los miembros de la WEDDIP acordaron garantizar a cada país un cupo de distribución de televisión razonable. Por ejemplo, si en un país determinado se estaban explotando 6 múltiplex para distribuir 25 programas, en el nuevo contexto la cantidad de múltiplex disponibles debía bastar para la distribución del mismo número de programas. En ese sentido, cabía respetar las condiciones de concesión de licencias, por cuanto difieren de un país a otro. También se reconoció que, en la medida de lo posible, debían mantenerse las mismas infraestructuras de distribución. Aunque la frecuencia o las zonas de cobertura pudieran sufrir modificaciones, los emplazamientos desde los que se transmitía debían permanecer intactos siempre que fuera viable. Además, la planificación se basará únicamente en la DVB-T2, pues de esa forma los miembros podrán aprovechar las ventajas de este sistema con respecto al de la DVB-T, para el que se concibió el plan de frecuencias del Acuerdo GE06.

Los miembros de la WEDDIP acordaron igualmente las zonas de coordinación que se habrían de respetar. Asimismo, el Grupo convino en utilizar una base de datos en la que figurasen todos los canales de 700 MHz sujetos al proceso de reordenación y todos los canales de la banda de DTTB restante (470-694 MHz). Estos canales debían identificarse como:

- canales en uso;
- canales objeto de una concesión de licencia (pero no puestos aún en servicio);
- canales objeto de examen y no puestos en servicio, ni objeto de licencia, sino fruto de negociaciones bilaterales o multilaterales.

En el proceso de liberación de la banda de 700 MHz, los miembros acordaron revelar todos los planes nacionales (dado que abarcaban las zonas de coordinación). Al analizar las opciones, los miembros tuvieron en cuenta los aspectos económicos y los objetivos fijados en cada país.

Respecto a los enfoques aplicables a la interferencia, se acordaron cuestiones tales como la intensidad de la señal deseada utilizable en la zona de cobertura requerida, los niveles máximos de la intensidad de campo en puntos de prueba pertinentes (por ejemplo, en el límite de una zona de servicio o a una cierta distancia de la frontera de un país), las zonas de servicio definidas, el método de cálculo basado en la relación C/I y los márgenes de cálculo. Los valores acordados podrían variar en función de los acuerdos concertados entre dos o más miembros.

Dado que estas actividades exigían la celebración de numerosas reuniones de planificación técnica a escala bilateral o multilateral, se decidió celebrarlas en los periodos comprendidos entre las principales reuniones de «revisión» de la WEDDIP.

La Plataforma también se utilizó para concertar acuerdos de transición, aunque esa responsabilidad incumbiese a las Administraciones interesadas.

A fin de culminar con éxito la elaboración de un nuevo plan de frecuencias, se convino en un cronograma y un plan de trabajo. El cronograma/plan de trabajo abarcaba el intercambio de demandas/necesidades en materia de DTTB en la banda 470-694 MHz, el tipo de requisitos presentados (modificación, supresión o adición) y el análisis de la compatibilidad de los requisitos presentados.

El cronograma también comprendió una secuencia de reuniones en las que los miembros acordaron concluir el plan de frecuencias e incluso establecieron un «plazo/fecha de finalización».

El proceso de liberación de la banda de 700 MHz concluyó con la firma de un acuerdo en el que se resumían las disposiciones de frecuencias consensuadas, junto con todas las cuestiones que había sido posible resolver en ese momento.

Entre 2013 y 2016, la WEDDIP celebró en total 13 reuniones vinculadas a la liberación de la banda de 700 MHz.

Una vez concluida con éxito la liberación de la banda de 700 MHz, la Plataforma puso fin a sus actividades. En adelante, sólo convocará una reunión si alguno de sus miembros lo solicita.

Conclusiones

La WEDDIP, integrada por un grupo de países independientes que examina las consecuencias de la implantación del dividendo digital, ha facilitado y facilita aún la liberación de la bandas de 800 MHz y 700 MHz, así como de sus consecuencias en la redistribución de los canales DTTB por debajo de 694 MHz. Aunque la WEDDIP cumple una función esencial en este proceso, la responsabilidad general incumbe a los diferentes miembros. Puesto que el proceso de liberación de la banda de 800 MHz ha durado más de tres años y el de la banda de 700 MHz unos dos años, esta Plataforma considera que ha dado el ejemplo y probado que un enfoque (sub)regional de problemas complejos relativo a la negociación de las frecuencias puede beneficiar a los países interesados. Como lo han reconocido otras regiones europeas, dos nuevos grupos regionales han iniciado sus actividades: la Plataforma de aplicación del dividendo digital en Europa Oriental Septentrional (NEDDIF) y la Plataforma de aplicación del dividendo digital en Europa Oriental Meridional (SEDDIF).

6.2.2 Región 2

En la Región 2 no hay ningún acuerdo regional similar al Acuerdo GE06. Sin embargo, en bloques subregionales como el MERCOSUR²⁰ (Mercado Común del Sur) se aplican procedimientos de coordinación. A continuación se presentan algunos ejemplos de coordinación en la Región 2.

6.2.2.1 América del Norte

En América del Norte, la coordinación se lleva a cabo a través de acuerdos bilaterales. Estos acuerdos se elaboran entre diversos organismos reguladores de los Estados Unidos (Comisión Federal de Comunicaciones (FCC) y Administración Nacional de las Telecomunicaciones y la Información (NTIA)), Canadá (Innovación, Ciencia y Desarrollo Económico (ISED)) y México (Secretaría de Comunicaciones y Transporte (SCT) e Instituto Federal de Telecomunicaciones (IFT)).

6.2.2.2 Países del MERCOSUR

Argentina, Brasil, Paraguay, Uruguay y Venezuela han concertado acuerdos relativos a los procedimientos de coordinación en las bandas de frecuencias de FM y televisión establecidas por los comités técnicos del bloque subregional del MERCOSUR. Se establecieron zonas de coordinación y criterios técnicos entre los países, que han sido aplicados con éxito desde el decenio de 1990. Se celebran reuniones técnicas periódicas para examinar cuestiones de coordinación y armonizar la utilización del espectro en zonas transfronterizas. A partir de 2016, los procedimientos para la coordinación de la televisión digital están en la etapa final de aprobación, lo que será un paso importante para la reconversión digital de la región. Para los países no incluidos en los acuerdos regionales, es necesaria una coordinación bilateral o multilateral.

6.2.3 Región 3

En la Región 3, aunque no hay ningún acuerdo regional similar al Acuerdo GE06²¹, los países de la ASEAN²² tienen sus propias disposiciones. La implantación de la DTTB en esos países se funda en un acuerdo mutuo. Los países, cuyos países vecinos no pertenecen a la zona del acuerdo, negocian con ellos la coordinación bilateral o multilateral, llegado el caso.

²⁰ Los miembros de pleno derecho de MERCOSUR son Argentina, Brasil, Paraguay, Uruguay y Venezuela. Sus países asociados son Bolivia, Colombia, Chile, Ecuador, Perú y Suriname.

²¹ Excepto la República Islámica del Irán, situada en la zona de planificación del Acuerdo GE06.

²² Los Estados Miembros de la ASEAN son Brunei Darussalam, Camboya, Indonesia, Lao R.D.P., Malasia, Myanmar, Filipinas, Singapur, Tailandia y Viet Nam.

A continuación se presentan algunos ejemplos de coordinación en la Región 3.

6.2.3.1 ASEAN

Todos los países de la ASEAN, excepto uno, han acordado adoptar el sistema DVB. Entre algunos de estos países (por ejemplo, en la frontera entre Malasia y Tailandia o entre Malasia y Brunei), el número de canales disponible en las bandas de ondas métricas y decimétricas para los servicios de radiodifusión se divide equitativamente a través de reuniones bilaterales. El mismo principio se aplica también en las fronteras entre Malasia, Singapur e Indonesia a través de una reunión trilateral. En este último caso, los canales se dividen equitativamente por tres. Estos países utilizan bandas de ondas métricas de 7 MHz y bandas de ondas decimétricas de 8 MHz.

Asimismo, Malasia y Tailandia acordaron una zona de coordinación, dentro de la cual se requiere la coordinación de una estación DTTB, que debe estar registrada en una base de datos acordada bilateralmente.

6.2.3.2 China y sus países vecinos

En los últimos años, China y Rusia han llevado a cabo reuniones bilaterales sobre planificación y coordinación de frecuencias de la radiodifusión de televisión terrenal digital en las zonas fronterizas. El sistema DTTB utilizado en China es la DTMB mientras que Rusia ha adoptado la DVB-T2. En ambos países, cada canal del sistema DTTB ocupa bandas de ondas métricas y ondas decimétricas de 8 MHz.

Con objeto de resolver la incompatibilidad entre las atribuciones de frecuencias a la DTTB, se ha presentado el siguiente método. El nivel de interferencia se clasifica en tres categorías: leve, media y fuerte. En el caso de una interferencia leve, ambas partes tienen que acordar si es aceptable. Si no se puede llegar a un acuerdo, al atribuir frecuencias a la DTTB se deben adoptar medidas técnicas para eliminar la interferencia. Si se trata de una interferencia media, habría que adoptar las posibles medidas técnicas para eliminar la interferencia o para convertir la interferencia media en interferencia leve. Con respecto a una fuerte interferencia, ambas partes deben examinar la posibilidad de eliminarla mediante la aplicación de medidas técnicas factibles. En este caso, al atribuir frecuencias a la DTTB se deben adoptar medidas técnicas para eliminar o minimizar la interferencia. En caso contrario, será necesaria una mayor coordinación. Para una información más completa sobre el método descrito, véase el resumen de los debates de las reuniones entre China y Rusia.

Bibliografía del Capítulo 6

- [6.1] **UIT-R**, *Actas Finales de la Conferencia Regional de Radiocomunicaciones para la planificación del servicio de radiodifusión terrenal en partes de las Regiones 1 y 3, en las bandas de frecuencias 174-230 MHz y 470-862 MHz (CRR-06)*, Ginebra, 15 de mayo – 16 de junio de 2006

CAPÍTULO 7

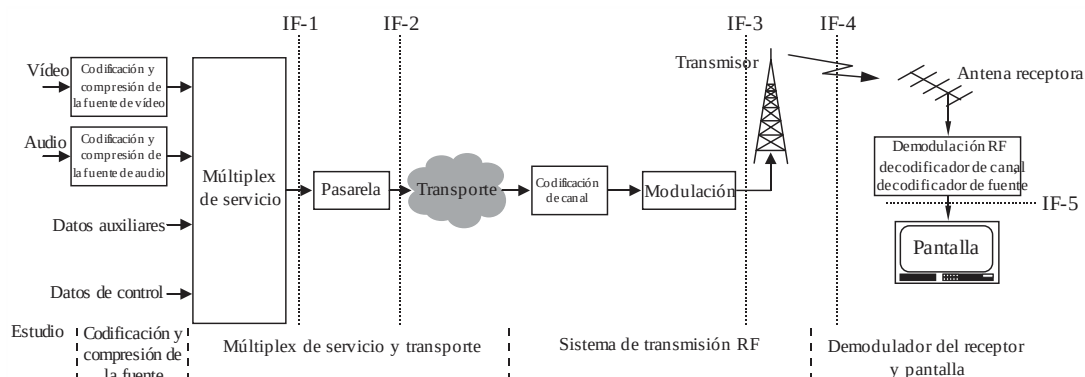
Calidad de servicio en la radiodifusión de televisión

7.1 Panorama general: la cadena DTTB

El modelo del sistema TVD presentado en la Figura 7.1 está extraído del modelo presentado en el Capítulo 1, al que se han añadido etiquetas en las interfaces entre los componentes del sistema.²³

La calidad de la recepción, incluida la calidad de imagen y de sonido, depende de numerosos factores. Hay que tener en cuenta que la planificación general del servicio abarca la cadena completa hasta IF-4 y comprende algunas hipótesis respecto a la calidad de funcionamiento del sistema de recepción, como el margen de implementación del receptor. Sin embargo, la calidad de funcionamiento real del sistema de recepción no puede verse afectada por la planificación del servicio y no está sujeta al control del organismo de radiodifusión ni del operador de la red de radiodifusión.

FIGURA 7.1
Modelo del sistema DTTB



DTTB-07-01

Los requisitos de la calidad de servicio pueden definirse en las interfaces IF-1, IF-2 e IF-3. Esto puede ampliarse mediante una planificación detallada formulando hipótesis acerca del canal de propagación y un sistema de recepción estándar. Para evitar el problema planteado cuando el receptor no puede recibir la señal como se había previsto, habría que establecer una especificación mínima del receptor.

La calidad de imagen y de sonido se ajusta en los bloques (codificación y compresión de la fuente de audio y de vídeo) a la izquierda de la Figura 7.1 *supra*, antes de la interfaz IF-1. En los sistemas DTTB, la calidad de imagen recibida no cambia gradualmente con la calidad de la señal recibida. La calidad de imagen será completa, si la señal se puede decodificar, o no habrá ninguna imagen. En el Capítulo 3 se dan indicaciones sobre la velocidad binaria necesaria para una selección de formatos de vídeo diferentes.

Para mejorar la cobertura se pueden utilizar pequeños transmisores, llamados reemisores complementarios. Se trata de transmisores que reciben la señal de una estación DTT y la retransmiten con un retardo muy corto (repetidor en canal o conversión a una frecuencia diferente) o una regeneración de la señal RF que introduce un retardo adicional. Estos reemisores deben cumplir ciertos requisitos mínimos para asegurar la calidad de

²³ La «pasarela» facilita a los transmisores toda la información necesaria para que puedan crear correctamente las señales RF y asegurar, entre otras cosas, el funcionamiento adecuado de las SFN, los PLP, etc. En la DVB-T, la pasarela es opcional y en la DVB-T2, obligatoria.

servicio. En algunos casos, se podrían aceptar requisitos de calidad menos estrictos en los reemisores complementarios con objeto de obtener una mejor relación costo/beneficio en pequeñas instalaciones.

7.2 Ejemplos de especificaciones para facilitar la calidad de servicio

Como ejemplo de la información necesaria incorporada en un tren de datos en la DVB-T, hay una especificación relativa a las Reglas de Funcionamiento (RoO) para los Países Nórdicos (NorDig)²⁴, utilizada también en Irlanda.

La RoO contiene un conjunto de reglas mínimas de transmisión que son necesarias, además de otras normas aplicables, para dar soporte a las funcionalidades básicas de los receptores NorDig aptos en redes primarias y secundarias. Se supone que las transmisiones previstas en ese tipo de receptores digitales NorDig cumplen las especificaciones NorDig Unified.

Para el funcionamiento de una red DN (definición normalizada) y AD (alta definición) DVB-T2 H.264, se dispone también de una especificación NorDig que puede servir de base para elaborar una especificación mínima concreta.

Los requisitos NorDig Unified para receptor-decodificador integrado (parte terrenal) especifican un conjunto de especificaciones de equipo destinado a la recepción de servicios DVB. Las especificaciones contemplan los receptores como unidades independientes (decodificadores) o como parte de un aparato de televisión digital integrado. Para simplificar la verificación de que el receptor cumple los requisitos, se ha publicado además un Plan de pruebas detallado.

Asimismo, se ha establecido en Alemania una especificación de receptor para la DVB-T2, H.265 HD²⁵. Hay que señalar que la parte relativa a la señal RF es idéntica a la especificación NorDig.

Al elaborar requisitos mínimos que no se limitan a los que se acaba de mencionar, pueden hallarse otras indicaciones en las Recomendaciones UIT-R siguientes.

La Recomendación UIT-R BT.1868 [7.1] describe los requisitos de usuario que se pueden aplicar a las especificaciones, el diseño y las pruebas de los sistemas utilizados para la transmisión de señales de televisión. Asimismo, la Recomendación UIT-R BT.1122-2 [7.2] describe los requisitos de usuario relativos a los códecs de los sistemas de emisión para la TVDN y la TVAD.

Si se van a implantar también sistemas integrados de radiodifusión y banda ancha (IBB), como HbbTV, en la Recomendación UIT-R BT.2053 [7.3] se recomienda que, al especificar sistemas de ese tipo, se tenga en cuenta la Recomendación UIT-T J.205 (2012) Corrigendum 1 (01/2013), «*Requirements for an application control framework using integrated broadcast and broadband digital television*» (Requisitos para un marco de control de aplicación utilizando sistemas integrados de radiodifusión y banda ancha) [7.4]. En el Apéndice 1 de esta Recomendación se indican qué requisitos enumerados en la Recomendación UIT-T J.205 son importantes para la radiodifusión.

En las Recomendaciones citadas a continuación se facilitan indicaciones importantes sobre el componente sonoro de la transmisión:

- Recomendación UIT-R BS.775-3 [7.5]: recomienda un sistema universal de sonido multicanal con tres canales frontales y dos canales posteriores/laterales, junto con un canal opcional de efecto de baja frecuencia (LFE).
- Recomendación UIT-R BS.1548 [7.6]: especifica los requisitos pertinentes a la utilización de sistemas de codificación de la fuente de audio que se emplean en la radiodifusión sonora, en particular la televisión.

²⁴ Estas especificaciones pueden hallarse en <http://nordig.org/specifications/>.

²⁵ La especificación puede hallarse en http://www.tv-plattform.de/images/stories/pdf/MinimumRequirements_DVB-T2_Germany.zip.

- Recomendación UIT-R BS.1909 [7.7]: especifica «los requisitos de calidad de funcionamiento para un sistema de sonido estereofónico multicanal para uso con o sin acompañamiento de imagen. Un sistema de este tipo, o que se derive del mismo, puede encontrar su aplicación como componentes de sonido de programas, imágenes digitales en pantalla grande (LSDI) ampliadas²⁶ y de TV de extremadamente alta definición (TVEAD)».

7.3 Mediciones para el control de la calidad de servicio

Para asegurar la prestación correcta del servicio, se deben controlar numerosos parámetros.

Para la DVB-T2, la norma ETSI TR 101 290 [7.8] define los parámetros que se pueden utilizar para controlar el suministro de la señal e identificar posibles fallos. En ella se enumeran numerosos puntos en la cadena en que pueden realizarse las mediciones. Convendría controlar todos esos requisitos definidos, por ejemplo en la norma ETSI TR 101 290 [7.8], para asegurar que se cumple la calidad de servicio.

7.3.1 Mediciones en la interfaz IF-1

En la interfaz IF-1 de la Figura 7.14, el tren de datos es un TS (tren de transporte) o un TS encapsulado en IP (protocolo Internet). Contiene los datos de vídeo y audio, así como los datos de servicio, que se van a transmitir.

Habría que efectuar estas mediciones antes del inicio de la transmisión y durante el funcionamiento. Los errores que se produzcan pueden incidir en la calidad de recepción de cada receptor.

Para la DVB-T2, la interfaz IF-1 es idéntica a la interfaz A de la norma ETSI TR 101 290 [7.8]. Las mediciones que deben realizarse se detallan en la sección 5 de dicha norma.

7.3.2 Mediciones en la interfaz IF-2

En la interfaz IF-2 de la Figura 7.1, el tren de datos es un TS (tren de transporte) o un TS encapsulado en IP (protocolo Internet). La pasarela ha añadido la información que necesita el transmisor para establecer la señal requerida.

Habría que efectuar estas mediciones antes del inicio de la transmisión y durante el funcionamiento. Los errores que se produzcan pueden incidir en la calidad de recepción de cada receptor.

Para la DVB-T2, la interfaz IF-2 es idéntica a la interfaz B de la norma ETSI TR 101 290 [7.8]. Las mediciones que deben realizarse se detallan en la sección 11.2 de dicha norma.

7.3.3 Mediciones en la interfaz IF-3

En la Figura 7.1 se ha definido la interfaz IF-3 como la interfaz medida directamente a la salida del transmisor utilizando un acoplador direccional, o en el laboratorio utilizando un generador de señales. El formato de la señal es una señal RF enteramente creada.

Habría que efectuar estas mediciones antes del inicio de la transmisión para asegurar que la señal transmitida cumpla los requisitos.

Para la DVB-T2, la interfaz IF-3 es idéntica a la interfaz C de la norma ETSI TR 101 290 [7.8]. Las mediciones que deben realizarse a la salida del transmisor se detallan en la sección 11.3 de dicha norma.

Si la Recomendación UIT-R BT.2033 [7.9] no proporciona la relación de protección necesaria para la planificación, ésta se pueden obtener efectuando mediciones de laboratorio en la interfaz IF-3 utilizando un generador de señales DTT. Los resultados también se pueden utilizar para planificar la cobertura prevista.

²⁶ Jerarquía ampliada de formatos de imágenes digitales en pantalla grande. Véase la Recomendación UIT-R BT.1769.

7.3.4 Mediciones en la interfaz IF-4

La interfaz IF-4 se define como la interfaz donde se realizan las mediciones en el terreno. El formato de la señal es el mismo que la señal RF emitida desde una estación DTT, pero habrá sido alterado por los efectos del canal de propagación RF.

Sin embargo, en comparación con la interfaz IF-3, no todas las mediciones son necesarias en el terreno. Hay que dar prioridad a la intensidad de campo recibida y a los parámetros de calidad de la señal, que pueden utilizarse para verificar o mejorar el modelado de la cobertura y, por consiguiente, para mejorar la calidad de servicio.

Para la DVB-T2, la interfaz IF-4 es idéntica a la interfaz C de la norma ETSI TR 101 290 [7.8]. Las medidas que deben realizarse se detallan en la sección 11.3 de dicha norma.

7.3.5 Mediciones en la interfaz IF-5

En la interfaz IF-5 de la Figura 7.1, el tren de datos es un TS (tren de transporte) o un TS encapsulado en IP (protocolo Internet). Contiene los datos de vídeo y audio, así como los datos de servicio.

Para garantizar la calidad del servicio, este tipo de mediciones se puede aplicar en dos casos. En ambos se necesita un receptor de medición para analizar los datos TS.

El primer caso alude a la operación de comprobación de la red a distancia, cuando una medición efectuada en alguna parte del terreno no sólo controla la intensidad y calidad de la señal RF indicada para la interfaz IF-4, sino que también realiza evaluaciones a nivel del tren de transporte.

El otro caso se refiere a las pruebas de laboratorio de los receptores realizadas para comprobar si un receptor doméstico funciona correctamente con la señal especificada. Un receptor de medición puede comprobar si la señalización es correcta y luego efectuar una nueva comprobación en el receptor doméstico puesto a prueba para determinar que el receptor funciona correctamente. Por ejemplo, se puede comprobar si es posible tener acceso a la información transmitida o si la imagen se ha decodificado correctamente.

Para la DVB-T2, la interfaz IF-5 es idéntica a la interfaz D de la norma ETSI TR 101 290 [7.8]. Las medidas que deben realizarse se detallan en la sección 5 de dicha norma.

7.4 Ejemplos de calidad de transmisión en la televisión digital

En el Informe UIT-R BT.2389 [7.18] se dan ejemplos de la estimación de la calidad de transmisión a nivel de las señales moduladas y del tren de transporte MPEG. Para hallar ejemplos de la estimación de la cobertura, véanse [7.10] a [7.17].

7.5 Redundancia: medio adecuado de mantener la calidad de servicio

El cumplimiento de cada uno de los requisitos enunciados anteriormente y su control no garantizarán la calidad de servicio, a menos que la infraestructura básica de las estaciones transmisoras DTT cumplan también ciertos requisitos.

Para garantizar una disponibilidad en el tiempo muy elevada se deben considerar al menos otros tres aspectos:

- Fuente de alimentación: Como la red de suministro de electricidad «estándar» podría no estar disponible de forma permanente, tal vez sea necesario contar con un generador adicional *in situ* para que el número de interrupciones de servicio sea mínimo.
- Distribución primaria: La distribución primaria que alimenta las señales a través de las interfaces IF-1 e IF-2 debería también ofrecer la disponibilidad mínima necesaria. Se puede optimizar la fiabilidad de cada interfaz si se coloca el equipo a ambos lados de la interfaz, acortando la distancia que debe recorrer la señal. Sin embargo, en el caso de la interfaz IF-2, la señal tendrá normalmente que ser enviada a uno o más emplazamientos del transmisor distantes. Puede resultar muy costoso mejorar un circuito único de distribución para que alcance el nivel deseado. Por lo tanto, podría ser más eficaz prever un segundo circuito de distribución para asegurar una disponibilidad muy elevada.

- Fallo de los componentes del sistema: Se puede mejorar la disponibilidad si se dispone de un equipo de reserva. Puede tratarse de un transmisor suplementario o de componentes del transmisor que comienzan a funcionar cuando falla el equipo. En casos extremos, se podría prever un emplazamiento de transmisión totalmente equipado situado muy cerca del emplazamiento principal.

El concepto de redundancia real depende de una serie de aspectos económicos y operativos. Está determinado por la importancia de una estación DTTB concreta (normalmente determinada por la cobertura de la población).

El análisis de riesgos puede ser un punto de partida interesante para determinar el objetivo de disponibilidad.

Bibliografía del Capítulo 7

- [7.1] **UIT-R**, Recomendación UIT-R BT.1868, *Requisitos de usuario para los códecs de transmisión de señales de televisión a través de redes de contribución, de distribución primaria y de periodismo electrónico por satélite*
- [7.2] **UIT-R**, Recomendación UIT-R BT.1122-2, *Requisitos de usuario relativos a los códecs para los sistemas de emisión y de distribución secundaria para SDTV y TVAD*
- [7.3] **UIT-R**, Recomendación UIT-R BT.2053, *Technical requirements for integrated broadcast-broadband systems* (Requisitos técnicos relativos a sistemas integrados de radiodifusión y banda ancha) (publicada únicamente en inglés)
- [7.4] **UIT-T**, Recomendación UIT-T J.205 (2012) Corrigendum 1 (01/2013), *Requirements for an application control framework using integrated broadcast and broadband digital television* (Requisitos para un marco de control de aplicaciones para sistemas integrados de radiodifusión de televisión digital y banda ancha) (publicada únicamente en inglés)
- [7.5] **UIT-R**, Recomendación UIT-R BS.775-3, *Sistema de sonido estereofónico multicanal con y sin acompañamiento de imagen*
- [7.6] **UIT-R**, Recomendación UIT-R BS.1548, *Requisitos de usuario para sistemas de codificación de audio en radiodifusión digital*
- [7.7] **UIT-R**, Recomendación UIT-R BS.1909, *Requisitos de calidad de funcionamiento para un sistema de sonido estereofónico multicanal avanzado para uso con o sin acompañamiento de imagen*
- [7.8] **ETSI TR 101 290: Digital Video Broadcasting (DVB); Measurement guidelines for DVB systems** http://www.etsi.org/deliver/etsi_tr/101200_101299/101290/01.03.01_60/tr_101290v010301p.pdf
- [7.9] **UIT-R**, Recomendación UIT-R BT.2033, *Criterios para la planificación, incluidas las relaciones de protección, para la segunda generación de los sistemas de radiodifusión de televisión digital terrenal en las bandas de ondas métricas/decimétricas*
- [7.10] **UIT-R**, Recomendación UIT-R BT.1125, *Objetivos básicos para la planificación y realización de sistemas de radiodifusión terrenal de televisión digital*
- [7.11] **UIT-R**, Recomendación UIT-R BT.1735-1, *Métodos de evaluación objetiva de la calidad de la cobertura de las señales de radiodifusión de televisión digital terrenal del Sistema B especificado en la Recomendación UIT-R BT.1306*
- [7.12] **UIT-R**, Recomendación UIT-R SM.1875, *Mediciones de la cobertura de la DVB-T y verificación de los criterios de planificación*
- [7.13] **UIT-R**, Informe UIT-R BT.2035, *Directrices y técnicas para la evaluación de sistemas de radiodifusión de televisión digital terrenal*
- [7.14] **UIT-R**, Informe UIT-R BT.2137, *Coverage prediction methods and planning software for digital terrestrial television broadcasting networks* (Métodos de predicción de cobertura y soporte lógico de planificación para redes de radiodifusión de televisión terrenal digital (DTTB)) (publicado únicamente en inglés)

- [7.15] **UIT-R**, Informe UIT-R BT.2143, *Boundary coverage assessment of digital terrestrial television broadcasting signals* (Evaluación de los límites de cobertura de las señales de radiodifusión de televisión terrenal digital) (publicado únicamente en inglés)
- [7.16] **UIT-R**, Informe UIT-R BT.2248, *A conceptual method for the representation of loss of broadcast coverage* (Método conceptual para la representación de la pérdida de cobertura de radiodifusión) (publicado únicamente en inglés)
- [7.17] **UIT-R**, Informe UIT-R BT.2252, *Objective quality coverage assessment of digital terrestrial television broadcasting signals of Systems A and B* (Métodos de evaluación objetiva de la calidad de la cobertura de las señales de radiodifusión de televisión terrenal digital del Sistema A y B) (publicado únicamente en inglés)
- [7.18] **UIT-R**, Informe UIT-R BT.2389, *Guidelines on measurements for digital terrestrial television broadcasting systems* (Directrices relativas a las mediciones de sistemas de radiodifusión de televisión terrenal digital) (publicado únicamente en inglés)

CAPÍTULO 8

Asistencia satelital

8.1 Introducción

En este Capítulo se indica de qué manera los satélites pueden contribuir a la prestación de servicios de radiodifusión de televisión terrenal digital.

Para una gran zona de cobertura (nacional e internacional), se utiliza por regla general la radiodifusión de televisión por satélite. El presente Manual no se ocupa de este servicio de radiodifusión por satélite (SRS). Puede hallarse una información más completa al respecto en los documentos de la Comisión de Estudio 4 del UIT-R.

Los satélites, especialmente en el servicio fijo por satélite (SFS) y en el servicio móvil por satélite (SMS), revisten no obstante una importancia considerable en el servicio de radiodifusión de televisión terrenal. Se pueden utilizar, por ejemplo, para alimentar redes de transmisión DTTB; son de utilidad también como canales de retorno en la televisión interactiva cuando no hay otras redes de telecomunicación disponibles para ese fin. Los satélites de radiodifusión y la radiodifusión de televisión terrenal pueden, en principio, cooperar para optimizar la cobertura de la radiodifusión. Estos conceptos se conocen a menudo como radiodifusión híbrida, aunque el término en sí no está definido en el Reglamento de Radiocomunicaciones de la UIT, y las aplicaciones de esos sistemas sólo se conocen actualmente en la radiodifusión sonora y de datos digital.

NOTA – Una aplicación sumamente útil para la producción de televisión es el periodismo electrónico por satélite (SNG), una forma específica del periodismo electrónico (ENG), que se describe más exhaustivamente en el Capítulo 15.

8.2 Satélites en calidad de enlaces de conexión para redes de radiodifusión de televisión terrenal

Un múltiplex de radiodifusión generado centralmente puede ser distribuido a través de un satélite del SFS para alimentar una red de radiodifusión terrenal, lo cual reviste especial utilidad en grandes zonas de servicio de radiodifusión y cuando no se dispone de enlaces de conexión terrenales, como fibras ópticas o enlaces de retransmisión inalámbricos.

Según la frecuencia de satélite utilizada, puede haber pérdidas de la señal durante fuertes precipitaciones o cuando se acumulan nieve húmeda o hielo en la antena receptora parabólica de la estación transmisora de radiodifusión. En frecuencias superiores a unos 10 GHz, la atenuación debida a la lluvia puede causar interrupciones en el enlace descendente. Un enlace ascendente en las bandas Ku o Ka es más estable dado que, en caso de atenuación de la señal, se aplican el control de la potencia y la transmisión en diversidad espacial.²⁷ Con la alimentación por satélite, se puede lograr un alto porcentaje de fiabilidad, aunque no se puede garantizar una viabilidad del 100 por ciento.

En caso de alimentar una SFN terrenal, hay que tener sumo cuidado para compensar las diferencias en el tiempo de propagación en los diferentes emplazamientos de recepción. La longitud del trayecto entre el satélite y cada transmisor de radiodifusión terrenal varía, como varía también el tiempo de propagación de la señal de satélite. Las diferencias de tiempo típicas son del orden de microsegundos. En las SFN, se debe asegurar que el tiempo de emisión sea nominalmente equitativo en cada emplazamiento de transmisión terrenal (hay que tener sin embargo en cuenta que se pueden aplicar desfases temporales específicos para el funcionamiento

²⁷ El control de potencia aumenta la potencia del enlace ascendente de la estación terrena de satélite de acuerdo con la atenuación de la señal medida durante las lluvias. Una segunda estación terrena situada a una distancia considerable de la estación principal puede utilizarse como reserva y cuando las lluvias desatadas en la estación principal son tan intensas que el control de potencia no es suficiente para lograr la atenuación. Naturalmente, la estación de reserva debe estar conectada a la estación principal mediante un enlace fiable que no esté sujeto a la atenuación debida a la lluvia, esto es, mediante fibra óptica o enlaces radioeléctricos que funcionan a frecuencias inferiores a 10 GHz.

óptimo de una SFN, como se indica en el Capítulo 4). La señal de satélite recibida debe ser por tanto almacenada temporalmente para la emisión síncrona. Para ello, se suele utilizar la referencia temporal proporcionada por satélites de navegación. Si no se observa una sincronización de tiempo, parte del intervalo de guarda se pierde y, por consiguiente, la capacidad de recuperación de las señales de radiodifusión MDFOC frente a la interferencia por trayectos múltiples.

8.3 Utilización de satélites como canales de retorno IP en la televisión interactiva

En la televisión terrenal moderna, la interactividad necesita una conexión adicional del televisor o del decodificador a una red de telecomunicaciones, generalmente una red de banda ancha con IP que permite el acceso a Internet (WLAN, DSL, red móvil, etc.). Cuando no se dispone de ese tipo de redes terrenales, se suele tener acceso a través de una estación VSAT que proporciona, en el recinto de los usuarios, dicho acceso IP por satélite. La antena parabólica está equipada con un diplexor de frecuencias que permite desacoplar los enlaces ascendentes y descendentes del satélite. Como el enlace ascendente está normalmente limitado a bajas velocidades de datos (por ejemplo, solicitud de contenido), la potencia de transmisión de esas estaciones VSAT puede ser relativamente baja (unos pocos vatios) así como el diámetro de la antena parabólica (del orden de un metro en la banda Ku).

En el Capítulo 10 se puede hallar una información más completa sobre interactividad y sistemas utilizados para aplicaciones integradas de radiodifusión y banda ancha.

8.4 Utilización conjunta de la radiodifusión terrenal y la radiodifusión por satélite

El contenido de televisión se transmite a los terminales a través de infraestructuras terrenales, o bien a través de la distribución por satélite. Con la introducción de la recepción móvil de televisión y, más generalmente, de las aplicaciones multimedios, los usuarios exigen la continuidad del servicio que pueden ofrecer los sistemas híbridos, gracias a la combinación de la radiodifusión por satélite y la radiodifusión terrenal, utilizando microcircuitos de RF comunes que reciben transmisiones por satélite o terrenales y se basan en tecnologías SDR.

Hay dos tipos de estructuras de sistemas: sistema híbrido por satélite/terrenal y sistema SMS integrado, cuya definición y descripción figura a continuación. Estos textos se facilitan a título de ejemplo e ilustran el principio de ese tipo de sistemas, dado que actualmente sólo se utilizan para las radiocomunicaciones y la radiodifusión de datos.

8.4.1 Definición de sistema híbrido por satélite/terrenal

Según el ETSI, un sistema híbrido por satélite/terrenal es un «sistema que utiliza componentes satelitales y terrenales que están interconectados pero funcionan independientemente entre sí. En ese tipo de sistemas, los componentes satelitales y terrenales tienen sistemas de gestión de la red separados y no utilizan necesariamente la misma modulación» [8.1]. Asimismo, conviene señalar que, generalmente, los dos componentes no funcionan en la misma banda de frecuencias.

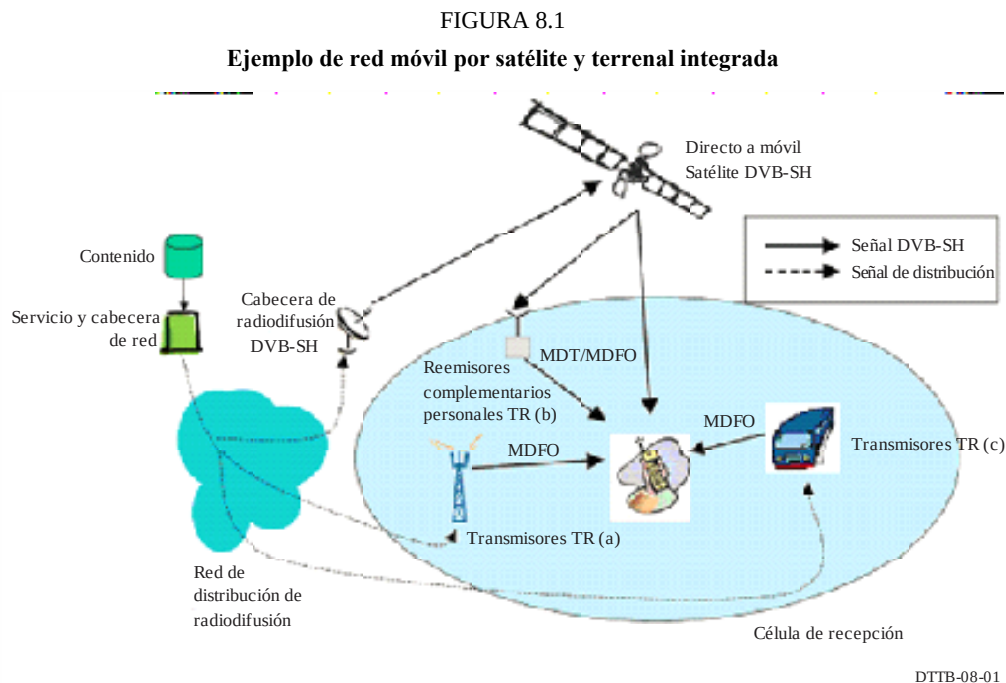
Por ejemplo, la combinación de una infraestructura satelital y una infraestructura terrenal optimiza los costos de inversión dado que ofrece una señal en zonas con baja densidad de población, mientras que en zonas densamente pobladas, donde la recepción de la señal de satélite es más difícil, la infraestructura terrenal se utiliza para transmitir el mismo contenido en la misma banda. Esta infraestructura terrenal podrá emitir programas locales además de programas emitidos por satélite.

8.4.2 Definición de sistema SMS integrado

Según el ETSI y el UIT-R, un sistema SMS integrado es «un sistema que utiliza un componente de satélite y un componente de tierra, en el cual el componente de tierra es complementario del componente de satélite, es parte integrante del sistema SMS y funciona como tal. En sistemas de este tipo, el componente de tierra está controlado por el sistema de gestión de la red y los recursos de satélite. Asimismo, el componente de tierra utiliza las mismas partes de las bandas de frecuencias del SMS que el sistema móvil por satélite operacional asociado». [8.1], [8.2], [8.3]

En los Estados Unidos y Canadá estos sistemas se conocen como SMS-ATC (SMS con componente terrenal auxiliar) y en Europa como SMS-CGC (SMS con componente de tierra complementario), y son utilizados en las bandas 1-3 GHz.

Como se observa en la Figura 8.1, el componente de tierra de un sistema integrado no es una red autónoma y utiliza las mismas frecuencias atribuidas al componente de satélite, aunque los dos componentes no utilizan necesariamente las mismas frecuencias de forma simultánea en la misma zona geográfica. Esta compartición del espectro proporciona un servicio más útil dado que mejora la eficacia general del espectro permitiendo una mayor reutilización de frecuencias, lo que facilita a su vez economías de escala que son importantes para reducir los costos de la red.



Bibliografía del Capítulo 8

- [8.1] **ETSI TR 103 124** *Satellite Earth Stations and Systems (SES); Combined Satellite and Terrestrial Networks scenarios*
- [8.2] **UIT-R** Vocabulario:
<http://www.itu.int/net/ITU-R/asp/terminology-definition.asp?lang=en&rlink={FB87FE16-E1BC-42E6-92BC-567849F31903}>
- [8.3] **UIT-R**, Recomendación UIT-R S.1878-0, *Técnicas de transmisión por multiportadora para sistemas de satélites*

PARTE 2

ASPECTOS DE LA RADIODIFUSIÓN DE TELEVISIÓN DIGITAL RELATIVOS AL SISTEMA

Introducción a la Parte 2

Mientras que en la Parte 1 se examinaron los aspectos de la radiodifusión de televisión terrenal digital (DTTB) relativos a la red en general y principalmente en forma independiente del sistema, en la Parte 2 se hará hincapié en los aspectos relativos al sistema. En primer lugar, se describirán de forma detallada y exhaustiva los diversos sistemas de radiodifusión terrenal digital, y seguidamente se abordará la interactividad y la colaboración entre las tecnologías de radiodifusión y las tecnologías de banda ancha, facilitándose información sobre el acceso condicional, en particular la protección de contenido.

En las señales digitales, la calidad audiovisual se determina de forma diferente a la del servicio de televisión analógica. Si bien esta última está sumamente dominada por el ruido de transmisión y la interferencia, la señal digital no sufre perturbaciones de esa naturaleza mientras no se excedan ciertos niveles de ruido e interferencia. En cambio, no hay una degradación progresiva. Debido a la corrección de errores directa, entre la recepción perfecta y el fallo total hay menos de un decibel de margen. Las detecciones visibles (como la desalineación) se deben al sistema de compresión utilizado en los sistemas de reproducción y codificación de los organismos de radiodifusión.

Naturalmente, los receptores deben funcionar adecuadamente. Sus funciones se describen en un capítulo consagrado a ese tema. Los servicios de acceso para personas con discapacidad o necesidades especiales son una cuestión importante. La televisión digital ofrece más posibilidades y una realización más fácil de esos servicios que nos ayudan a todos, no sólo a las personas con discapacidad.

CAPÍTULO 9

Sistemas de radiodifusión de televisión terrenal digital

9.1 Tecnologías del sistema de radiodifusión

9.1.1 Métodos múltiplex de servicio y transporte

9.1.1.1 Introducción

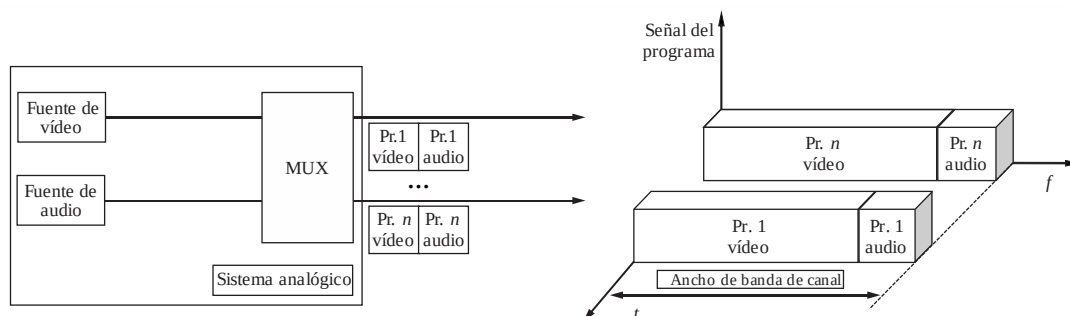
En contraste con la radiodifusión de televisión analógica, donde los componentes de los programas de televisión (como la imagen o el sonido que la acompaña, etc.) se transmiten por separado, los sistemas de radiodifusión digital se basan en el principio de la transmisión combinada simultánea de señales de vídeo, sonoras, de datos y de control.

En los sistemas de radiodifusión analógica, la imagen y el sonido de los programas se transmiten por canales de frecuencias separados, conforme al principio de que la señal de un programa ocupa el ancho de banda total del canal (Figura 9.1).

En los sistemas de radiodifusión digital se aplica el modo de transmisión simultánea dentro de un canal de frecuencias para suministrar trenes de datos que contienen paquetes generados a partir de la información de audio y de vídeo de uno o más programas (Pr.1, Pr. 2 ... Pr. n), y trenes de datos adicionales, con segmentación de tiempo virtual y del ancho de banda de las frecuencias (Figura 9. 2).

FIGURA 9.1

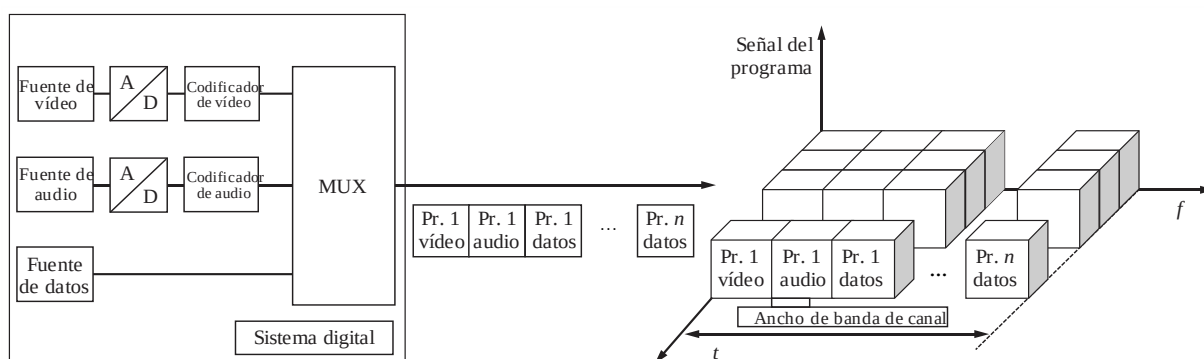
Principio de transmisión multiprograma en sistemas de radiodifusión analógica



DTTB-09-01

FIGURA 9.2

Principio de transmisión multiprograma en sistemas de radiodifusión digital



DTTB-09-02

Se puede prever la transmisión simultánea de componentes de múltiples programas mediante la utilización de técnicas de tratamiento de la señal digital, tecnologías de telecomunicación digitales y, en particular, métodos de reducción de datos basados en la redundancia específica para ciertos tipos de medios (por ejemplo, redundancia visual, redundancia psicoacústica y redundancia estadística). El uso combinado de todas estas tecnologías hizo posible la utilización cada vez más eficaz del espectro radioeléctrico y, por lo tanto, una reducción considerable de la capacidad del canal necesaria para la transmisión de la información.

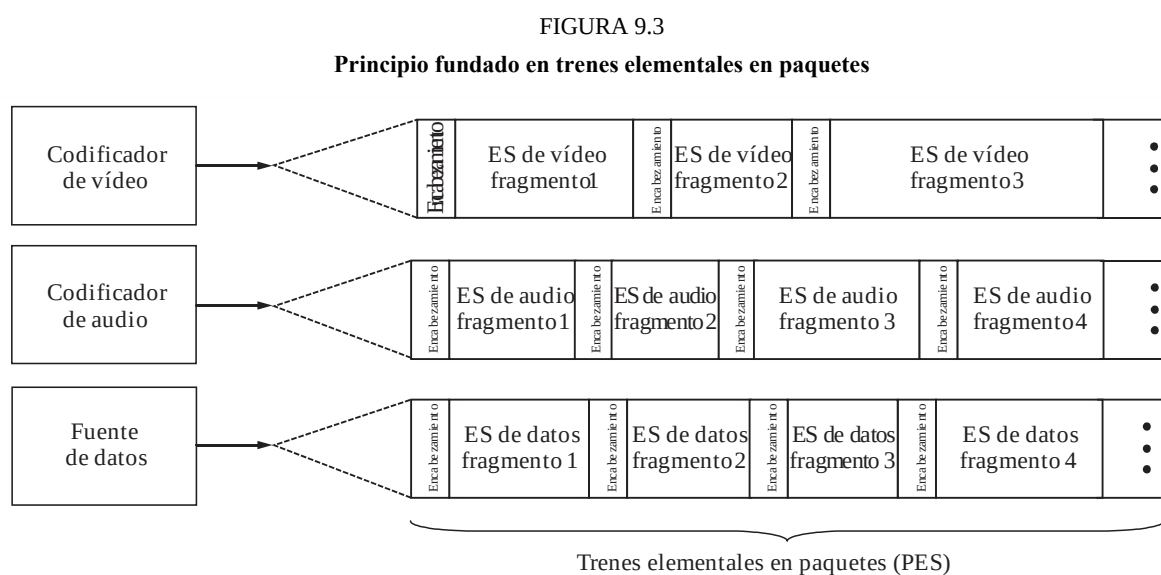
9.1.1.2 Métodos múltiplex de servicio

En la DTTB, uno o más múltiplex digitales pueden transportar un cierto número de servicios de televisión, compuestos cada uno por uno o varios componentes de vídeo, uno o varios componentes de audio y, optativamente, otros componentes tales como datos auxiliares. Se deben transmitir también datos adicionales para que el equipo del usuario pueda localizar el servicio deseado (y los componentes interesantes de ese servicio) y crear un entorno de navegación adecuado que facilite el acceso a los servicios digitales disponibles.

La multiplexación de servicios puede ser realizada por el método de transmisión estructurada (asignación fija) o de transmisión de paquetes (asignación variable), o incluso por una combinación de ambos. Estos métodos tienen ventajas considerables en diversas implementaciones de servicios.

Multiplexación de paquetes de longitud fija y variable. El método general de multiplexación del sistema se puede considerar una combinación de operaciones de multiplexación en dos capas diferentes. En la primera (capa de programa) se forman trenes de bits de programa único multiplexando los paquetes a partir de uno o más trenes de bits elementales (Figura 9.3), y en la segunda (capa de transporte) se combina un cierto número de trenes de bits de programa único para formar uno o más trenes de transporte.

A la salida del codificador de la fuente (codificadores de vídeo y de audio), la información se organiza como una serie de trenes separados llamados trenes elementales (ES) (Figura 9.3).



DTTB-09-03

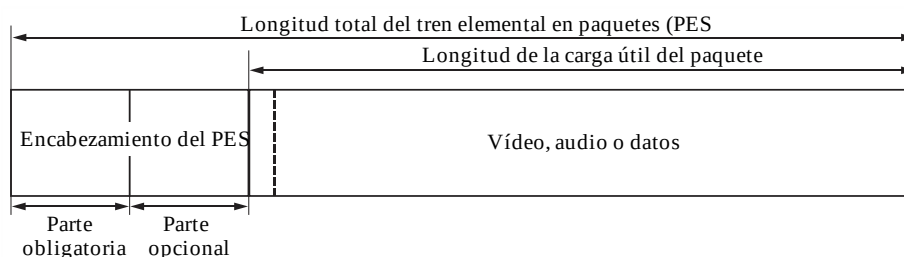
Cada tren elemental está empaquetado pues está formado por una serie de paquetes de longitud variable, cada uno de los cuales contiene una cierta porción de información relativa a la imagen transmitida, las secuencias sonoras o los datos. En los sistemas de radiodifusión de televisión digital, los trenes de datos pueden ser transmitidos como en la carga útil del PES o mediante la utilización de otros mecanismos, definidos en la sección 9.1.4.

La longitud del paquete de trenes elementales depende de numerosos factores, como el nivel crítico del contenido respecto a la compresión, el solapamiento de la memoria intermedia del codificador de la fuente, etc. La capacidad máxima del paquete está limitada a 64 kbytes.

En la Figura 9.4 se observa la estructura del paquete del PES con una indicación de los elementos básicos. El paquete del PES consta de un encabezamiento, seguido por el tren elemental de señales de vídeo o de audio normalizadas por el Grupo de Expertos sobre imágenes en movimiento (MPEG) o el tren elemental del servicio de datos, y su longitud es variable (tanto el encabezamiento como el contenido del paquete son variables).

Los encabezamientos del paquete del PES constan de partes obligatorias y opcionales. En la parte obligatoria, que tiene una longitud de 6 bytes, se proporciona información sobre el comienzo del paquete (3 bytes) (indica el comienzo del paquete del PES), el identificador del tren, la definición del tipo de tren, el fragmento que se cursa en ese PES (1 byte) y el valor de la longitud del paquete del PES (2 bytes).

FIGURA 9.4
Estructura del PES



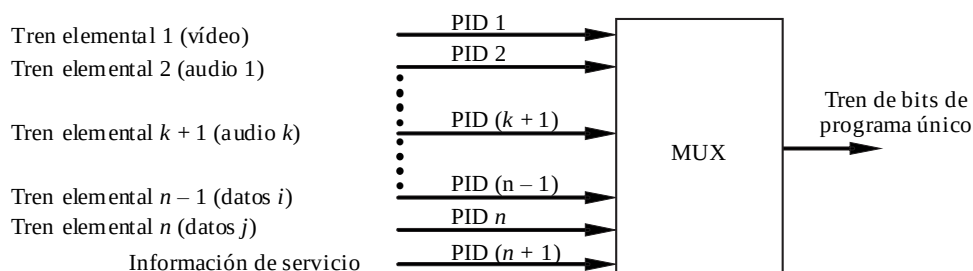
DTTB-09-04

La disponibilidad de la parte opcional del encabezamiento de un PES depende de las necesidades de la aplicación. Si se aplica, esa parte del encabezamiento de longitud variable contiene información relativa a la utilización de la aleatorización en el tren elemental. Si el material de la carga útil del paquete del PES asociado está protegido o no por derechos de autor y si los contenidos de la carga útil del paquete del PES son originales o una copia, el número total de bytes de los campos opcionales y los bytes de relleno están contenidos en el encabezamiento de ese paquete del PES. Además, se pueden aplicar diferentes campos opcionales, en particular, campos que contienen información sobre la indicación del tiempo de presentación (PTS) y la indicación del tiempo de decodificación (DTS), necesarias para la sincronización de audio y vídeo.

En la Recomendación UIT-R BT.1209-1 [9.1] se definen en detalle el formato del paquete del PES y también las limitaciones de los diferentes tipos de trenes (trenes PES de vídeo, trenes PES de audio).

En un tren de bits de programa único, la formación del tren de bits multiplexado requiere que cada tren de bits elementales en paquetes (PES) se combine con identificadores de paquetes (PID) compartiendo una base de tiempo común, y un tren de bits de control en paquetes (subcanal de información de servicio) que describe el programa.

FIGURA 9.5
Ilustración de multiplexación para formar un tren de programa único



DTTB-09-05

Para los sistemas de radiodifusión de multimedios digitales, se define un mecanismo especial de multiplexación con paquetes de longitud variable, llamado multiplexación tipo-longitud-valor (TLV). Se especifican técnicas para el transporte de paquetes IP por canales de radiodifusión: formato de encapsulado, formato de paquetes IP comprimidos con encabezamiento y señales de control de la transmisión. Para una información más completa, véase la Recomendación UIT-R BT.1869 [9.2] y [9.98, 9.106].

Multiplexación estadística. La utilización de códecs de compresión de información audiovisual con codificación de velocidad binaria variable (VBR) se ha generalizado. En este tipo de compresión se utiliza un algoritmo para asignar una cierta capacidad de datos a escenas de imágenes que son esenciales para la calidad de la compresión. En otros casos, se utiliza un número menor de bits.

Esto implica la posibilidad de la variación de la velocidad binaria a la salida del codificador de audio o de vídeo según la naturaleza de la escena o de la secuencia de sonido en tratamiento, o según las necesidades de un determinado programa. Sin embargo, para el posterior tratamiento en el sistema de radiodifusión se necesita a menudo una velocidad binaria independiente del tiempo. Para ello, se añade información de relleno a los datos. En tales condiciones, no obstante, la utilización del espectro es menos eficaz.

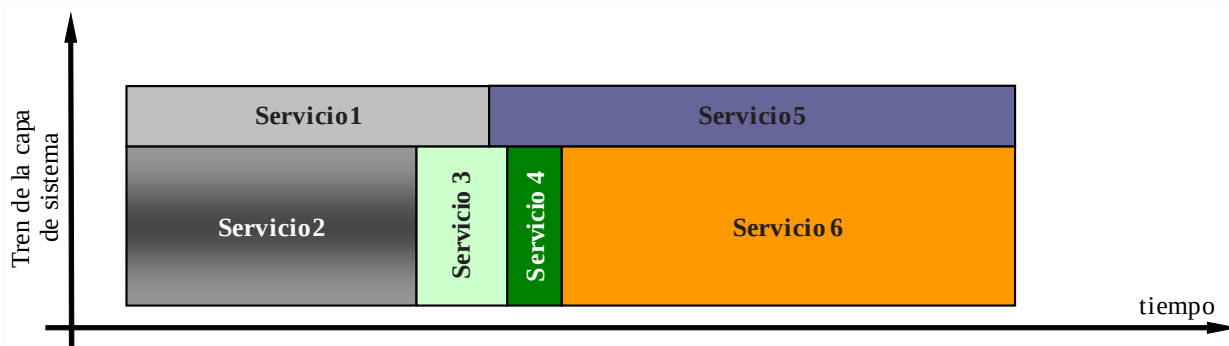
En la radiodifusión digital es muy conveniente aprovechar la capacidad disponible del canal de manera efectiva y eficaz. Dado que la velocidad binaria necesaria para obtener la calidad de imagen deseada depende del contenido de la imagen, la codificación de velocidad binaria constante entraña grandes variaciones en la calidad de imagen y una utilización poco eficaz de la capacidad del canal. Esto indica que un sistema de compresión a velocidad binaria variable que permita una atribución dinámica de la capacidad del canal a los programas dará como resultado una mejor calidad total de la imagen y/o el ahorro de ancho de banda. Para realizar una atribución binaria entre los programas, hay que utilizar un mecanismo de control conocido como control común de codificación. Se hace referencia a esta técnica como multiplexación estadística (aunque en la multiplexación estadística convencional no hay ningún mecanismo de control global).

Los codificadores de norma MPEG que se pueden adquirir actualmente en el mercado están diseñados para admitir una velocidad de datos de salida variable. En un entorno multiprograma, las velocidades de datos de varios programas multiplexados se pueden controlar conjuntamente para obtener en cada programa la calidad de imagen deseada utilizando un sistema de codificación a velocidad binaria variable, al mismo tiempo que la velocidad binaria global se mantiene constante a la velocidad de canal.

En las Recomendaciones UIT-R BT.1437 [9.3] y UIT-T J.180 [9.4] se definen los principios básicos y los requisitos de la multiplexación estadística.

Se puede por tanto lograr en cierta medida una utilización más eficaz del canal gracias a la aplicación de la multiplexación estadística (Figura 9.6).

FIGURA 9.6
Ejemplo de multiplexación estadística



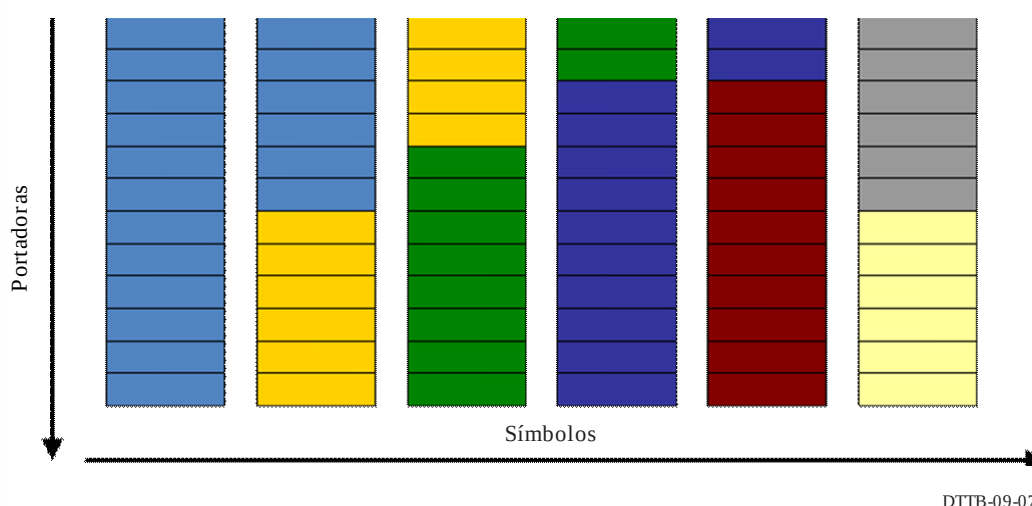
En el caso de la multiplexación estadística, se realiza la asignación de recursos de canal común a servicios transportados en el tren de la capa de sistema (Servicio 1 a Servicio 6 en la Figura 9.6), dependiendo de la velocidad binaria necesaria en cada porción de tiempo. En este caso, el recurso de canal se utiliza de manera más eficaz que en el caso de la multiplexación fija, cuando a cada servicio se asigna un volumen de canal fijo. Una de las desventajas de la multiplexación estadística radica en la complejidad de los sistemas de control, en comparación con el método de multiplexación fijo habitual, y la necesidad de una programación adicional, aunque asegura aún el acceso de todos los servicios al recurso de canal. Asimismo, puede ocurrir que la reducción imprevista del recurso asignado a los programas de un organismo de radiodifusión ocasione la disminución de calidad u otros inconvenientes a otras emisoras que comparten el mismo recurso múltiplex.

En cuanto a los sistemas DTTB de la segunda generación, se utiliza el mecanismo especial de multiplexación estadística llamado conducto de capa física (PLP). Un PLP puede ser un subcanal lógico o virtual organizado en un canal físico en particular. Los PLP transportan datos de servicio y datos de señalización a otras capas que no sean L1 (capa física).

Cada PLP de servicio facilita el transporte de datos independientemente de su estructura, con robustez específica y de selección libre propia de los parámetros físicos del PLP utilizado (véase la Figura 9.7) [9.107]. Este método ofrece la posibilidad de aplicar la protección propia del servicio y una utilización más eficaz del recurso de canal basada en el nivel de protección de servicio típico necesario y el formato de modulación (véase la Figura 9.8) [9.91].

FIGURA 9.7

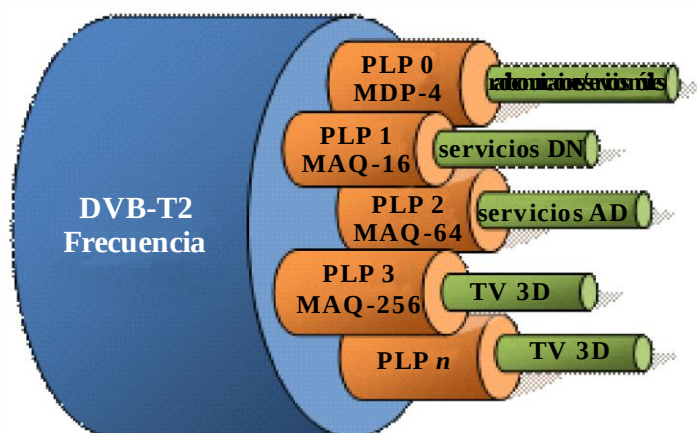
Concepto de conductos de capa física plenamente transparentes del sistema DTTB de segunda generación



Los sistemas DTTB de segunda generación permiten asignar individualmente a cada PLP una constelación, una velocidad de codificación y una profundidad de entrelazado de tiempos. Tanto la capacidad asignada como la robustez pueden ajustarse a las necesidades particulares de los proveedores de contenido/servicios, en función del tipo de receptor y del entorno de utilización de que se trate.

FIGURA 9.8

Concepto propio del servicio basado en los PLP



DTTB-09-08

9.1.1.2.1 Multiplexación PLP

En la DVB-T2, hay dos tipos de PLP: PLP comunes (que contienen información común para varios PLP (conocidos también como grupo de PLP), por ejemplo, servicio u otra información) y PLP de datos de tipo 1 y tipo 2. Los PLP de datos están destinados a transportar los servicios T2 reales. La diferencia entre ambos tipos de PLP de datos reside en las posibilidades de subsegmentación y ahorro de energía.

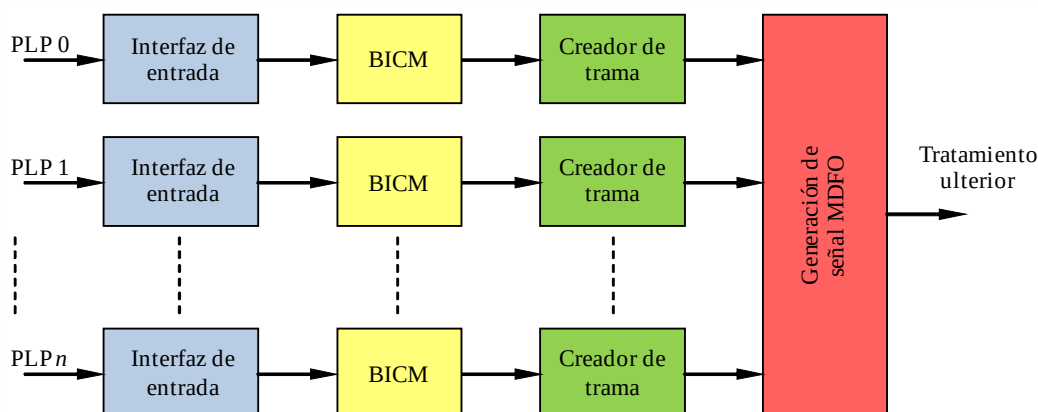
Por consiguiente, los receptores necesitan decodificar hasta dos PLP al mismo tiempo cuando reciben un servicio único: el PLP de datos y su PLP común asociado.

En ATSC 3.0, cualquier PLP puede transportar cualquier tipo de datos.

Se definen dos modos de entrada generales: el modo de entrada A utiliza un solo PLP (es el caso habitual en sistemas de radiodifusión digital de la primera generación), mientras que el modo de entrada B utiliza numerosos PLP (Figura 9.9).

FIGURA 9.9

Modo de entrada B con numerosos PLP



DTTB-09-09

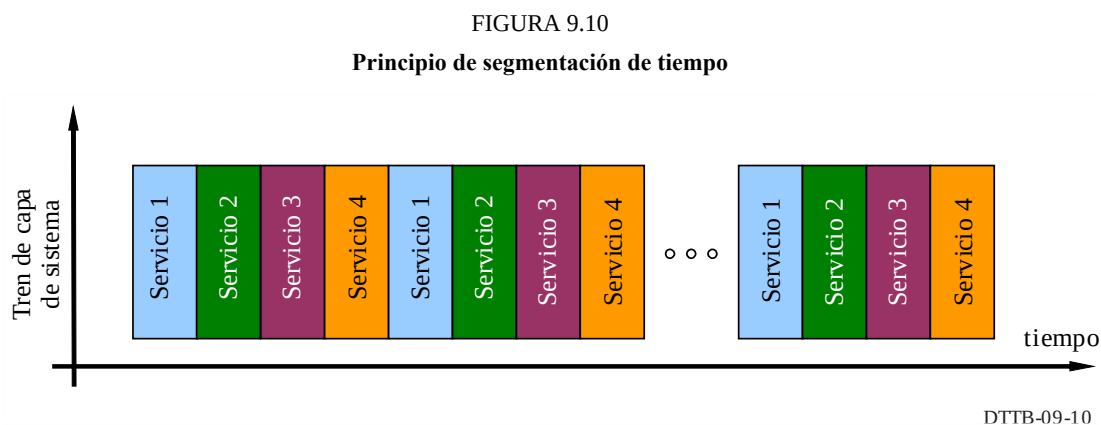
Quizá sea conveniente que el PLP común de un grupo utilice una modulación y una codificación diferentes de las correspondientes a los PLP de datos para compensar la diversidad temporal reducida de un PLP común, en comparación con los PLP de tipo 2 con sus numerosas subsegmentaciones. Es posible llevarlo a cabo si los datos comunes están configurados para tener una velocidad de datos fija.

Un sistema DTTB puede contener diferentes grupos de PLP, cada uno de ellos con codificación y modulación diferentes, a condición de que la velocidad binaria total sea constante en cada grupo.

En principio, se podría efectuar una multiplexación estadística más avanzada entre PLP con velocidades de codificación o modulación diferentes. En el caso de velocidades de codificación diferentes, el multiplexor estadístico necesitará asignar bits a cada servicio en proporción a la velocidad de codificación del PLP asociado, de manera que la velocidad binaria bruta total se mantenga constante. Si se utiliza el modelo «un gran tren de transporte», el gran TS tendrá una velocidad correspondiente a toda la capacidad dada al PLP de la velocidad de codificación más alta.

Multiplexación por segmentos. (Llamada también multiplexación por segmentos con subdivisión del tren del sistema en los dominios de tiempo, frecuencia o tiempo-frecuencia). El objetivo de la segmentación de tiempo es reducir el consumo medio de energía del terminal y facilitar un traspaso de servicio paulatino y sin interrupciones.

Al utilizar la segmentación de tiempo, el múltiplex se organiza como se observa en la Figura 9.10.



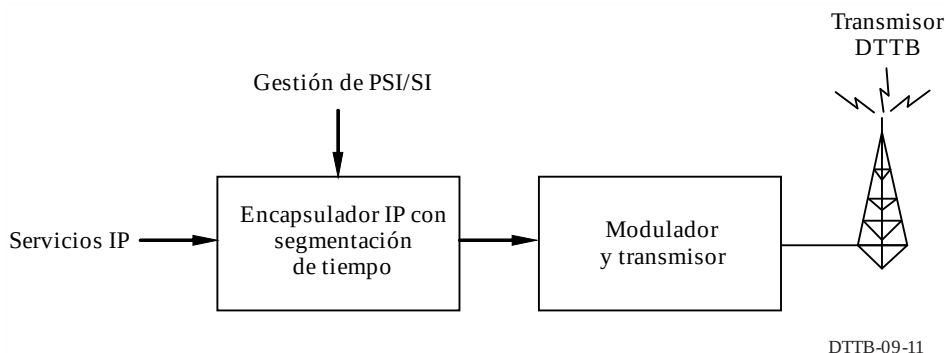
En el caso de una organización múltiplex de este tipo, el tren digital original de cada servicio se divide en segmentos que tienen un tamaño suficiente para ofrecer al usuario la presentación continua de la información. Cada uno de esos segmentos se transmite durante ciertos intervalos cortos de tiempo. Los trenes de servicios diferentes son transmitidos por segmento y el intervalo entre segmentos consecutivos de un servicio no es rebasado por el tiempo necesario para la recepción, decodificación y presentación de la información cursada por el segmento. Gracias a la segmentación de tiempo, un receptor puede permanecer activo sólo durante una fracción del tiempo, es decir, cuando recibe ráfagas de un servicio solicitado.

En la radiodifusión terrenal digital hay diversas variantes de segmentación de tiempo: se puede utilizar un múltiplex especializado, un múltiplex mixto o la transmisión jerárquica.

En la Figura 9.11 se presenta la realización de segmentación de tiempo basada en un múltiplex especializado con encapsulado multiprotocolo (MPE) para la transmisión de servicios sólo IP.

Se supone que el encapsulador IP se encarga de generar secciones MPE a partir de datagramas IP entrantes, así como de añadir los datos PSI/SI necesarios. El tren de salida del encapsulador IP está compuesto de paquetes de transporte MPEG-2.

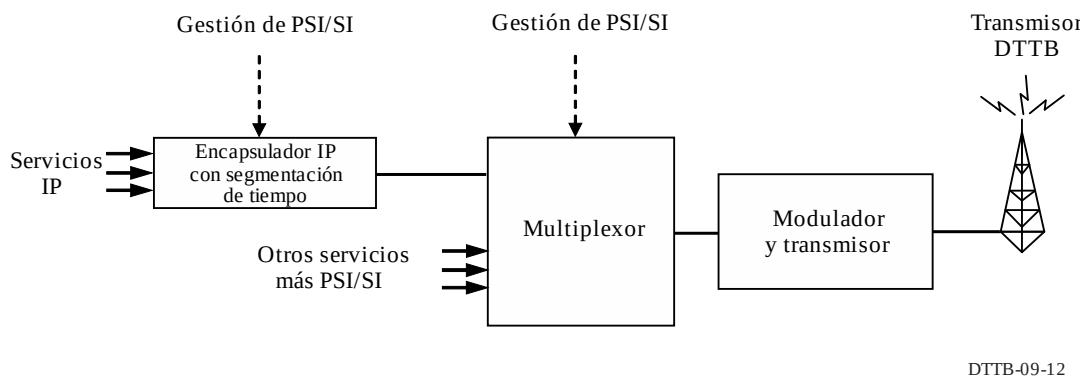
FIGURA 9.11

Ejemplo de realización de segmentación de tiempo con multiplex especializado

Puesto que no hay otros servicios (es decir, ningún servicio sin segmentación de tiempo), la funcionalidad sigue siendo simple. Las ráfagas de segmentación de tiempo se generan en el encapsulador IP. Una ráfaga puede utilizar la velocidad binaria máxima. Cualquier «periodo de desactivación» (es decir, cuando no se transmiten ráfagas de datos para ningún tren elemental) puede rellenarse con paquetes nulos. Las secciones PSI/SI pueden distribuirse por el tren de transporte asignándose una velocidad binaria constante.

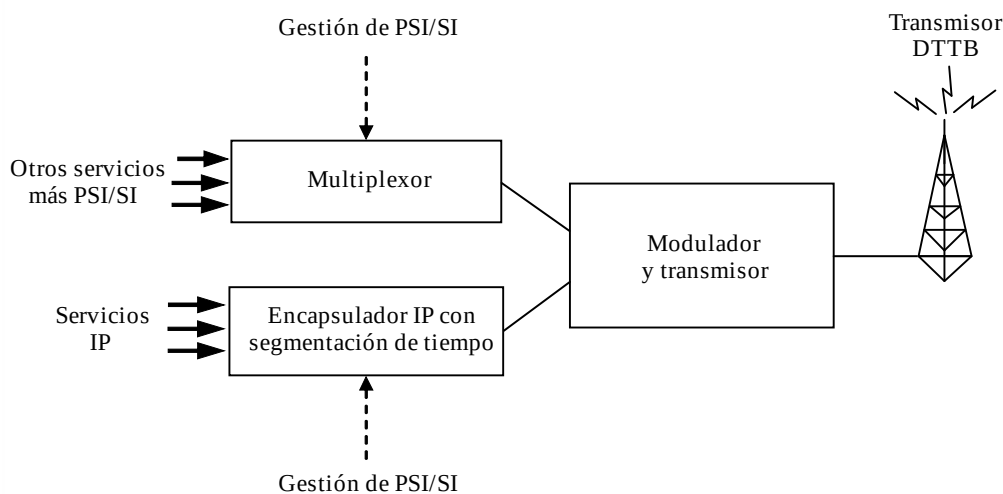
En la Figura 9.12 se observa la creación de una cabecera para el multiplex transmitido que contiene servicios IP y otros servicios (televisión digital). La diferencia principal con respecto al multiplex especializado es la necesidad de un multiplexor.

FIGURA 9.12

Ejemplo de realización de segmentación de tiempo con multiplex mixto

Una posible forma de evitar la combinación de trenes con y sin segmentación de tiempo en un multiplex común, evitando de esa manera la utilización de un multiplexor, es aplicar el modo de transmisión jerárquica. En este caso, el multiplex que contiene servicios con segmentación de tiempo se transmite con prioridad alta, lo que asegura una mayor robustez en un entorno móvil, mientras que el multiplex para servicios sin segmentación de tiempo se transmite con prioridad baja, logrando una velocidad binaria más elevada para servicios de recepción fija. De este modo, se admiten efectivamente dos multiplex en una sola transmisión. En la Figura 9.13 se representa un diagrama en bloques simplificado que admite la transmisión jerárquica.

FIGURA 9.13

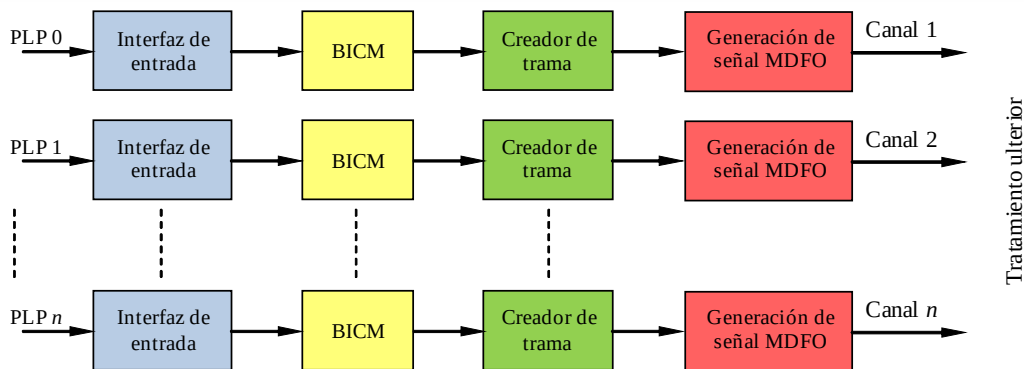
Variante de realización de segmentación de tiempo aplicando la transmisión jerárquica

DTTB-09-13

La segmentación tiempo-frecuencia (TFS) de la DTTB de la segunda generación, que se define en [9.8], es un método en el que las subsegmentaciones de un PLP se envían por numerosas frecuencias radioeléctricas durante la trama del sistema. Se introduce de esta manera una multiplexación estadística de dos dominios, o bien en el tiempo o bien en la frecuencia.

Se aplican los diagramas en bloques básicos presentados en la Figura 9.14 cuando es utilizada la TFS, pero los módulos creador de trama y generación de señal MDFO son modificados para incluir cadenas adicionales con el fin de que haya una ramificación para cada uno de los N canales radioeléctricos (o canales RF) del sistema TFS.

FIGURA 9.14

Diagrama en bloques DVB-T2 de alto nivel en modo TFS

DTTB-09-14

En el caso de la TFS, las velocidades binarias máximas corresponden a las del modo normal de funcionamiento. Sin embargo, si se aplica, la TFS prevé una multiplexación estadística más flexible y un mejor funcionamiento del receptor con respecto al balance de enlace y un tratamiento más eficaz de la señal en los modos MIMO/SIMO en el lado receptor.

En el Informe Técnico 35 de la UER [9.5] puede hallarse una información más completa sobre el método TFS.

9.1.1.3 Reducción de la relación potencia de cresta a potencia media

Para reducir la relación potencia de cresta a potencia media (PAPR) de la señal MDFO de salida, se puede recurrir a la modificación de la señal MDFO, con arreglo a la definición de la Norma ATSC A/322-2018. Como se explica en ésta, pueden utilizarse las técnicas de Reserva de tono y/o Extensión de la constelación activa (ACE). Tras la reducción de la PAPR se inserta un intervalo de guarda.

9.1.1.4 Métodos de transporte de servicios

La segunda capa de multiplexación es la multiplexación de trenes de programas para formar un solo tren, llamado tren de transporte (TS) o tren IP.

Los sistemas de radiodifusión de televisión y multimedia terrenal digital para la transmisión simultánea de diferentes tipos de datos, independientemente del ancho de banda de canal, utilizan principalmente el tren de transporte MPEG-2, definido en la Recomendación UIT-T H.222.0 [9.6], la norma ISO/CEI 13818-1 [9.7], la Entrega de Objetos en Tiempo Real con Transporte Unidireccional (ROUTE) definida en la Norma ATSC A/331:2019, Anexo A [9.76], el Tren de Transporte de Medios MPEG (MMT) [9.95] o el Tren en Banda Base (BB), definido en la norma ETSI EN 302 755 [9.8] (véase también la Recomendación UIT-R BO.1784 [9.9] y ETSI EN 302 307 [9.161]).

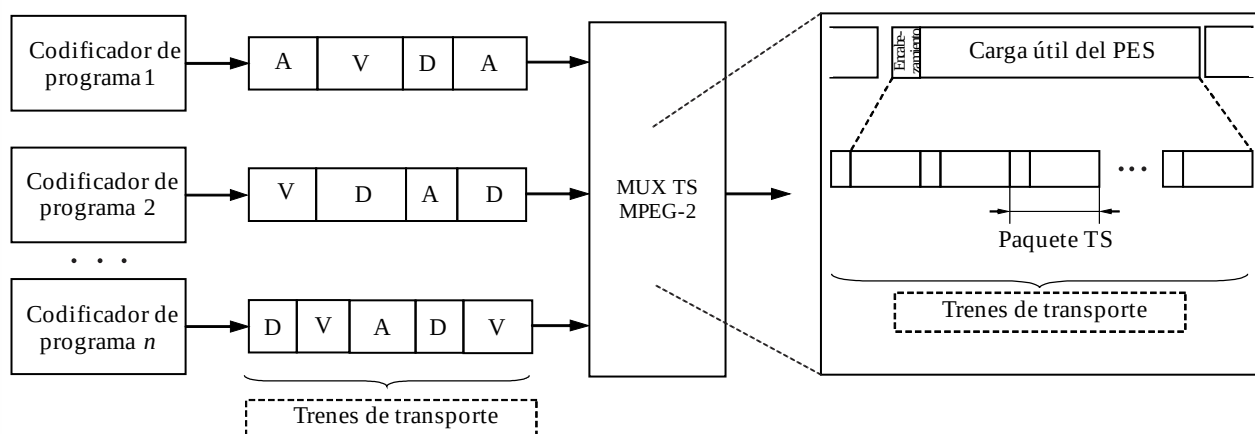
Multiplexación del tren de transporte MPEG-2. Al definir el mecanismo de transporte, es fundamental tener en cuenta la interoperatividad de medios digitales como la radiodifusión terrenal, la distribución por cable, la distribución por satélite, los medios de grabación y las interfaces informáticas. El UIT-R recomienda que los sistemas de televisión digital utilicen la sintaxis de tren de transporte MPEG-2 para el empaquetado y la multiplexión de señales de vídeo, de audio y de datos en sistemas de radiodifusión digital. La sintaxis de tren de transporte MPEG-2 (véanse las Recomendaciones UIT-R BT.1207 [9.10], UIT-R BT.1209-1 [9.1] y UIT-R BT.1299 [9.25]) fue elaborada para aplicaciones en las cuales el ancho de banda de canal o la capacidad del medio de grabación está limitada y es fundamental un mecanismo de transporte eficaz.

En la Recomendación UIT-R BT.1300-3 [9.11] se definen los métodos de formación de trama, transmisión e identificación de datos en el tren multiprograma en sistemas de radiodifusión de televisión terrenal digital basados en TS MPEG-2. En ella se abarcan cuestiones que se refieren a los medios de división del tren de datos digitales en «paquetes» de información, los medios de identificar unívocamente cada paquete o tipo de paquete y los métodos adecuados de multiplexación de los paquetes del tren de datos de vídeo, del tren de datos de audio y del tren de datos auxiliares en un solo tren de datos formado por una secuencia de paquetes TS de 188 bytes.

En la Figura 9.15 se presenta la capa de multiplexación relativa al sistema en el caso del modo tren de transporte único.

Los trenes de programas en paquetes (PS), que contienen información sobre vídeo (V), audio (A) o datos (D), formados en el nivel de sistema anterior, son proporcionados a un multiplexor de tren de transporte MPEG-2, donde se lleva a cabo la correlación del paquete de longitud variable PS en un formato de tren de transporte en paquetes con longitud de paquete fija.

FIGURA 9.15
Formación del tren de transporte MPEG-2

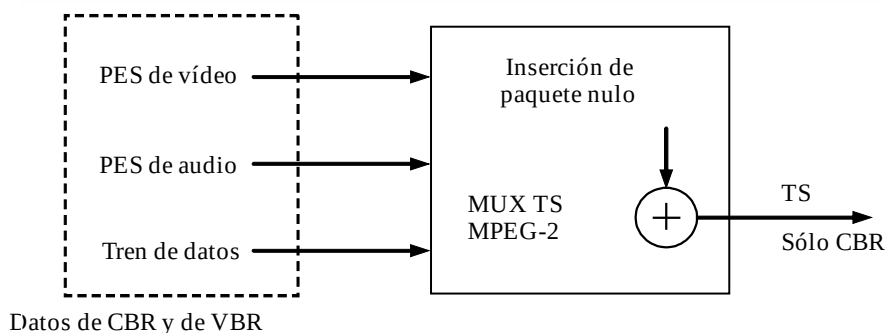


DTTB-09-15

Un paquete del PES es distribuido en varios paquetes de tren de transporte. Puesto que la longitud del paquete del PES en bytes no siempre es múltiple de 184, algunos paquetes de transporte (que contienen restos del paquete del PES) sólo se rellenarán de forma parcial. Las partes restantes de esos paquetes de transporte son rellenadas por un *campo de adaptación*, cuya longitud es igual a la diferencia entre 184 bytes y el resto del PES. Esos campos de adaptación se utilizan (en algunos casos) como canal de suministro incorporado para cierta información de servicio (por ejemplo, indicaciones de referencia temporal de programa).

Un tren de transporte es optimizado para la transmisión en un entorno de radiodifusión, dado que proporciona una velocidad binaria constante a la salida del multiplexor de transporte. Teniendo en cuenta que los trenes a la entrada del multiplexor de transporte pueden tener una velocidad binaria variable (VBR), para pasar a una velocidad binaria constante (CBR) se insertan paquetes nulos (véase la Figura 9.16).

FIGURA 9.16
Adaptación de la velocidad de datos del PES al entorno de radiodifusión

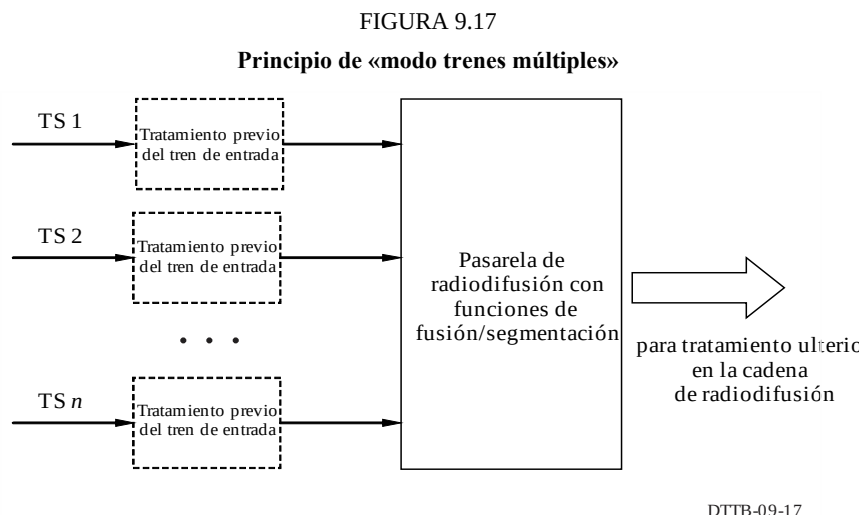


DTTB-09-16

En ciertas aplicaciones, los paquetes nulos se utilizan como un canal de medición integrado para la transmisión de señales de prueba o la información de diagnóstico.

El avance actual de las tecnologías de la telecomunicación y la radiodifusión permite, en el sistema de radiodifusión de televisión digital, no sólo la transmisión de un tren de transporte sino de varios, cuyo número está limitado únicamente por la capacidad de la trama del sistema. Por lo tanto, dependiendo de la implantación del sistema, se puede pasar del «modo tren único» al «modo trenes múltiples», ofreciendo una amplia variedad de posibilidades, como la formación de un tren único, que contiene información de cualquier tren de transporte, para una futura retransmisión.

En la Figura 9.17 se observa el principio de «modo trenes múltiples».



Tras el tratamiento previo, los trenes de transporte múltiples de entrada se incorporan a una pasarela de radiodifusión, donde se lleva a cabo su fusión para crear un tren continuo único con una posterior separación en bloques de capas de enlace (paquetes, tramas, etc.). Asimismo, se puede utilizar la programación en la pasarela de radiodifusión, aplicando un conjunto necesario de parámetros y características, como la utilización de bloques de datos ficticios o el relleno. Por consiguiente, el canal está organizado en un conjunto de conductos lógicos separados, cada uno de los cuales podrá transmitir información a partir de trenes de transporte separados.

La pasarela de radiodifusión es necesaria en los sistemas de radiodifusión de la segunda generación; a continuación se presenta un ejemplo de pasarela DVB-T2.

La adopción de la arquitectura DVB-T2 implica la inserción de la pasarela T2 en la cabecera DTTB, la actualización de los moduladores DVB-T que pasan a ser moduladores DVB-T2, así como la sustitución de los STB o televisores integrados por un frontal DVB-T2. La arquitectura sigue siendo la misma para los modos PLP único o múltiples PLP (M-PLP) [9.91].

La finalidad de la pasarela T2 es encapsular el TS MPEG-2 entrante en tramas de banda base, insertar información de sincronización para la radiodifusión en redes monofrecuencia (SFN), controlar la configuración de moduladores y programar la configuración M-PLP así como la asignación de TFS.

Los moduladores T2 reciben la configuración desde la pasarela T2, realizan la codificación de canal añadiendo la información de corrección de errores directa, construyen las tramas T2 y modulan la señal antes de transmitirla al entorno radioeléctrico. Se podría utilizar un amplificador DVB-T para la DVB-T2 si su modulador DVB-T se actualiza a la versión DVB-T2.

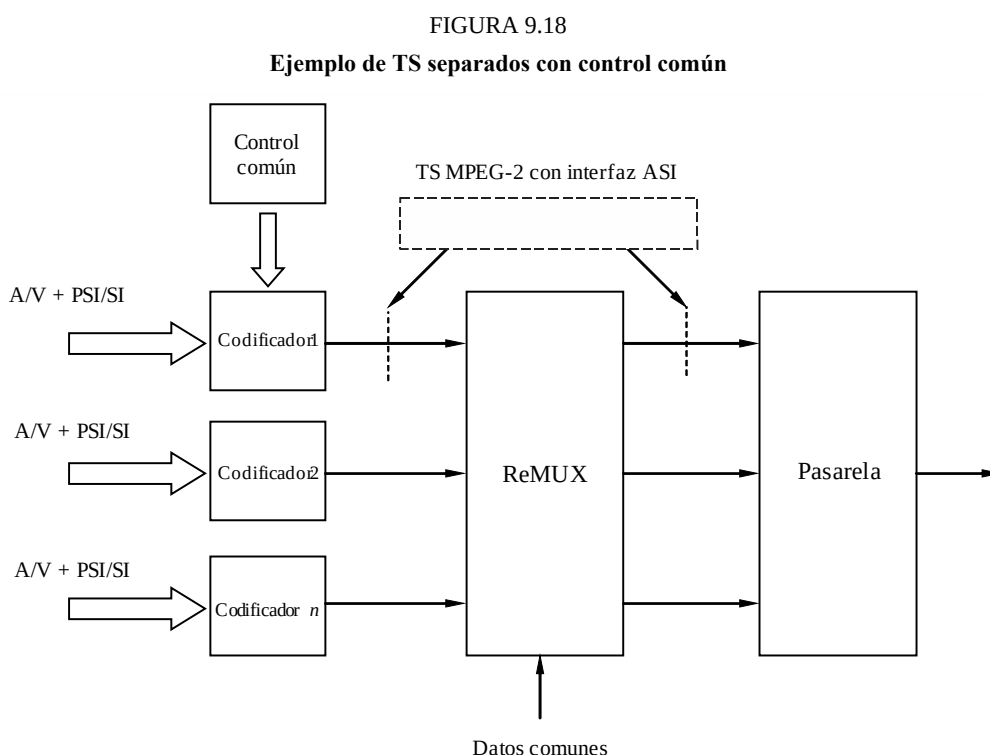
La norma DVB-T2 ha definido una nueva interfaz de protocolo, T2-MI (T2-Interfaz Modulador), para la comunicación entre la pasarela T2 y uno o más moduladores. Los paquetes T2-MI transportan los datos encapsulados en tramas de banda base, tienen en cuenta la información de sincronización en el caso de la radiodifusión por redes monofrecuencia e incluyen toda la información de señalización necesaria para la transmisión. Todas las características de PLP, TFS y SFN están programadas desde la pasarela T2 y descritas en paquetes T2-MI específicos [9.91] y [9.160].

Hay varias formas de aplicar el principio de «modo trenes múltiples»: TS separados con control común y un TS de alta velocidad binaria.

En el caso de TS separados con control común (véase la Figura 9.18), se utilizan N codificadores de velocidad binaria variable. Cada uno de ellos produce un TS de velocidad binaria constante que contiene un servicio (vídeo, más audio y otros posibles componentes), donde la proporción de paquetes nulos varía según la velocidad binaria instantánea. Una unidad de control central asegura que el número total de datos (esto es, sin tener en cuenta paquetes nulos) no exceda el límite de capacidad total.

Para que se puedan insertar datos comunes en los TS, los N TS deben tener la misma velocidad binaria y tendrían que incluir paquetes nulos sincronizados con una velocidad binaria al menos tan alta como la de los datos comunes. Estos datos comunes se insertarán posteriormente en la cadena, sustituyendo los paquetes nulos sincronizados, y se transportarán en el PLP común. La velocidad binaria de cada TS debería ser al menos igual al valor máximo de la suma de la velocidad binaria del servicio y la velocidad binaria de los datos comunes.

Un remultiplexor, que debería tener preferiblemente el mismo emplazamiento que los codificadores, recibe pues estos TS y sustituye algunos paquetes nulos sincronizados por datos comunes, de acuerdo con las reglas aplicadas a la división de los TS en varios PLP de datos y un PLP común. El remultiplexor dará entonces salida a los N TS hacia la pasarela con las características necesarias. Con este método, los valores de PCR no tienen que ser modificados en ninguna parte de la cadena. Conviene señalar que en una implementación práctica el remultiplexor y la pasarela pueden ser un solo equipo.



DTTB-09-18

En el caso de un TS de alta velocidad binaria, una posible implementación sería utilizar una multiplexación estadística normal y luego dividirla en N TS. En un primer momento, los N TS se generarán como se ha indicado *supra*, pero sin que sean necesarios la misma velocidad binaria ni datos comunes sincronizados, y luego se transmitirán a un multiplexor. El multiplexor ensambla entonces un gran TS, que contiene todos los servicios de los trenes de transporte elementales e incluye también todos los PSI/SI y otros datos comunes, con arreglo a las reglas aplicadas a la división. La velocidad binaria del gran TS (tampoco esta vez se tienen en cuenta paquetes nulos) no debe exceder el límite de capacidad de los N PLP. La utilización de medios de distribución de TS tradicionales supone que el gran TS puede ser transportado a otro emplazamiento, donde tiene lugar la división.

El gran TS se divide finalmente en N TS durante dos etapas conceptuales:

- 1) clonación del gran TS en N TS idénticos;
- 2) para cada uno de esos TS, mantenimiento únicamente de los paquetes de un PLP en el TS, sustituyéndose todos los demás paquetes TS por paquetes nulos.

El resultado de esta operación de división es N TS, cada uno de los cuales mantiene la velocidad binaria del gran TS, incluidos un servicio y datos comunes sincronizados con otros TS. Asimismo, el PSI/SI del TS original tendrá que ser modificado de modo que, por ejemplo, el único SDT (real) del TS de entrada se separa en N nuevos SDT (reales), uno para cada TS de salida. Las operaciones realizadas en «el otro emplazamiento» pueden llevarse a cabo utilizando equipos separados, uno para el multiplexor y otro para la pasarela, o un solo equipo.

La complejidad total es menor en el primer caso, en tanto que en el segundo caso se observa la ventaja de que se pueden aplicar multiplexaciones estadísticas convencionales para generar el gran TS único.

Otra posible ventaja de ese segundo caso es que permitirá que un receptor profesional vuelva a generar y dar salida al gran TS de entrada original decodificando y fusionando todos los PLPs porque los paquetes nulos ocuparán posiciones complementarias. Esto podría ser de utilidad para aplicaciones de radiodifusión ulterior, cabecera o archivo.

Formación de tramas en banda base. En sistemas de radiodifusión de televisión digital de la segunda generación las tramas en banda base (BB) se utilizan como contenedores de datos principales, lo que permite el transporte de datos del tren de entrada en formato MPEG-2 (modo compatible con versiones anteriores) y/o en formato de tren genérico (GS) continuo o en paquetes. Cuando se transportan trenes en paquetes, los paquetes pueden estar correlacionados con tramas BB de forma síncrona o asíncrona, esto es, cada trama BB puede contener un número entero de paquetes, o los paquetes pueden fragmentarse en dos tramas BB.

Tras el tratamiento previo del sistema, se lleva a cabo la formación de tramas BB mediante la correlación de paquetes de usuario (UP) de entrada de trenes en paquetes directamente en el campo de datos (DATA FIELD) de trama con longitud DFL. En este caso, los trenes de transporte MPEG-2 y otros tipos de trenes admitidos se pueden utilizar como trenes de entrada. Si se trata de un tren continuo, la operación de fragmentación se realiza en los bloques de datos. En el caso de la transmisión del tren de transporte MPEG-2, cada byte de sincronización del paquete de transporte con longitud de paquete de usuario (UPL) se sustituye por la suma de verificación CRC-8, que prevé la protección contra errores a nivel del paquete.

Transporte de medios MPEG (MMT). El protocolo de multiplexación de transporte MMT, definido en la norma ISO/CEI 23008-1 [9.12] y en la Recomendación UIT-R BT.2074-0 [9.95], describe un formato de encapsulado de los componentes de medios, el protocolo de suministro y la información de señalización para diversas aplicaciones, en particular las aplicaciones de radiodifusión.

La norma ISO/CEI 23008-1 se ha elaborado para dar soporte al suministro de datos de medios por redes heterogéneas, incluidos canales de radiodifusión y redes de banda ancha. En sistemas MMT, los componentes de medios, como el vídeo, el audio y las leyendas codificadas u ocultas, que constituyen un programa de televisión están encapsulados en unidades de fragmentos de medios (MFU)/unidades de tratamiento de medios (MPU), que se transportan como carga útil del protocolo MMT (MMTP) de paquetes MMTP y se suministran en paquetes IP. Las aplicaciones de datos relacionadas con un programa de televisión también se encapsulan en las MFU/MPU, se transportan en paquetes MMTP y se suministran en paquetes IP.

Los paquetes IP generados de esta manera son multiplexados en los canales de radiodifusión siguiendo un mecanismo de multiplexación IP, llamado también protocolo de capa 2 (L2), como, por ejemplo, el mecanismo de multiplexación TLV descrito en la Recomendación UIT-R BT.1869 [9.2].

En los canales de radiodifusión, los tres componentes son multiplexados en un flujo de datos IP y se suministran en un tren de capa 2, pues toda la información transmitida es suministrada a todos los terminales receptores. En cambio, en las redes de banda ancha, los componentes son suministrados como un flujo de datos IP distinto, pues cada componente es suministrado al terminal receptor que lo solicita.

En los sistemas de radiodifusión MMT, los componentes de medios suministrados en distintos canales pueden fácilmente incluirse en un lote MMT. Los sistemas de radiodifusión MMT soportan la prestación híbrida de contenido multimedia.

Por consiguiente, el protocolo MMT permite el sistema híbrido de radiodifusión de televisión y banda ancha (HbbTV) y otras aplicaciones.

Entrega de objetos en tiempo real con transporte unidireccional (ROUTE). El protocolo de transporte ROUTE se define en la norma ATSC A/331:2019, *Señalización, entrega, sincronización y protección frente a errores*; Anexo A. El protocolo ROUTE define la encapsulación, entrega y protocolo de señalización para ficheros multimedios así como flujos de datos en diferido. El protocolo ROUTE está armonizado con el FLUTE definido en RFC 6726 así como con las extensiones definidas en MBMS. El mecanismo de transporte se utiliza para entregar los segmentos DASH definidos en DASH-IF. El protocolo también incluye un mecanismo de reparación en el que puede utilizarse un flujo de reparación que contenga FEC para proteger los objetos de entrega durante el transporte.

9.1.2 Información de servicio en sistemas de televisión digital

En la DTTB, uno o más multiplex digitales pueden transportar un cierto número de servicios de televisión, compuestos cada uno por uno o varios componentes de vídeo, uno o varios componentes de audio y, optativamente, otros componentes tales como datos auxiliares. Se deben transmitir también datos adicionales para que el equipo del usuario pueda localizar el servicio deseado (y los componentes interesantes de ese servicio) y crear un entorno de navegación adecuado que facilite el acceso a los servicios digitales disponibles.

Para llevar esto a cabo en sistemas de radiodifusión terrenal digital en la capa de programa y en la capa de sistema, se inserta información, que puede clasificarse en dos subgrupos: información de servicio (SI), información específica del programa (PSI) e información insertada a nivel del sistema.

Los elementos básicos de la información de servicio se definen en la Recomendación UIT-T H.222.0 [9.6], en ISO/CEI 13818-1 [9.7] y en ATSC A/331:2019 [9.76]. Toda la información de servicio está organizada en cuadros y contiene datos que pueden ser utilizados en el receptor para el tratamiento y la sincronización en diferentes capas: red, transporte, aplicación, etc.

Información específica del programa MPEG-2. En el caso general, según se indica en [9.6] y [9.7], la PSI consta de seis cuadros:

- Cuadro de información de red (NIT): define los parámetros de la red DTTB como la frecuencia de la portadora, el ancho de banda de canal, los parámetros de codificación del canal, etc. y hace referencia al PID (identificador de paquete) de la red, que transporta datos cuya definición y estructura se definen en un sistema de radiodifusión digital en particular.
- Cuadro de asociación de programas (PAT): establece la correspondencia entre un número de programa y el valor del identificador de paquete de los paquetes TS que transportan la información de programa.
- Cuadro de correspondencia de programas (PMT): especifica los tipos de componentes elementales que componen el servicio y el PID en el TS que los transporta.
- Cuadro de acceso condicional (CAT): asocia a uno o a varios trenes de mensajes de gestión de derechos de acceso valores distintos de PID con el fin de responder a las necesidades de control de acceso.
- Cuadro de descripción del tren de transporte (TSDT): contiene datos que pueden indicar el método para incluir datos privados en el TS, o para llevar descriptores cuyo alcance incluya todos los servicios transportados en el TS.
- Cuadro de información de control IPMP (ICIT): utilizada para la gestión y protección de los derechos de propiedad intelectual (definidos en la norma ISO/CEI 13818-11: 2004 [9.96]) sobre la base de normas de gestión de derechos digitales (DRM), adaptado a partir de la extensión IPMP MPEG-4. La implementación del transporte ICIT en el TS MPEG-2 se define en [9.6] y [9.7].

Información de servicio basada en MPEG-2. Además de la PSI, la información de servicio (o de sistema) (SI) de sistemas de televisión terrenal digital permite la identificación/selección de servicios o eventos para el usuario en el TS del sistema y puede facilitar también información sobre servicios transportados por multiplex diferentes e incluso por otras redes. Los datos de SI completan los cuadros de la PSI definidas en [9.6] y [9.7]

proporcionando datos para facilitar la sintonización automática de los receptores, así como informaciones destinadas a la visualización en el equipo del usuario. Se describe a continuación la SI específica del sistema:

- La SI ATSC se genera en la forma indicada en las referencias [9.108-9.112]. La especificación define una base de datos sobre el cuadro guía principal y sobre el cuadro de canales virtuales. Estos cuadros pueden hacer referencia a informaciones sobre eventos y a mensajes de texto ampliado transportados en otros trenes PID, o pueden contener información relativa a eventos presentes en otros múltiplex de transporte o en otros canales análogos.
- La SI DVB-T se define en las referencias [9.113-9.116]. La especificación de información de servicio define un cierto número de cuadros transportados en una serie de valores de PID asignados previamente. Esos cuadros son, entre otros, el cuadro de información de red (NIT, *Network Information Table*), el cuadro de descripción de servicio (SDT, *Service Description Table*), el cuadro de información de eventos (EIT, *Event Information Table*), el cuadro de desplazamiento horario (TOT, *Time Offset Table*), el cuadro de estado de funcionamiento (RST, *Running Status Table*), el cuadro de hora y fecha (TDT, *Time and Date Table*) y el cuadro de asociación de racimo (BAT, *Bouquet Association Table*).
- La SI ISDB-T y las directrices para su utilización se describen en las referencias [9.117-9.119]. Este tipo de norma SI define un cierto número de cuadros transportados en una serie de valores de PID asignados previamente. Esas cuadros son, entre otros, el cuadro de información de red (NIT, *Network Information Table*), el cuadro de descripción de servicio (SDT, *Service Description Table*), el cuadro de información de eventos (EIT, *Event Information Table*), el cuadro de desplazamiento horario (TOT, *Time Offset Table*), el cuadro de estado de funcionamiento (RST, *Running Status Table*), el cuadro de hora y fecha (TDT, *Time and Date Table*), el cuadro de asociación de racimo (BAT, *Bouquet Association Table*), el cuadro de información de eventos locales (LIT, *Local Event Information Table*), el cuadro de relación de eventos (ERT, *Event Relation Table*), el cuadro de transmisión de índice (ITT, *Index Transmission Table*), el cuadro de anuncios de contenido parcial (PCAT, *Partial Content Announcement Table*), el cuadro de relleno (ST, *Stuffing Table*), el cuadro de información del organismo de radiodifusión (BIT, *Broadcaster Information Table*), el cuadro de información del tablero de red (NBIT, *Network Board Information Table*) y el cuadro de descripción asociada (LDT, *Linked Description Table*).

Información de servicio MMT. El protocolo de transporte MMT utiliza su propio tipo de información de servicio y reutiliza algunos elementos de SI MPEG-2.

Hay tres tipos de información de señalización MMT: mensaje, cuadro y descriptor. Estos tipos de información pueden ser comunes a todos los sistemas o específicos del sistema.

Los mensajes MMT de tipo común para sistemas de radiodifusión se utilizan para indicar el inicio de la información de señalización del MMT, el mensaje de información de presentación de medios (MPI), el suministro de información relativa a los relojes, la información sobre capacidades de dispositivos necesarias para el consumo de contenido y otras informaciones. A continuación se enumeran los cuadros de información de señalización del MMT de tipo común:

- Cuadro de acceso a lotes (PA): Da información sobre todas los demás cuadros de señalización (como PAT en sistemas MPEG-2).
- Cuadro de información de presentación MMT (MPI): Facilita información de presentación.
- Cuadro MP: Da información de configuración del lote MMT, como las listas y emplazamientos de activos.
- Cuadro CRI: Ofrece un descriptor CRI.
- Cuadro DCI: Da información sobre las capacidades del dispositivo necesarias para el consumo del lote.
- Cuadro de lista de lotes: Presenta el flujo de datos IP y el identificador de paquete del mensaje PA para el lote MMT en tanto que servicio de radiodifusión.

Los descriptores de información de señalización del MMT de tipo común proporcionan la relación entre la indicación temporal del MMT y el reloj del sistema MPEG-2 para la sincronización, el tiempo de presentación del bloque de datos MMT y así sucesivamente.

Información de servicio en ATSC 3.0. El sistema ATSC 3.0 se basa en un mecanismo de transporte IP, cuya información de servicio está en paquetes IP con un dirección conocida, que se genera conforme a las especificaciones de la referencia [9.77]. La señalización de servicio proporciona el descubrimiento del servicio y la información de descripción y consta de dos componentes funcionales: la Señalización de Inicialización mediante la Tabla Lista de Servicios (SLT) y la Señalización de la Capa de Servicio (SLS). Éstos constituyen la información necesaria para crear una lista de servicio básica e inicializar el descubrimiento de la SLS para cada servicio ATSC 3.0.

La SLT puede facilitar la adquisición de la información básica del servicio con gran rapidez. La SLS permite que el receptor descubra y tenga acceso a los servicios de ATSC 3.0 y sus componentes de contenidos. Para servicios ROUTE/DASH entregados por radiodifusión, la SLS se transporta por ROUTE/UDP/IP en uno de los canales de Transporte Codificado por Capas (LTC) integrados por una sesión ROUTE, con una velocidad de carrusel adecuada para soportar la incorporación y conmutación de canal rápidas.

Hay otros tipos de SI en la señalización ATSC 3.0 tales como la Tabla de Regiones de Calificación (RRT) que proporciona información sobre la calificación de los contenidos transportados y la Tabla de Alertas Avanzadas de Emergencia (AEAT) que contiene información pertinente a los anuncios de emergencia.

9.1.3 Pila de protocolos para sistemas de radiodifusión de televisión digital

9.1.3.1 Principios generales

Los modelos en capas para sistemas de radiodifusión digital se definen en el Informe UIT-R BT.1223 [9.13]. Según ese Informe, el modelo OSI fue elegido como modelo general del sistema con una división del tratamiento de la señal en siete capas: física, enlace, red, transporte, sesión, presentación y aplicación.

En cada una de las capas se llevan a cabo ciertas funciones en los datos del servicio de radiodifusión. Para cada sistema, se ha definido una pila de protocolos que prevé esas funciones.

Cada uno de los protocolos es una interfaz a las capas adyacentes y define el orden y los principios de la conversión de datos para su transferencia a las capas superior e inferior de la pila de protocolos.

Teniendo en cuenta la naturaleza bien diferente de los sistemas de radiodifusión digital y los sistemas de telecomunicación tradicionales, en los sistemas de radiodifusión digital se define la pila de protocolos hasta la cuarta capa del modelo OSI. Las capas restantes no están definidas en la mayoría de las especificaciones del sistema y son definidas directamente por las aplicaciones encaminadas por el sistema.

Puesto que la transmisión de información se ha implementado no sólo en entornos de radiodifusión tradicionales, como la radiodifusión terrenal, de cable y por satélite, sino también en otras redes de telecomunicaciones, como Internet, la pila de protocolos puede variar entre una y otra implementación.

9.1.3.2 Modelo en capas del sistema de radiodifusión

Teniendo en cuenta lo indicado, y considerando que en el caso de sistemas interactivos el canal de retorno puede organizarse por medio de cualquier otra red de telecomunicaciones, en los propios sistemas de radiodifusión digital se definen los protocolos hasta la cuarta capa del modelo OSI. Se definen también otros protocolos independientes de los sistemas.

Además, teniendo en cuenta que, en cierta medida, las implementaciones del sistema son diferentes, la pila de protocolos también puede variar. Por ello, se presenta a continuación un modelo de protocolo generalizado de sistemas de radiodifusión de televisión digital, sin una indicación de la pila de protocolos de una determinada implementación, que será definida en la sección 9.2 del presente Manual. Este modelo generalizado se basa en las Recomendaciones y especificaciones en vigor para las siguientes aplicaciones: radiodifusión de televisión y multimedios, servicios IP y radiodifusión de datos no IP (véase la Figura 9.19).

FIGURA 9.19

Pila de protocolos generalizada para el sistema de radiodifusión

Servicios de televisión	Servicios de datos	Servicios A/V multimedios	Servicios IP
Vídeo y audio	Datos y control	Vídeo y audio	Datos
PES MPEG-2	Sección MPEG-2	IP u otro protocolo de señalización	
TS MPEG-2		BB basado en GSE u otro tren del sistema	
Capa de transmisión (interfaces radioeléctricas de radiodifusión de televisión y multimedios terrenal, como DVB-T, ATSC, ISDB-T, FLO, T-DMB)			
Capa física (canal terrenal)			

DTTB-09-19

9.1.3.3 Modelo en capas en sistemas interactivos y nuevas aplicaciones

Habida cuenta de que las aplicaciones de radiodifusión pueden implementarse de manera asimétrica y simétrica, hay que considerar dos tipos de pilas de protocolos: la pila de protocolos de aplicaciones de radiodifusión unidireccionales y la pila de protocolos de aplicaciones de radiodifusión bidireccionales. Cada una de ellas se aplica a sistemas de radiodifusión típicos con un canal de transmisión de organismo de radiodifusión a usuario, o a servicios interactivos dentro de los servicios de radiodifusión con dos canales de transmisión, uno de organismo de radiodifusión a usuario y otro de usuario a organismo de radiodifusión.

Por lo tanto, se ha elegido el concepto de separación de protocolos en dos grupos: protocolos dependientes de la red y protocolos independientes de la red.

Los protocolos dependientes de la red se encuentran en la pila de protocolos hasta la capa 4 del modelo OSI, esto es, en las capas física, de enlace de datos, de transporte y de red. ATSC, ISDB, y DVB, entre otros, han elaborado protocolos dependientes de la red relativos a la radiodifusión de televisión y multimedios. Se han adoptado ciertos protocolos de redes de telecomunicaciones (GSM, DECT, 3G, etc.) para ser utilizados por el canal interactivo. La utilización de redes de telecomunicaciones para la organización del canal interactivo permite aprovechar la infraestructura de telecomunicaciones existente y, hasta cierto punto, reducir las inversiones necesarias para implementar la interactividad en los sistemas de radiodifusión.

Los protocolos independientes de la red se encuentran en la pila de protocolos desde la cuarta capa del modelo OSI hacia capas superiores y, en la mayoría de los casos, no están definidos por las normas del sistema de radiodifusión. Hay algunas excepciones en normas sobre soportes lógicos intermedios (*middleware*) (MHP, GEM, Ginga, ARIB, DASE, IMP, MHEG, etc.) que son independientes de la red. La aplicación de estos entornos *middleware* es opcional y está determinada por el mercado.

Se definen protocolos independientes de la red para ser utilizados en aplicaciones interactivas y en el suministro de datos de todo tipo hacia/desde uno o más usuarios. Todos estos protocolos se pueden clasificar en dos tipos: protocolos para la transmisión de datos de servicios interactivos y de radiodifusión (audio, vídeo y/o datos) y protocolos para la carga/descarga de datos y la organización de la interacción a través de canales de radiodifusión o interactivos.

La aplicación de los protocolos independientes de la red no es nueva para los sistemas de radiodifusión ni tampoco supone una innovación para los servicios interactivos. Se pueden considerar protocolos MPEG y no MPEG en la capa de presentación que define la estructura y los parámetros de un tren digital de contenido codificado. Un ejemplo de protocolos independientes de la red es la posibilidad de utilizar métodos de compresión como MPEG-2, AVC/SVC MPEG-4, HEVC-MPEG/SHVC, VC-1 en el marco de sistemas de radiodifusión de televisión y multimedios digital.

En la transferencia de información que no sea audio y vídeo, se puede utilizar un protocolo independiente de la red como DSM-CC (Instrucción y control de medios de almacenamiento digital), MMT o ROUTE [9.22], [9.76].

Asimismo, para la transmisión de datos de servicios interactivos se pueden utilizar protocolos independientes de la red ampliados, como el protocolo de datagramas de usuario (UDP), el protocolo Internet (IP), el protocolo de transferencia en tiempo real (RTP) y otros. Se presenta una información más detallada al respecto en la Recomendación UIT-R BT.1434 [9.14], así como en las bases normativas correspondientes de los sistemas de radiodifusión actuales.

9.1.4 Técnicas de transmisión de datos en sistemas DTTB

9.1.4.1 Aspectos generales

Además de la transmisión de audio, vídeo y datos auxiliares a programas de televisión (como subtítulos, teletexto y otros), los sistemas de televisión digital permiten transmitir otros tipos de datos de servicio distintos a los de radiodifusión. Esta transmisión se puede efectuar debido principalmente a la aplicación de nuevos métodos de compresión de la información audiovisual y a otras tecnologías que logran reducir el ancho de banda necesario para el suministro de señales de vídeo y de audio de alta calidad, liberando de esa forma una parte de la capacidad del canal para trenes de datos adicionales. Gracias a esta flexibilidad, un sistema se puede utilizar como «contenedor», con la condición de que la capacidad utilizada para los datos no sea utilizada también para el contenido audio/vídeo del programa.

Los principios básicos de la radiodifusión de datos se describen en los Informes UIT-R BT.956 [9.32], UIT-R BT.1210 [9.147] y UIT-R BT.1225 [9.148]. Éstos se han actualizado recientemente, como se explica en diversos documentos: ISO/CEI 23008-1, Transporte de Medios MPEG (MMT), que prevé la radiodifusión de Unidades de Procesamiento de Medios (MPU); ISO/CEI 23009-1:2014 y MPEG DASH-IF, Directrices de implantación, que prevé la radiodifusión de segmentos y presentación de medios.

En general, la radiodifusión de datos en el marco del sistema de radiodifusión de televisión digital se funda en ciertos principios, definidos en la Recomendación UIT-R BT.807 [9.15].

Con arreglo a esa Recomendación, para facilitar la interoperatividad con otros sistemas de telecomunicación, sería conveniente que la arquitectura de los sistemas de radiodifusión de datos se basara en el método de organización en capas de la interconexión de sistemas abiertos (OSI) de la ISO de referencia básica, descrito en la norma ISO 7498 [9.16].

En el Cuadro 9.1 se presenta el modelo básico de referencia OSI de la ISO en el contexto de la radiodifusión.

Los elementos funcionales enumerados en cada nivel jerárquico no se refieren a soluciones de implementación específicas, sino a las características lógicas generales que se consideran suficientes para definir las peculiaridades del servicio y la calidad de funcionamiento de cualquier sistema de radiodifusión de datos corriente.

Las redes de radiodifusión son aún básicamente unidireccionales. Incluso cuando se introducen nuevos servicios interactivos, el trayecto de retorno utiliza, en la mayoría de los casos, un tipo de red diferente (como las redes IP). Esta situación se incluye en el modelo OSI de 7 capas mediante el concepto de funcionamiento «sin conexión». En las telecomunicaciones corrientes, la clase de transmisión sin conexión se refiere normalmente a un protocolo unidireccional virtual, en el que hay trayectos de datos bidireccionales físicos pero se utilizan en un solo sentido. No obstante, el concepto abarca también una situación físicamente unidireccional. En ambos casos, se requiere un acuerdo previo en cuanto a la finalidad y al valor de la transmisión de datos. En el caso de la radiodifusión de datos, este acuerdo debe establecerse por otros medios de comunicación, pese a que habitualmente estará implícito, como en la finalidad de los equipos vendidos a los usuarios.

CUADRO 9.1

Modelo de referencia básico OSI de la ISO en el contexto de la radiodifusión

Capa	Función principal	Clasificación
7 Aplicación	Utilización de información al nivel de aplicación	Protocolo de información de servicio Protocolo de entrega de contenidos
6 Presentación	Conversión y presentación de información	
5 Sesión	Selección de la información y acceso a ella	
4 Transporte	Identificación de grupos de datos	Sistema de radiodifusión de datos
3 Red	Identificación de canales lógicos	
2 Enlace de datos	Enlace con la unidad de transmisión lógica	
1 Física	Transmisión física	Sistema de radiodifusión terrenal

Los mecanismos de radiodifusión de datos en el marco del sistema de radiodifusión digital se definen en la serie de normas de ETSI, ARIB y ATSC (véanse [9.29], [9.30] para DVB, [9.120] para ATSC, [9.121], [9.31] para ISDB y [9.71] para ATSC 3.0). También se especifican métodos de entrega para transmisión de contenidos en flujo continuo en la norma ATSC A/331-2019.

Conforme a estos documentos, se deben considerar los siguientes mecanismos:

- Encauzamiento de datos.
- Transmisión continua de datos.
- Encapsulado.
- Carrusel de datos.
- Carrusel de objetos.
- Transmisión de contenidos en flujo continuo, transmisión de datos en flujo continuo, y entrega de objetos con ROUTE y ROUTE/DASH.
- Entrega de paquetes con MMTP/MPU.
- Otros protocolos superiores basados en trenes de datos asíncronos.

Cada uno de estos mecanismos está optimizado para algunas aplicaciones y permite un cierto equilibrio entre la utilización de la banda de frecuencias, la duración del suministro de datos y la sobrecarga del sistema. Por consiguiente, la elección de un cierto mecanismo de transmisión está definida por los requisitos de la aplicación.

La serie de normas MPEG-2 constituye la base para la definición del mecanismo de transmisión de datos en muchos sistemas DTTB. Entre ellas se pueden distinguir normas como [9.6, 9.7] y [9.22], incluidas las ampliaciones de DSM-CC. Durante la elaboración de sistemas de radiodifusión digital actuales y futuros, se han introducido algunas mejoras para ampliar las capacidades de los sistemas con respecto a las normas básicas del sistema.

Como portadora de base para servicios de datos, se utilizan el tren en banda base y el tren de transporte MPEG-2, en los que la información necesaria se inserta por medio de los mecanismos antes mencionados y se suministra al usuario a través del sistema de radiodifusión. En este caso, se puede utilizar, si es necesario, cualquiera de los elementos del nivel de sistema y de transporte, incluidos campos de relleno o campos de adaptación.

También se utilizan otros métodos de entrega de datos basados en IP, tales como los del protocolo de entrega basado en ficheros ATSC 3.0 ROUTE.

Encauzamiento de datos. Actualmente, el principio de «encauzamiento de datos» se utiliza para la implantación de la radiodifusión de datos en sistemas de televisión y multimedia terrenales digitales de la primera generación y se acepta como principio básico en los sistemas de la segunda generación, donde se aplican los PLP, que permiten el transporte de datos de cualquier estructura con selección libre, pero con parámetros físicos específicos de esos conductos.

El mecanismo de transmisión con encauzamiento de datos se utiliza en servicios de radiodifusión de datos que requieren un suministro de datos simple, asíncrono y de extremo a extremo a través de las redes de radiodifusión.

En el Cuadro 9.2 se presenta el modelo general de encauzamiento de datos.

CUADRO 9.2

Modelo general de encauzamiento de datos

Aplicaciones
Específico del servicio
Encauzamiento de datos
Tren de transporte

Durante la transmisión mediante un mecanismo de encauzamiento de datos, la inserción directa de bloques de datos se realiza después de la fragmentación (llegado el caso) en la carga útil del paquete de transporte con la información de servicio correspondiente para ofrecer la posibilidad de identificar y extraer esos datos en el terminal del usuario.

Transmisión continua de datos. Este mecanismo de transmisión se generalizó en aplicaciones de velocidades binarias poco elevadas, como la transmisión continua de vídeo por Internet, donde se lleva a cabo el tratamiento previo de vídeo compartido del bloque de datos correspondiente y el almacenamiento temporal de los bloques de datos siguientes necesarios para la presentación de datos de vídeo. En el Cuadro 9.3 se presenta el modelo general de transmisión continua de datos.

CUADRO 9.3

Modelo general de transmisión continua de datos

Aplicaciones
Específico del servicio
Transmisión continua de datos
Tren elemental del programa
Tren de transporte/IP

Durante la transmisión continua de datos, dependiendo de las necesidades de la aplicación, podrá ser necesaria o no la transmisión síncrona o sincronizada de datos.

Se entiende por transmisión continua de datos síncrona la transmisión de datos con temporización en el sentido de que los datos y el reloj se pueden regenerar en el receptor en un tren de datos síncrono.

Se entiende por transmisión continua de datos sincronizada la transmisión de datos con temporización o en el sentido de que los datos en el tren se pueden reproducir en sincronización con otros tipos de trenes de datos (por ejemplo, audio, vídeo).

Se entiende por transmisión continua de datos asíncrona la transmisión únicamente de datos sin necesidad de temporización.

Se pueden proporcionar estos requisitos en el sistema de radiodifusión mediante métodos de sincronización, definidos directamente en la norma del sistema MPEG-2 con sincronización integrada o utilizando otros métodos de sincronización que distribuyan el tiempo.

9.1.4.2 Subtítulos y leyendas codificadas u ocultas

Según el lenguaje de marcación HTML5, se entiende por subtítulo la «transcripción o traducción del diálogo ... cuando hay sonido pero no es comprendido» por el usuario (por ejemplo, un diálogo en idioma extranjero) y por leyenda la «transcripción o traducción del diálogo, los efectos de sonido, las indicaciones musicales de interés y otras informaciones sonoras importantes ... cuando no hay sonido o es poco audible» (por ejemplo, cuando se ha suprimido el audio o el usuario es sordo o tiene dificultades auditivas). Las leyendas están «codificadas u ocultas» cuando no son normalmente visibles y el usuario debe seleccionarlas.

En la radiodifusión se puede utilizar la misma tecnología para el suministro de subtítulos y leyendas, por lo que ambos términos suelen utilizarse indistintamente.

Cualesquiera sea el término utilizado, los subtítulos o las leyendas contribuyen a que el usuario comprenda mejor la historia, la escena y el contexto en los programas que se emiten, se trate de usuarios con dificultades auditivas o bien de usuarios para quienes la banda sonora del programa está en un idioma extranjero desconocido.

El sector de la radiodifusión ha aplicado estos sistemas durante mucho tiempo, pues fueron muy utilizados en la televisión analógica. La adopción de la televisión digital brinda la posibilidad de ofrecer numerosos conjuntos de subtítulos/leyendas: por ejemplo, en países plurilingües, se pueden proponer subtítulos en cada idioma por separado y utilizarlos para representar no sólo el diálogo hablado, sino también otros sonidos importantes para la comprensión de un programa.

Hay diferentes tipos de subtítulos. Por ejemplo, la norma ETSI EN 300 743 [9.99] describe el método por el cual se pueden codificar y encaminar en trenes de transporte DVB. El transporte de elementos gráficos codificados se funda en el sistema MPEG-2 descrito en [9.6] y [9.7].

Otros formatos del suministro de subtítulos (ver [9.17]) son los siguientes:

- normas de ARIB para leyendas codificadas u ocultas basadas en mejoras de la técnica de codificación de caracteres;
- formato SMPTE para texto sincronizado;
- formato UER para texto sincronizado (UER-TT);
- lenguaje de marcación de texto sincronizado ARIB (ARIB-TTML);
- perfiles de texto e imagen TTML para subtítulos y leyendas 1.0 de medios de Internet (IMSC-1);
- subtítulos para HbbTV.

Norma ATSC A/343: Subtítulos y transcripción de audio [9.88] describe la tecnología necesaria para el transporte de pistas de subtítulos por ROUTE-DASH y MMT.

En el Capítulo 14 de este Manual se facilita más información sobre subtítulos y leyendas.

La norma ETSI TS 102 823 [9.97] define, entre otras cosas, la forma en que pueden codificarse dos o más trenes elementales de un determinado servicio para observar las reglas de un modelo de temporización y asegurar de esa manera su sincronización en el receptor. Aunque la descripción de este modelo de temporización se centra en señales de vídeo y señales de audio, es aplicable a todo tipo de trenes de datos. Las especificaciones DVB actuales para el transporte de teletexto del sistema B del UIT-R en trenes de bits DVB y los sistemas de subtítulo ya aplican ese modelo. Sin embargo, no son tan fácilmente modulables como para aplicarlos al transporte de otros tipos de datos «auxiliares» que necesitan ser sincronizados.

9.1.4.3 Protocolos superiores basados en trenes de datos asíncronos

La utilización de protocolos superiores para la transmisión de datos basados en trenes de datos asíncronos admite la transmisión de protocolos que requieren un suministro de datos asíncronos por redes de radiodifusión orientado a trenes de datos. Las tramas de datos de esos protocolos se transportan en los paquetes del PES definidos en sistemas MPEG-2.

9.1.4.3.1 Carrusel de datos

Se utiliza un carrusel de datos en aplicaciones que requieren una transferencia cíclica por redes de radiodifusión de datos, que podrá repetirse periódicamente o actualizarse de vez en cuando. Un ejemplo de ese tipo de aplicación es el teletexto, que permite navegar por un grupo de páginas de información con la posibilidad de hacerlo en cualquiera de ellas.

En el Cuadro 9.4 se presenta el modelo general de carrusel de datos.

CUADRO 9.4

Modelo generalizado de carrusel de datos en el entorno TS MPEG-2

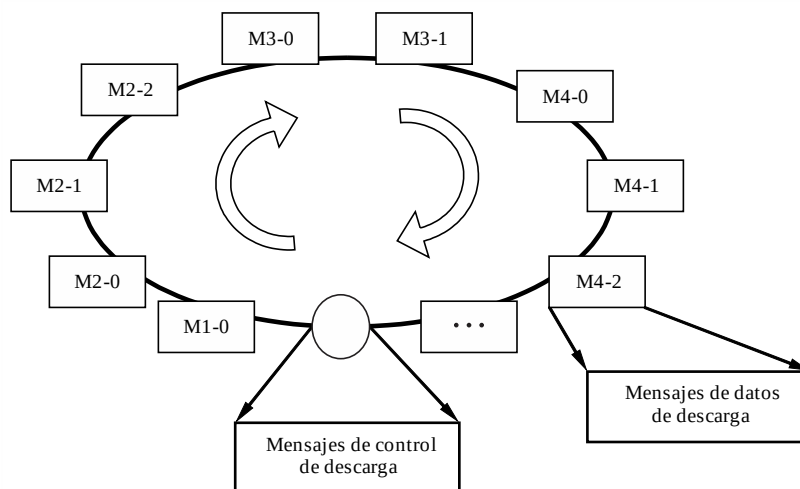
Aplicaciones
Específico del servicio
Carrusel de datos
Datos DSM-CC
Sección
Tren de transporte MPEG-2

Como base para diferentes implementaciones de carrusel de datos, se optó por la norma ISO/CEI 13818-6, que contiene los principios más importantes del carrusel DSM-CC. La implementación de la especificación básica de un carrusel de datos en diferentes sistemas de radiodifusión se ha ampliado para tener en cuenta la introducción de información de servicio adicional, la extensión de series de elementos de carrusel, etc.

El bloque de datos elementales de un carrusel de datos es el «módulo», que puede ser transmitido como una sola unidad, combinado en grupos y/o supergrupos (Figura 9.20). Para actualizar, corregir o sustituir información en el carrusel de datos, se podrán insertar, eliminar o actualizar módulos independientes durante el funcionamiento («sobre la marcha»).

Cada módulo se transmite cíclicamente y contiene mensajes de datos de descarga, cada uno de ellos definido mediante la especificación DSM-CC. El número de ese tipo de mensajes depende del tamaño del módulo y de la carga útil máxima de cada mensaje de datos de descarga. La información que describe cada módulo y cualquier agrupamiento lógico se proporciona a través de mensajes de control de descarga.

FIGURA 9.20

Principio del carrusel de datos

DTTB-09-20

Los principios básicos de la transmisión de teletexto en los sistemas de televisión se definen en la Recomendación UIT-R BT.653 [9.18], que ofrece información sobre los sistemas de teletexto elaborados para ser utilizados principalmente con los sistemas de televisión descritos en la Recomendación UIT-R BT.470 [9.19]. El servicio está destinado primordialmente a la visualización bidimensional de textos o de material gráfico, reconstruidos a partir de datos codificados en la pantalla de receptores de televisión adecuadamente equipados.

La Recomendación UIT-R BT.1301 [9.20] y la norma ETSI EN 300 472 [9.21] describen el método mediante el cual el teletexto, de conformidad con [9.18], puede transportarse en diversos trenes de bits de la radiodifusión de vídeo digital. Este mecanismo de transporte debe satisfacer los siguientes requisitos:

- soportar, si es necesario, la transcodificación de los datos de teletexto en el intervalo de supresión vertical (VBI) del vídeo analógico;
- la señal transcodificada debe ser compatible con los receptores de televisión existentes que incorporan decodificadores de teletexto;
- el mecanismo de transmisión debe estar en condiciones de transmitir subtítulos con una temporización precisa respecto al vídeo (es decir con una precisión igual o próxima a la de la trama).

Los datos de teletexto se cursan en los paquetes del PES incorporados en los paquetes de tren de transporte definidos en [9.6] y [9.7]. El PID de un tren de teletexto asociado con un servicio se identifica en la PMT de la PSI para dicho servicio.

Actualizaciones del soporte lógico del sistema. El soporte lógico del receptor es cada vez más complejo. Para asegurar la funcionalidad de un receptor y aumentarla una vez instalado en el terreno, se necesita un servicio de actualización de soporte lógico. La norma ETSI TS 102 006 [9.98] describe un mecanismo estándar para la señalización de un servicio de actualización de soporte lógico y los medios de encaminar los datos para dicho servicio. Está basado en las normas ISO/CEI 13818-6, ETR 162 y ETSI EN 300 468 para señalización y en la norma ETSI EN 301 192 para el transporte de datos. El protocolo de transmisión se basa en la especificación del carrusel de datos DSM-CC (norma ISO/CEI 13818-6) y en la especificación de los carruseles de datos DVB. En los sistemas ISDB se aplican las indicaciones descritas en la referencia [9.31].

Las numerosas actualizaciones de soporte lógico del sistema realizadas por un gran número de fabricantes se transmiten como grupos en un carrusel de datos de dos capas. El mensaje DownloadServerInitiate (DSI), compartido por numerosos fabricantes, se utiliza como punto de entrada en el carrusel. Un fabricante puede tener varias actualizaciones, cada una de ellas en un grupo separado. Se supone que todos los grupos y módulos pueden ser transmitidos en un tren elemental compartido.

9.1.4.3.2 Carrusel de objetos

El carrusel de objetos se utiliza para aplicaciones que requieren la radiodifusión periódica de objetos Usuario-Usuario (UU) DSM-CC por redes de radiodifusión. En este caso, la radiodifusión de datos se realiza con arreglo a la especificación carrusel de objetos DSM-CC (DSM-CC Object Carousel) y la especificación carrusel de datos DSM-CC (DSM-CC Data Carousel) definidas en MPEG-2 DSM-CC (véase la norma ISO/CEI 13818-6 [9.22]).

Los objetos pueden clasificarse de conformidad con la especificación DSM-CC sobre directorio, fichero, tren o pasarela para evaluar la disposición.

Un carrusel de objetos DSM-CC facilita la transmisión de un grupo estructurado de objetos desde un servidor de radiodifusión hasta los receptores (clientes) de radiodifusión utilizando objetos directorio, objetos fichero y objetos tren. El directorio y el contenido reales (implementaciones de objetos) se encuentran en el servidor. El servidor inserta repetidamente los objetos mencionados en el tren de transporte MPEG-2 utilizando el protocolo de carrusel de objetos. Los objetos directorio y fichero transmitidos contienen el contenido de los objetos, mientras que los objetos tren transmitidos son referencias a otros trenes durante la radiodifusión. Los objetos tren también pueden contener información relativa a eventos DSM-CC que se emiten en un tren en particular. Los eventos DSM-CC pueden ser radiodifundidos con datos del tren regulares y utilizarse para activar aplicaciones DSM-CC.

9.1.4.3.3 Transmisión de contenidos en flujo continuo, transmisión de datos en flujo continuo, y entrega de contenidos con ROUTE y ROUTE/DASH

En la Práctica Recomendada A/351: 2021 [9.185] de ATSC se ofrecen a los organismos de radiodifusión recomendaciones sobre utilización de los protocolos ROUTE y MMTP, y de sus capacidades técnicas asociadas en apoyo de los diferentes escenarios de prestación de Servicios.

9.1.4.3.4 Entrega de paquetes con MMTP/MPU

En la Práctica Recomendada A/351: 2021 [9.185] de ATSC se ofrecen a los organismos de radiodifusión recomendaciones sobre entrega de paquetes con MMTP/MPU.

9.1.4.4 Encapsulado

En los sistemas de radiodifusión digital el encapsulado se aplica para asegurar la interoperatividad con los sistemas de telecomunicaciones, utilizando otros protocolos de red. De esta forma, el sistema de radiodifusión se puede considerar no sólo una plataforma tradicional para el suministro de imágenes y sonido a los usuarios sino también una plataforma para la prestación de servicios de gran alcance, como la transmisión de datos multimedia y el acceso a Internet o a otras aplicaciones interactivas.

Actualmente, la serie completa de implementaciones del encapsulado, basada principalmente en la norma ISO/CEI 13818-6 [9.22], se define en el entorno de radiodifusión.

Encapsulado multiprotocolo (MPE). La transmisión de datagramas, con arreglo a la especificación MPE que se utiliza en la mayoría de los casos en sistemas DTTB de la primera generación, se efectúa mediante el encapsulado de los datagramas en secciones DSM-CC (véase [9.22]), que son compatibles con el formato de sección privada MPEG-2 (véase [9.6] y [9.7]).

En el Cuadro 9.5 se presenta el modelo general de MPE.

CUADRO 9.5

Modelo general de MPE

Aplicaciones
Específico del servicio
Específico del datagrama
MPE
Datos privados DSM-CC
Sección
Tren de transporte MPEG-2

Durante el proceso de encapsulado, los datos requeridos se asignan al tren del sistema con herramientas especiales específicas para cada formato de tren del sistema. Así, por ejemplo, en el caso de MPEG-2, se utilizan secciones del tren de transporte para la inserción de datos.

MPE proporciona un mecanismo para transportar protocolos de red de datos en la parte superior de los trenes de transporte MPEG-2. Ha sido optimizado para el transporte de IP, pero puede ser utilizado para transportar cualquier otro protocolo de red, y abarca la monodifusión (datagramas dirigidos a un solo receptor), la multidifusión (datagramas dirigidos a un grupo de receptores) y la radiodifusión (datagramas dirigidos a todos los receptores).

Debido a que la naturaleza de las redes de suministro de televisión está vinculada a la radiodifusión, la seguridad de los datos es sumamente importante. El proceso de encapsulado permite la transmisión segura de datos mediante la encriptación de los paquetes y el cambio dinámico de direcciones MAC.

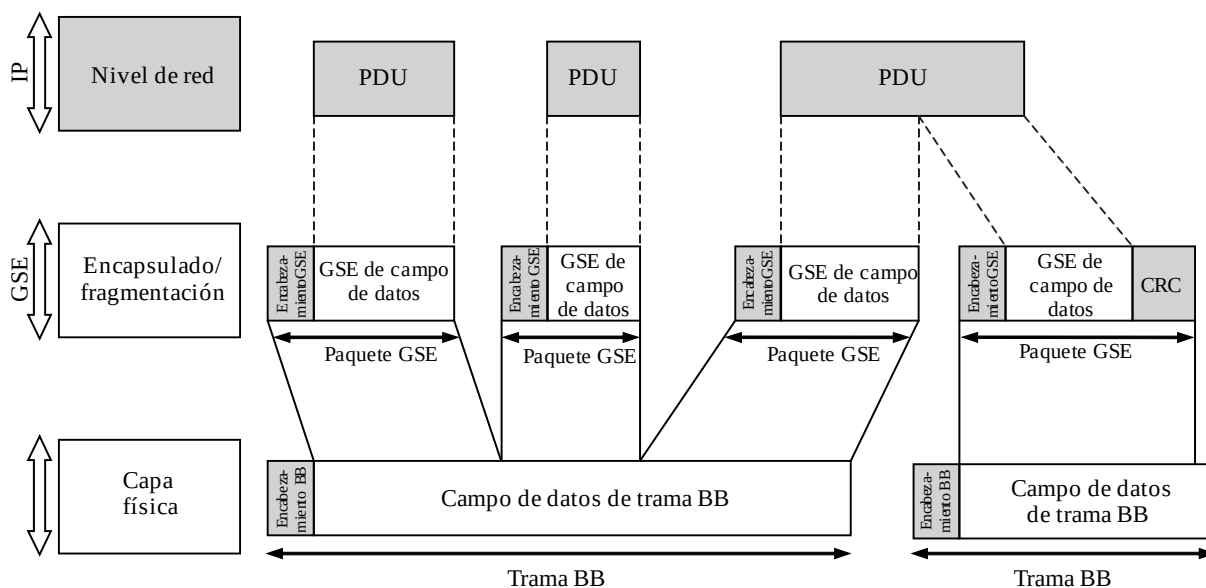
El encapsulado multiprotocolo define el cuadro de notificación IP/MAC (INT). Este cuadro proporciona un mecanismo flexible para cursar información sobre el emplazamiento de trenes IP/MAC.

Encapsulado de tren genérico (GSE). En la norma de sistemas de la segunda generación se elige el tren BB como tren del sistema. Esto permite la compatibilidad con el formato del tren de sistemas de la primera generación y especifica además la utilización de un tren con paquetes de longitud variable (tren genérico) (Figura 9.21). Por lo tanto, se considera generalmente que este tren es de dos tipos: en paquetes y continuo (en su núcleo es el mismo tren en paquetes, pero con una longitud de paquete mayor que una longitud de trama del sistema). Asimismo, se ha definido un mecanismo para insertar cualquier otro tipo de datos en el tren mediante el GSE ([9.9], [9.98], [9.106], [9.149]).

El protocolo GSE permite el encapsulado eficaz de IP y otros paquetes de la capa de red por una capa física «genérica», que se utilizará como modo de transporte que incorpora una secuencia de bits de datos o paquetes de datos, posiblemente organizados en tramas, pero sin ninguna restricción de temporización específica.

El GSE prevé un funcionamiento del sistema más eficaz en sistemas interactivos que utilizan técnicas de capa física avanzadas como, por ejemplo, la codificación y modulación adaptables (ACM). La variabilidad inherente de la velocidad de canal ocasionada en sistemas ACM hace que el formato de tren genérico sea más adecuado que el tren de transporte. El GSE ofrece un método flexible de fragmentación y encapsulado, que permite utilizar un programador inteligente para optimizar la calidad de funcionamiento del sistema, ya sea aumentando el caudal de datos total y/o mejorando el retardo promedio de extremo a extremo del paquete. Además, la flexibilidad del GSE reduce la pérdida de paquetes durante las variaciones de los desvanecimientos, con lo cual el programador puede cambiar dinámicamente en el transmisor los parámetros de transmisión (por ejemplo, el formato de modulación, la velocidad de codificación) para un paquete de capa de red en particular.

FIGURA 9.21

Encapsulado de tren genérico en las pilas de protocolos DVB

DTTB-09-21

Además, el GSE ofrece las siguientes posibilidades:

- Soporte del encapsulado multiprotocolo (IPv4, IPv6, MPEG, ATM, Ethernet y 802.1pQ VLAN).
- Transparencia en las funciones de la capa de red, incluidas encriptación IP y compresión del encabezamiento IP.
- Soporte de varios modos de direccionamiento: además de la dirección MAC de 6 bytes (incluidas multidifusión y monodifusión), admite el modo sin dirección MAC y un modo de dirección opcional de 3 bytes.
- Mecanismo para la fragmentación de datagramas IP u otros paquetes de la capa de red sobre tramas de banda base para admitir ACM/VCM.
- Admisión del filtrado de soporte físico.
- Extensibilidad: pueden incluirse protocolos de enlace adicionales mediante valores específicos del tipo de protocolo (por ejemplo, seguridad de capa 2, compresión del encabezamiento IP, etc.).
- Baja complejidad.
- Sobrecarga poco elevada.

En el sistema de radiodifusión digital se especifica la posibilidad de transmisión simultánea de trenes GSE y MPEG (modo mixto), y de uno o varios trenes GSE («únicamente tren genérico»).

Protocolo de la capa de enlace de ATSC 3.0 (ALP). En el sistema ATSC 3.0, el sistema de encapsulado se define en la Norma ATSC A/330:2016, Protocolo de la capa de enlace. Este protocolo prevé el encapsulado eficaz de paquetes IP, de señalización de la capa de enlace y de trenes de transporte (TS) MPEG-2, así como mecanismos de reducción de la tara y extensibilidad.

9.1.5 Transmisión de datos por redes de radiodifusión de multimedios terrenales

En general, el encapsulado es el mecanismo básico para la transmisión de datos en sistemas de radiodifusión de multimedios. Los tipos de medios adecuados para elementos de contenido en sistemas de radiodifusión de multimedios para recepción móvil se enumeran en [9.122].

De conformidad con la Recomendación UIT-R BT.2054 [9.23], los sistemas de radiodifusión de multimedios para recepción móvil pueden tener los mismos mecanismos de multiplexación y transporte que los aplicados a la recepción fija. La radiodifusión y la telecomunicación podrían armonizarse si algunas de las técnicas

utilizadas en sistemas de telecomunicaciones móviles se utilizarán también en sistemas de radiodifusión de multimedia para recepción móvil.

Las señales multimedia, como audio, vídeo o cualquier otro tipo de datos, se transmiten a un receptor, y luego se presentan en la forma y el momento adecuados. Para transmitir y presentar contenido, se necesitan las siguientes funciones:

Encapsulado. Las señales multimedia se encapsulan en formatos apropiados con información de temporización relativa a la presentación.

Formateo. Las señales multimedia están correctamente formateadas para proceder a su suministro. Este formato comprende la agregación, la multiplexación y la fragmentación de señales multimedia encapsuladas.

Control del encapsulado, el formateo y la presentación. Se facilita al receptor la información relativa al encapsulado, el formateo y la presentación del contenido multimedia.

Estas funciones son proporcionadas a través de mecanismos de transporte. En el Cuadro 9.6 se enumeran los mecanismos de transporte apropiados en sistemas de radiodifusión de multimedia para recepción móvil.

CUADRO 9.6

Mecanismos de transporte

Mecanismo	Descripción
TS MPEG-2 (tren de transporte)	Muy utilizado en sistemas de radiodifusión para recepción fija. Facilita información de temporización para la sincronización en la capa de tren elemental en paquetes (PES) y un paquete de longitud fija para el formateo.
SL MPEG-4 (capa de sincronización)	Utilizado en la capa de sincronización para sincronizar contenido audiovisual a escala temporal y espacial. Puede ser incorporado en paquetes TS MPEG-2 o en paquetes del protocolo de transporte en tiempo real (RTP).
IP (véase [9.24])	Protocolo intermedio para el transporte de medios. Funciona con protocolo de capa superior para el transporte de medios y puede ser incorporado en paquetes TS MPEG-2.
GSE (véase [9.2])	Técnicas de encapsulado para diversos tipos de paquetes, incluidos paquetes IP. Se necesita un protocolo de transporte de medios con IP.
ALP	Técnicas de encapsulación para diversos tipos de paquetes incluidos los paquetes IP y los paquetes de TS MPEG-2.

En el Cuadro 9.7 se enumeran los protocolos de transporte de medios por IP adecuados en sistemas de radiodifusión de multimedia para recepción móvil.

CUADRO 9.7

Protocolos de transporte de medios por IP

Protocolo	Descripción
RTP (protocolo de transporte en tiempo real)	Protocolo del Grupo Especial sobre Ingeniería de Internet (IETF) para servicios de transmisión continua.
FLUTE (suministro de ficheros por transporte unidireccional)	Protocolo del IETF para el suministro de todo tipo de ficheros.
ROUTE/DASH (Entrega de Objetos en Tiempo Real con Transporte Unidireccional/Transmisión Adaptable y Dinámica en Flujo Continuo con HTTP)	Protocolo IP basado en IETF para la transmisión de servicios en flujo continuo por radiodifusión en banda ancha, y redes híbridas.
MMT (Transporte de Medios MPEG)	Protocolo de MPEG para el transporte y la entrega de datos de multimedia por redes de conmutación de paquetes heterogéneas.

En la recepción fija y la recepción móvil las características de error de canal son diferentes dado que las condiciones de recepción pueden cambiar a medida que el receptor se desplaza. El suministro de datos adicionales asegura un suministro fiable en esas condiciones.

En el Cuadro 9.8 se enumeran los mecanismos adecuados para asegurar un suministro fiable en sistemas de radiodifusión de multimedios para recepción móvil.

CUADRO 9.8

Mecanismo de suministro fiable

Mecanismo	Descripción
Carrusel de datos	Los datos se transmiten repetidamente, lo que permite recibir las partes que faltan durante el ciclo de transmisión siguiente.
Corrección de errores directa en la capa de aplicación (AL-FEC)	Método para generar datos redundantes a partir de los datos de la fuente. Las partes que faltan pueden ser reconstruidas por el mecanismo FEC a partir de datos redundantes.
Capa física	Puede utilizarse una combinación ModCod y una selección adecuada de transmisiones LDM y PLP para optimizar la recepción.

9.1.6 Interfaces de transporte para sistemas DTTB**9.1.6.1 Generalidades**

Se entiende por interfaz la conexión unidireccional o bidireccional entre uno o más bloques de equipos funcionales del mismo tipo o de tipos diferentes. Esas conexiones pueden ser consideradas a nivel físico o a nivel lógico. Puesto que la realización de la interfaz corresponde a los fabricantes, en esta parte del Informe se tendrán en cuenta los principios más importantes de la implementación a nivel lógico.

Todas las interfaces pueden clasificarse en las categorías principales siguientes:

- por esfera de aplicación: interfaces profesionales, semiprofesionales y no profesionales;
- por método de transmisión física: en serie o en paralelo;
- por método de transmisión de canal: síncrono o asíncrono;
- por direccionalidad: interfaces unidireccionales o bidireccionales.

Puesto que durante el suministro de información y/o datos audiovisuales al usuario, o durante la distribución entre partes separadas de la cadena de radiodifusión, se pueden utilizar diferentes redes de telecomunicación/radiodifusión o cualquier otro tipo de redes, se ha definido un conjunto de interfaces que pueden utilizarse con diferentes combinaciones en una red de radiodifusión de televisión digital.

9.1.6.2 Interfaces síncronas

Para aplicaciones que requieren el suministro síncrono de información audiovisual, se pueden utilizar interfaces síncronas en serie o en paralelo. Estas interfaces se elaboran con miras a la compatibilidad con interfaces de estudio que permiten simplificar la interacción entre bloques de equipos funcionales de estudio y de transporte. Estas interfaces son muy utilizadas en la distribución primaria o en el intercambio de trenes digitales entre bloques funcionales de estudio.

En el caso de interfaces síncronas, la longitud del paquete de tren de transporte es de 188 bytes. La transferencia de datos se sincroniza con el reloj de bytes del tren de datos, que es el tren de transporte MPEG. Se especifica una interfaz paralela síncrona para cubrir distancias cortas o medias, esto es, para dispositivos situados cerca uno del otro.

9.1.6.3 Interfaces asíncronas

La interfaz de transporte asíncrona es muy utilizada en los equipos de sistemas de radiodifusión, que se encargan del suministro del tren de transporte MPEG-2 con una velocidad binaria de 270 Mbit/s.

Los principios y requisitos más importantes para la interfaz de trayecto física se describen en las normas EN 50083-9 [9.26] y ETSI TR 101 891 [9.152]. La interfaz en serie asíncrona (ASI) es un enlace de transmisión unidireccional que transfiere datos entre equipos profesionales de vídeo digital.

Durante la transmisión por una interfaz asíncrona se pueden utilizar dos modos, optimizados para diferentes aplicaciones. En el modo paquete, cuando los datos son insuficientes para proporcionar una velocidad binaria de 270 Mbit/s, entre los paquetes de tren de transporte se inserta un campo de relleno, que contiene una combinación especial de símbolos binarios. En el modo ráfaga, se inserta un campo de relleno entre cada byte del paquete de tren de transporte, según sea necesario.

9.1.6.4 Interfaces a redes de televisión por cable

Los sistemas de distribución por cable (por ejemplo, CATV/SMATV/MATV) se utilizan en ocasiones para la distribución de señales DTTB. Se definen interfaces para respetar la concordancia entre las redes.

Si el sistema de televisión digital prevé un trayecto interactivo, convendría utilizar entonces las interfaces descritas en las Recomendaciones UIT-R BT.1436 [9.27] y UIT-T J.112 [9.28]. En el caso del acceso condicional (CA) y los sistemas DVB, se utiliza lo indicado en las referencias [9.150], [9.151].

9.1.6.5 Interfaces a redes de telecomunicaciones

Históricamente, se aplicaron tecnologías ATM y PDH/SDH para el enlace de las señales de estudio con los transmisores de radiodifusión. En la actualidad, la mayoría de esas conexiones se basan en IP, a través de enlaces radioeléctricos terrenales o por satélite, o bien de enlaces de fibra óptica.

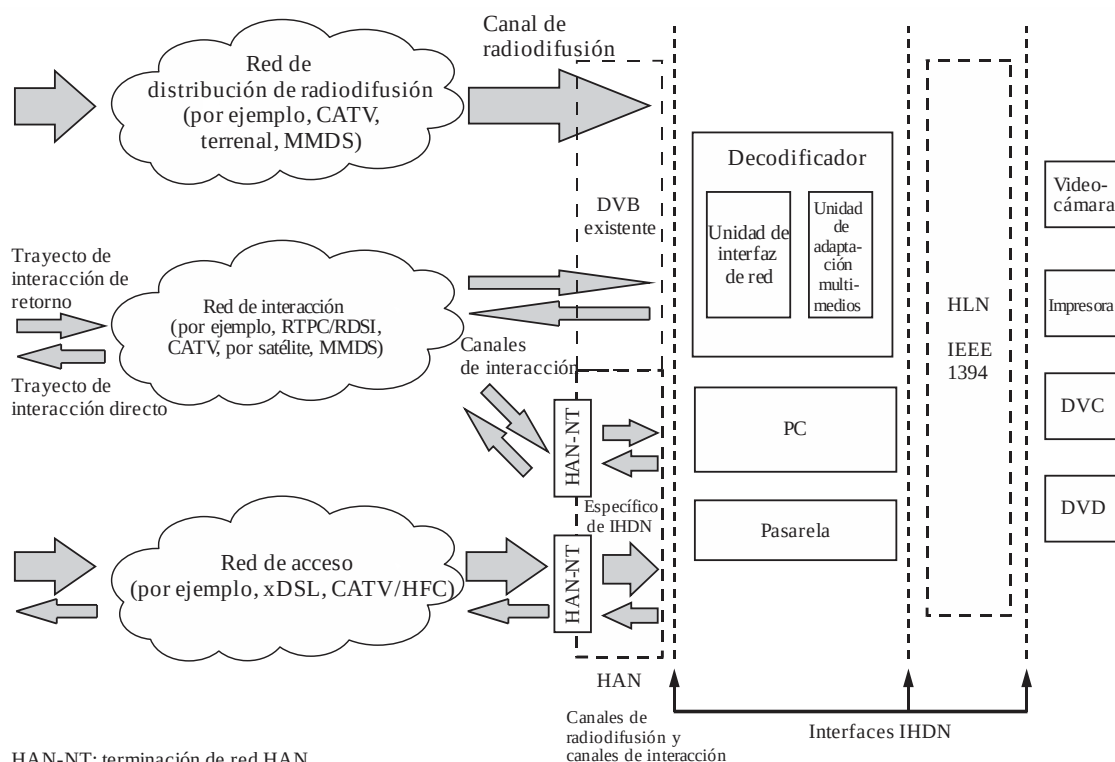
9.1.6.6 Interfaces a redes domésticas

Cada vez más, los usuarios acceden a la información audiovisual o la comparten en torno a una red doméstica. Se pueden utilizar varios dispositivos u optar por el uso común de un solo dispositivo. Teniendo en cuenta las posibilidades que puede ofrecer la radiodifusión de televisión digital, la interacción entre redes de radiodifusión y redes locales domésticas resulta cada vez más interesante.

En el pasado, las opciones técnicas se basaban por lo general en la norma IEEE 1394 (que utiliza la tecnología ATM, cuya marca comercial es «Firewire»). En la Figura 9.22 se observa este tipo de configuración en combinación con diversas redes de acceso.

FIGURA 9.22

Estructura general de una red digital doméstica (ejemplo relativo a la norma IEEE 1394)



HAN-NT: terminación de red HAN

DTTB-09-22

Obsérvese que en la Figura 10.3 del Capítulo 10 se presenta un diagrama en bloques similar pero limitado al servicio de televisión interactiva, es decir, a la colaboración de la red de distribución y la red de interacción.

Actualmente, las redes IP en el hogar son muy utilizadas y, por ello, las soluciones IP comerciales dominan el mercado. En el Capítulo 10 (Figura 10.2) puede verse un ejemplo de distribución inalámbrica en el hogar.

Se considera que las opciones basadas en la norma IEEE 1394 están un poco anticuadas. Hoy en día, las redes domésticas locales suelen diseñarse utilizando las especificaciones de DLNA (Digital Living Network Alliance).²⁸

A diferencia de la norma IEEE 1394, que se destina principalmente a redes domésticas de cable y que utilizan un tipo específico de cable y conectores, la certificación DLNA está basada en la tecnología IP normalizada. Admite soportes físicos y protocolos para instalaciones Ethernet, WLAN y MoCA (Multimedia over Cable Association [9.105]) y se suele utilizar en combinación con una WLAN doméstica, esto es, una red IP inalámbrica gestionada y especializada. Una red de este tipo prevé además la incorporación simple de un convertidor SAT a IP o DTTB a IP.

Aunque aplica especificaciones UPnP (conexión inmediata) [9.100], [9.101], [9.102], DLNA limita la aplicación de UPnP a medios audiovisuales. En [9.103] puede hallarse una descripción exhaustiva de la certificación DLNA y las especificaciones UPnP.

La configuración de una HLN DLNA es simple dado que los CPE (equipos en las instalaciones del cliente) certificados por DLNA ofrecen una instalación e interconexión más o menos automática. Gracias a las características UPnP, pueden añadirse o eliminarse dispositivos de usuario a todo momento de forma simple y

²⁸ Digital Living Network Alliance (DLNA) es una iniciativa privada en la que participan más de 150 miembros del sector de las TI y el entretenimiento. Su tarea principal es la elaboración y el mantenimiento de las directrices DLNA, así como la certificación de dispositivos que se ajusten a la norma. Estas directrices están disponibles en <http://www.dlna.org/guidelines>.

normalizada. Los dispositivos de usuario funcionan con una dirección IP obtenida a través del protocolo DHCP o del método AutoIP. Para detectar dispositivos de usuario de forma automática, UPnP utiliza las funcionalidades SSDP (protocolo de descubrimiento de servicio simple) [9.104]. En la Figura 9.23 se presenta la pila de protocolos para UPnP.

FIGURA 9.23

Pila de protocolos para UPnP

Proveedor UPnP								
Foro UPnP								
Arquitectura del dispositivo UPnP								
HTTP MU (multidifusión)	GENA	SSDP	HTTP U (monodifusión)	SSDP	HTTP	SOAP	GENA	
UDP					TCP			
IP								

NOTA – SOAP: Protocolo simple de acceso a objetos

GENA: Arquitectura general de notificación de evento

GENA se divide entre el editor y el abonado. Un abonado (cliente UPnP) se abona a un editor (servidor UPnP, generalmente el encaminador UPnP en la red local doméstica) para recibir información sobre cualquier cambio en la configuración.

9.1.7 Recepción de sistemas DTTB con diversidad

Otra tendencia observada es la utilización creciente de la recepción con diversidad en tecnologías DTTB. La recepción con diversidad de señales DTTB ofrece una mejora sustancial en la cobertura de los servicios de televisión. El canal con desvanecimiento selectivo de frecuencias afecta en particular la recepción móvil en sistemas de radiodifusión terrenal, donde las características de propagación cambian rápidamente. Por consiguiente, la fluctuación de la intensidad de campo causada por apantallamiento o reflexión es mayor en la recepción móvil que en la recepción fija. Una manera efectiva de mejorar la calidad de la recepción es aplicar la tecnología de recepción con diversidad espacial, en la que se utilizan numerosas antenas de recepción y se seleccionan o combinan las señales recibidas.

En el Informe UIT-R BT.2139 [9.94] y en las secciones 9.4.1 y 9.5.2 del presente Informe se describen aspectos básicos de las pruebas de recepción con diversidad. Los resultados de las pruebas realizadas en Italia y Japón en materia de recepción móvil de televisión terrenal digital pueden hallarse también en [9.94]. En la Recomendación UIT-R BT.1368 [9.42] se enumeran los parámetros de planificación para la recepción móvil en diferentes normas de DTTB.

9.2 Sistemas de radiodifusión de televisión y multimedios terrenal digital

Se han propuesto y normalizado numerosos sistemas de radiodifusión de televisión y multimedios terrenal digital. Cada uno de ellos tiene calidad de funcionamiento, características y posibles implementaciones de carácter específico. En esta sección se facilitan ciertas precisiones sobre las posibles variantes del sistema para que sirvan de orientación respecto de los actuales sistemas de radiodifusión y su aplicación.

La distinción entre sistemas de radiodifusión de televisión terrenal digital y sistemas de radiodifusión de multimedios terrenal digital está desapareciendo principalmente por tres motivos:

- La distinción entre recepción fija y recepción móvil está desapareciendo porque los sistemas de la segunda generación están concebidos para ambos modos de recepción.
- Los primeros sistemas de radiodifusión de multimedios se basaban principalmente en IP. Dado que las posteriores generaciones de receptores DTTB tienen también interfaces IP para la conexión a redes inalámbricas, esta distinción también está desapareciendo.

- Los primeros receptores multimedia tenían una resolución de pantalla limitada, que se ajustaba a la calidad de funcionamiento RF específica de las redes diseñadas para ellos. Esas distinciones entre receptores de radiodifusión de televisión y receptores de radiodifusión de multimedia terrenal digital también están desapareciendo, pues hasta los dispositivos portátiles de bajo costo tienen ahora pantallas de alta definición.

En el Cuadro 9.9 se enumeran los sistemas de radiodifusión digital y multimedia normalizados en el UIT-R. Se facilita información sobre cada norma más adelante en este mismo Capítulo y en partes importantes de las Recomendaciones UIT-R.

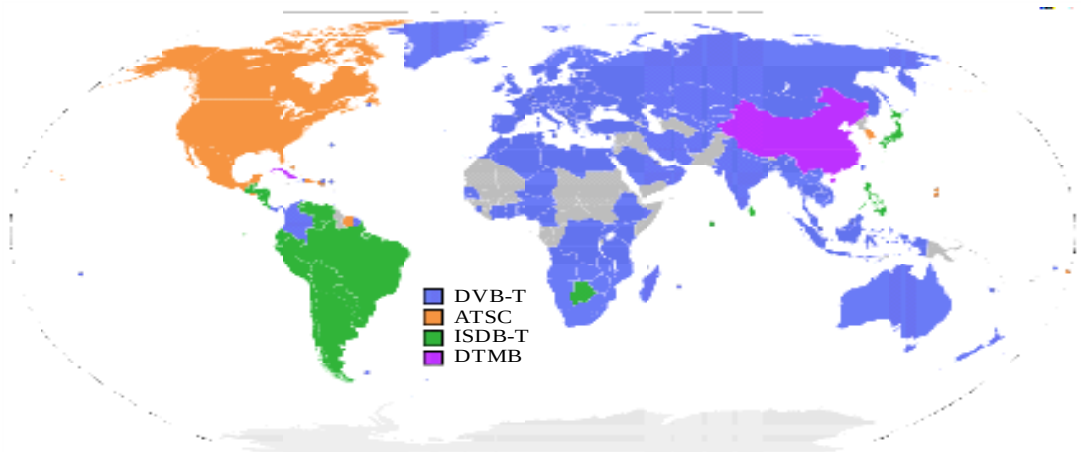
Los sistemas de televisión terrenal digital de la primera generación se describen en la Recomendación UIT-R BT.1306 [9.33] y los de la segunda generación, en la Recomendación UIT-R BT.1877 [9.34].

Los sistemas de radiodifusión de multimedia terrenal digital se describen en la Recomendación UIT-R BT.1833 [9.35].

En la Recomendación UIT-R BT.1206 [9.153] se definen los límites de la conformación del espectro para el sistema DTTB.

En la Figura 9.24 se observa la situación actual de la introducción de normas de DTTB en todo el mundo.

FIGURA 9.24
Situación de la introducción de las normas de televisión digital (septiembre de 2016)



DTTB-09-24

En la Figura 9.24, las referencias a «DVB-T» incluyen la DVB-T2, las referencias a «ATSC» incluyen ATSC 3.0 y las referencias a ISDB-T incluyen SBTVD.

CUADRO 9.9
Normas de radiodifusión del UIT-R

Sistema nacional/internacional	Sistema UIT-R	Sección del Manual
Sistemas de televisión terrenal digital (DTT)		
ATSC (versiones 1.0, 2.0, 3.0)	Sistema A DTT	9.3
DVB-T	Sistema B DTT	9.4.1
ISDB-T	Sistema C DTT	9.5
DTMB	Sistema D DTT	9.6
DTMB-A	Sistema E DTT	9.6
DVB-T2	Sistema DTT de la segunda generación	9.4.2

CUADRO 9.9 (fin)

Sistema nacional/internacional	Sistema UIT-R	Sección del Manual
T-DMB/AT-DMB	Sistema A DTM	9.7.8
ATSC-M/H	Sistema B DTM	9.3
ATSC-3.0 (Nota 1)	Sistema A DTT	9.3
Sistemas multimediales terrenales digitales (DTM)		
Radiodifusión de multimedia ISDB-T para recepción móvil	Sistema F DTM	9.5.2
DVB-SH (obsoleto)	Sistema I DTM	9.4.1
DVB-H (obsoleto) (Nota 2)	Sistema H DTM	9.4.1
MEDIA FLO (obsoleto)	Sistema M DTM	9.9
Perfil T2-Lite del sistema dBV-T2 (Nota 2)	Sistema T2 DTM	9.4.2

NOTA 1 – Como se ha indicado anteriormente, en la sección 1.2, la distinción entre televisión terrenal y radiodifusión multimedia está difuminándose. ATSC-3.0 se incluye aquí para mayor detalle.

NOTA 2 – Como resultado de los estudios iniciados sobre el desarrollo de la norma DVB H de la próxima generación (DVB-NGH), se ha publicado el proyecto de especificación técnica ETSI EN 303 105 (DVB BlueBook A160, noviembre de 2012) [9.93]. La norma DVB-NGH utiliza prácticamente las mismas tecnologías que en DVB-T2 Lite, cuya finalidad es incorporar la calidad de funcionamiento de DVB-T2 a la recepción en dispositivos de mano. El próximo proyecto estable de la norma ETSI sobre este sistema está previsto para octubre de 2016.

9.3 Sistema ATSC

Las normas ATSC (Comité de Sistemas de Televisión Avanzados) describen un sistema diseñado para transmitir vídeo, audio y datos auxiliares de alta calidad por un canal único de 6 MHz. El sistema ATSC original (llamado también ATSC 1.0) puede incorporar el tren de transporte MPEG-2 con un caudal de 19,39 Mbit/s en un canal de radiodifusión terrenal de 6 MHz (Sistema A de televisión terrenal digital del UIT-R). Aunque los subsistemas de transmisión ATSC están diseñados específicamente para aplicaciones terrenales y de cable, el objetivo es que los subsistemas de multiplex/transporte de vídeo, audio y servicio puedan ser de utilidad en otras aplicaciones. Para el suministro de contenido de TVD a dispositivos móviles o portátiles, ATSC utiliza la extensión móvil/dispositivos de mano (M/H) que se conoce también como ATSC M/H (Sistema B de multimediales terrenales digitales del UIT-R).

Una nueva extensión de la norma ATSC (llamada ATSC 2.0) permite el suministro de contenido por ficheros «no en tiempo real» (NRT), incluidos programas y secuencias, a receptores de TVD móviles y fijos. ATSC 2.0 prevé además servicios interactivos que permiten a los organismos de radiodifusión conectar la programación con otros servicios relacionados con esa programación.

La norma ATSC más actualizada es la denominada ATSC 3.0. Este sistema utiliza la modulación MDFOC para mejorar la fiabilidad y flexibilidad, y el multiplex se basa en IP y no en el Tren de Transporte MPEG. Las normas ATSC completas y aprobadas por el ATSC pueden consultarse en el sitio web de ATSC, www.atsc.org. En la sección 9.3.3 se ofrece un resumen del sistema ATSC 3.0 y de su calidad de funcionamiento.

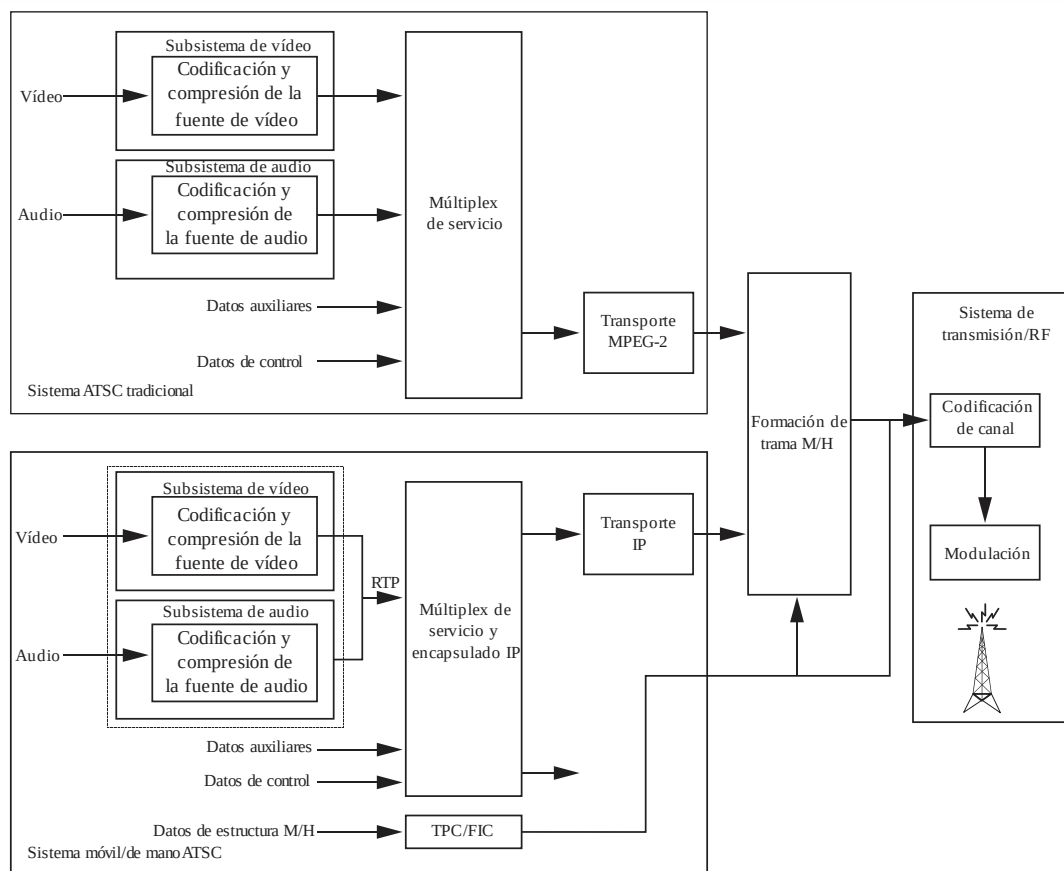
9.3.1 Sistema ATSC 1.0

9.3.1.1 Modelo de arquitectura del sistema ATSC 1.0

El sistema de radiodifusión ATSC incluye normas para el servicio principal ([9.48]-[9.53]) y una extensión móvil/dispositivos de mano (M/H) ([9.54]-[9.63]). En la Figura 9.25 se presenta un diagrama en bloques del sistema ATSC 1.0. El sistema de televisión digital ATSC consta de tres subsistemas.

- Codificación y compresión de la fuente.
- Multiplex de servicio y transporte.
- Transmisión RF.

FIGURA 9.25

Sistema de radiodifusión ATSC con servicio principal (TS-M) y servicios M/H

DTTB-09-25

El servicio ATSC-M/H comparte el mismo canal radioeléctrico que el servicio de radiodifusión ATSC normalizado que se describe en ATSC A/53, conocido también como «servicio principal» (o, más precisamente, TS-M). El servicio M/H se habilita utilizando total o parcialmente la capacidad de velocidad binaria disponible de 19,39 Mbit/s y el suministro por transporte IP.

Para la extensión M/H son esenciales las adiciones a la capa física del sistema de transmisión ATSC fácilmente decodificables en condiciones de efecto Doppler intenso. Las secuencias de acondicionamiento adicionales y el sistema de corrección de errores directa (FEC) adicional contribuyen a la recepción de los trenes mejorados.

9.3.1.2 Principales tecnologías del sistema ATSC 1.0

Las principales tecnologías utilizadas en el sistema ATSC 1.0 son las siguientes:

Servicio ATSC principal

- **Formato de tren de sistema:** tren de transporte MPEG-2 modificado con posibilidad de suministro de información de aplicaciones de televisión tradicionales (subtítulos, teletexto, guía electrónica de programas, etc.) y ciertas aplicaciones como, por ejemplo, información adicional sobre programas de televisión (posiblemente desde Internet), aplicaciones interactivas, etc.
- **Algoritmos FEC:** código de bloque RS (207, 187, 10) concatenado y codificador convolucional/codificador diferencial con velocidad de codificación 2/3 como parte de doce codificadores reticulares. También $R = 1/2$ o $R = 1/4$ reticular concatenado.
- **Entrelazado:** la profundidad de entrelazado es de aproximadamente 4 ms. Se utiliza un entrelazador de bytes convolucional con un grado de entrelazado $B = 52$ y un incremento en el número de bytes por fila $M = 4$.

- **Modulación BLR-8:** se utilizan símbolos de 8 niveles combinados con señales de sincronización para la modulación de la portadora suprimida en una sola portadora. La banda lateral inferior es eliminada excepto en una pequeña región de transición. Se aplica una respuesta en filtro Nyquist raíz de coseno alzado de fase lineal para la conformación del espectro en el transmisor. El modulador BLR utiliza la señal de datos compuesta (con piloto y sincronización añadidos) de codificación reticular de 8 niveles, 10,76 M símbolos/s. Nominalmente, el factor de decrecimiento en el transmisor tiene la respuesta de un filtro raíz de coseno alzado de fase lineal con α (factor de decrecimiento) igual a 0,1152.
- **Compensación y sincronización del canal:** se añade a la señal una onda piloto de poca amplitud en la frecuencia de la portadora suprimida (nominalmente 309 kHz a partir del límite inferior de la banda) y en fase con la portadora suprimida.
- **Ancho de banda de canal:** ATSC utiliza un ancho de banda de canal de 6 MHz.
- **Redes monofrecuencia (SFN):** se puede aplicar un modo SFN con sincronización de trama definido por la norma ATSC [9.64] con algunos requisitos adicionales para ecualizadores de receptores ATSC.

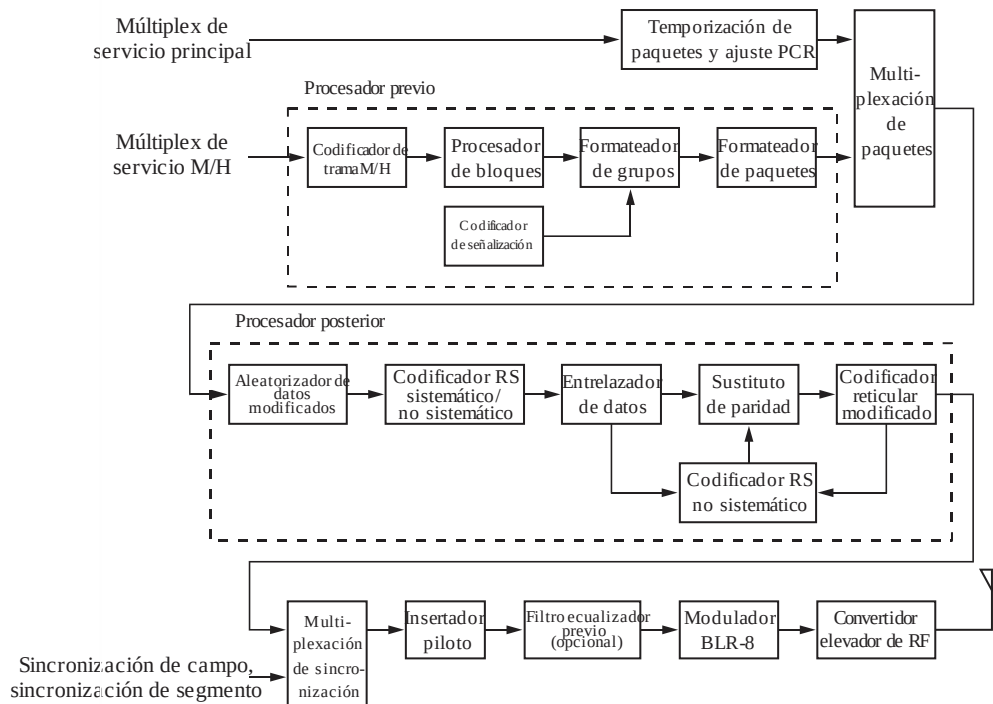
Extensión ATSC-M/H

- **Codificación de la fuente:** codificación AVC/SVC MPEG-4 (Rec. UIT-T H.264 | Norma ISO/CEI 14496-10) para vídeo y MPEG-4 HE-AAC v2 (norma ISO/CEI 14496-3 con Enmienda 2) para audio en modos estereofónico/monofónico.
- **Protección de servicio/contenido:** el sistema de protección de servicio ATSC-M/H se basa en el perfil OMA BCAST DRM, que tiene dos modos de protección de servicio: 1) interactivo y 2) radiodifusión únicamente. En el modo interactivo, el receptor admite un canal de interacción para comunicarse con un proveedor de servicios con objeto de recibir derechos en materia de protección de contenido y/o servicio. En el modo radiodifusión únicamente, el receptor no utiliza un canal de interacción para comunicarse con un proveedor de servicios. Las peticiones son formuladas por el usuario al proveedor de servicios mediante algún mecanismo fuera de banda como, por ejemplo, una llamada al número de teléfono del proveedor o el acceso a la página web del proveedor.
- **Subsistema FEC mejorado:** para una recepción fiable en dispositivos móviles/de mano se utiliza la codificación RS/CRC adicional. La concatenación de un codificador convolucional adicional con codificadores TCM proporciona un código turbo que corresponde a un código convolucional concatenado en serie (SCCC). La mejora de la fiabilidad se asegura en canales inalámbricos que varían en el tiempo utilizando un entrelazador de símbolos. Para el canal de señalización se utiliza, a efectos de protección, un código convolucional concatenado paralelo (PCCC) con velocidad de codificación 1/4.
- **Compensación de canal mejorada:** el sistema de transmisión M/H inserta secuencias de acondicionamiento largas y regularmente espaciadas que presentan las mayores ventajas para un número dado de símbolos de acondicionamiento en condiciones de efecto Doppler intenso. La longitud de las secuencias de acondicionamiento permite la adquisición rápida del canal durante la operación de ahorro de energía del demodulador respecto a las ráfagas.
- **Canal de señalización avanzado:** la información en el canal de señalización M/H establece la organización de datos del sistema M/H. Se utilizan dos canales de señalización (canal de parámetros de transmisión (TPC) y canal de información rápida (FIC)). El canal FIC transporta información entre capas para permitir una adquisición rápida del servicio M/H. El canal TPC define la información relativa a la recuperación de datos necesarios a partir de la trama M/H.

9.3.1.3 Capas física y de enlace del sistema ATSC 1.0

En la Figura 9.26 se presenta el diagrama en bloques funcionales para el tratamiento del trayecto del servicio ATSC principal.

FIGURA 9.26

Diagrama en bloques funcionales del servicio principal ATSC y los servicios ATSC-M/H

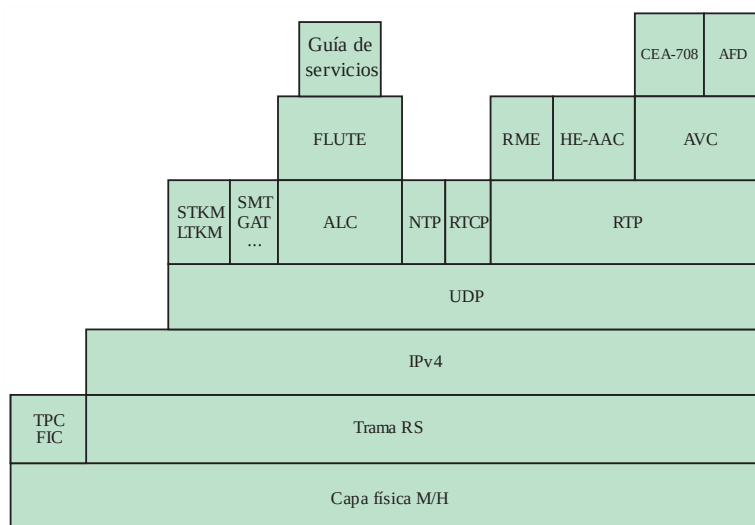
DTTB-09-26

Los datos entrantes en el canal del servicio principal son aleatorizados y posteriormente codificados utilizando la codificación Reed Solomon (RS) para la corrección de errores directa (FEC), el entrelazado de campo de datos 1/6 y la modulación codificada reticular a velocidad 2/3. Los procesos de aleatorización y de FEC no se aplican a los bytes de sincronización de los paquetes de transporte, que están representados en la transmisión por señales de sincronización de segmentos de datos. Tras la aleatorización y el tratamiento de corrección de errores directa, se formatean los paquetes de datos en tramas de datos para su transmisión y se añaden la sincronización de segmentos de datos y la sincronización de campos de datos. Se modula la señal y se inserta una pequeña portadora piloto antes del convertidor elevador de RF.

La extensión M/H del sistema de transmisión recibe dos conjuntos de trenes de entrada: uno está formado por paquetes del tren de transporte (TS) MPEG de los datos del servicio principal y el otro, por datos del servicio M/H. A alto nivel, la función del sistema de transmisión M/H consiste en combinar ambos tipos de trenes en un tren de paquetes TS MPEG y proceder a su tratamiento y modulación en la señal BLR-8 normal ATSC de codificación reticular.

El sistema ATSC-M/H está separado en unidades funcionales lógicas correspondientes a la pila de protocolos enumerados en la Figura 9.27. El sistema utiliza la transmisión multimedia con IP para habilitar servicios de video y audio AVC/HE-AAC y el suministro personalizado de contenido. El protocolo IP necesita la pila de protocolos UDP/RTP para servicios de vídeo y el control ALC para FLUTE/Guía de servicios.

FIGURA 9.27
Pila de protocolos del sistema ATSC-M/H



DTTB-09-27

Los datos M/H en la capa de enlace se dividen en conjuntos, cada uno de los cuales contiene uno o más servicios. Cada conjunto puede ser codificado a un nivel de protección contra errores diferente, según la aplicación. La codificación M/H incluye una FEC a nivel de paquete y de retícula, más la inserción de secuencias de acondicionamiento largas y regularmente espaciadas en los datos M/H. También se insertan datos de control robustos y fiables destinados a los receptores M/H. El sistema M/H transmite los datos M/H por ráfagas, lo que permite al receptor M/H detener y volver a poner en marcha el sintonizador y el demodulador para ahorrar energía.

Los datos M/H se transmiten en la señal BLR-8 en intervalos de tiempo, facilitándose de esa forma la recepción en modo ráfaga del receptor M/H sólo de partes seleccionadas de los datos M/H. Cada intervalo de tiempo de una trama M/H se divide en cinco subintervalos de la misma duración, llamados subtramas M/H. Cada subtrama M/H se divide a su vez en cuatro subdivisiones de 48,4 ms, que corresponde a la duración necesaria para transmitir una sola trama BLR. Estos intervalos de tiempo de la trama BLR se dividen a su vez en cuatro intervalos M/H cada uno (para obtener un total de 16 intervalos M/H en cada subtrama M/H).

Para lograr la compatibilidad con receptores BLR-8 tradicionales, los datos del servicio M/H se encapsulan en paquetes de tren de transporte MPEG-2 especiales, designados como paquetes de encapsulado M/H (MHE). El sistema de transmisión M/H puede dar cabida a datos de servicio encapsulados que estén en cualquier formato deseado. Por ejemplo, servicios incorporados en trenes de transporte MPEG, como vídeo/audio MPEG-2, vídeo/audio MPEG-4, otros datos o servicios incorporados por paquetes IP.

La multiplexación por división en el tiempo de los datos M/H y del servicio principal introduce cambios en el tiempo de emisión de los paquetes del tren del servicio principal en comparación con la temporización que tendría lugar si no hubiera ningún tren M/H. Los cambios son necesarios para compensar completamente los desplazamientos temporales en el punto de combinación, de tal forma que la señal emitida cumpla las normas MPEG y ATSC para proteger los receptores tradicionales. Como se observa en la Figura 9.26, estas funciones son realizadas por el bloque «Temporización de paquetes y ajuste PCR».

Las operaciones del sistema de transmisión M/H en los datos M/H se dividen en dos etapas: un tratamiento previo y un tratamiento posterior.

La función del tratamiento previo consiste en reorganizar los datos del servicio M/H en una estructura de datos M/H con el fin de aumentar la robustez de los datos de ese servicio mediante procesos FEC adicionales, insertar secuencias de acondicionamiento y, a continuación, encapsular los datos tratados y mejorados en paquetes de tren de transporte MHE. Las operaciones de tratamiento posterior comprenden la codificación de trama M/H, el procesamiento de bloques, el formateo de grupos, el formateo de paquetes y la codificación de señalización M/H.

La función del tratamiento posterior consiste en procesar los datos del servicio principal mediante la codificación BLR-8 normal y manipular los datos del servicio M/H tratados previamente en el tren combinado para asegurar la compatibilidad con receptores ATSC BLR-8. Los datos del servicio principal en el tren combinado se procesan exactamente de la misma manera que para la transmisión BLR-8 normal: aleatorización, codificación RS, entrelazado y codificación reticular. Los datos del servicio M/H en el tren combinado se procesan de forma diferente a los datos del servicio principal: los datos del servicio M/H tratados previamente evitan el aleatorizador de datos.

Los datos del servicio M/H tratados previamente son procesados por un codificador RS no sistemático. Se realizan operaciones adicionales en esos datos para inicializar las memorias del codificador reticular al comienzo de cada secuencia de acondicionamiento, que ha sido incluida en los datos del servicio M/H tratados previamente. La codificación RS no sistemática permite la inserción de secuencias de acondicionamiento largas y regularmente espaciadas sin que los receptores tradicionales interrumpen la recepción.

El canal de información rápida (FIC), que es un canal de datos separado del canal de datos, es suministrado por las tramas RS. El objetivo principal del FIC es suministrar de forma eficaz informaciones esenciales para una adquisición rápida del servicio M/H. Esas informaciones se refieren fundamentalmente a la vinculación entre los servicios M/H y los conjuntos M/H que los transportan, así como a versiones relativas al canal de señalización de servicio M/H de cada conjunto M/H.

9.3.1.4 Calidad de funcionamiento del sistema ATSC 1.0

La relación portadora/ruido (C/N) en un canal de ruido gaussiano blanco aditivo (AWGN) es de 15,19 dB para la codificación reticular 2/3. Además, las C/N son de 9,2 dB para la codificación reticular concatenada de velocidad 1/2 y de 6,2 dB para la codificación reticular concatenada de velocidad 1/4. Se facilita una información más completa en la Práctica Recomendada ATSC A/74 [9.65].

La C/N requerida para ATSC-M/H se describe en la Práctica Recomendada ATSC A/174 [9.66] sobre calidad de funcionamiento del receptor móvil. Asimismo, se estima a continuación la sensibilidad máxima llamada sensibilidad isotrópica total (TIS). En los Cuadros 9.10 y 9.11 se enumeran esos requisitos para dispositivos con antenas incorporadas.

CUADRO 9.10

TIS típica para dispositivos en ondas decimétricas con sistemas de antena autónomos

Clase de dispositivo	Margen de implementación	Factor de ruido	Eficacia de la antena	C/N AWGN para velocidad 1/4	TIS a 584 MHz
Móvil de mano	3 dB	6 dB	-8,6 dB	3 dB	46,5 dB μ V/m
Reproductor personal	3 dB	6 dB	-5,6 dB	3 dB	43,5 dB μ V/m

CUADRO 9.11

TIS típica para dispositivos en ondas métricas con sistemas de antena autónomos

Clase de dispositivo	Margen de implementación	Factor de ruido	Eficacia de la antena	C/N AWGN para velocidad 1/4	TIS a 584 MHz
Móvil de mano	3 dB	6 dB	-25 dB	3 dB	53,4 dB μ V/m
Reproductor personal	3 dB	6 dB	-22 dB	3 dB	50,4 dB μ V/m

9.3.1.5 Resumen de los parámetros del sistema ATSC 1.0

En el Cuadro 9.12 siguiente se resumen las características del sistema ATSC 1.0 (véase también el Informe UIT-R BT.2295-1 [9.43]).

CUADRO 9.12

Principales características del sistema ATSC

Características	ATSC
Modos de recepción: – Fija – Portátil – Portátil en dispositivos de mano – Móvil	+ + + +
Ancho de banda de canal	a) 6 MHz; b) 7 MHz; c) 8 MHz
Velocidades de datos netas	Según modulación y velocidad de codificación: a) 4,23-19,39 Mbit/s b) 4,72-21,62 Mbit/s c) 5,99-27,48 Mbit/s
Eficacia del espectro (bit/s/Hz)	0,55-1,48
Redes monofrecuencia	
Tipos de radiodifusión: – sonora – multimedios – televisión	+ +
Tipos de datos/servicios de transmisión	Vídeo, audio, datos
Bandas de frecuencias	ondas métricas, ondas decimétricas
Ancho de banda utilizado	A -3 dB: a) 5,38 MHz; b) 6,00 MHz; c) 7,00 MHz
Número de segmentos	1
Número de subportadoras por segmento	1
Separación entre subportadoras	–
Duración activa de un símbolo	a) 92,9 ns; b) 83,3 ns; c) 71,4 ns
Duración/relación del intervalo de guarda	–
Duración de trama	a) 48,4 ms; b) 43,4 ms; a) 37,2 ms
Sincronización de tiempo/frecuencia	Sincronización de segmentos, portadora piloto; sincronización de trama
Métodos de modulación	BLR-8
FEC interna	reticular 2/3, concatenado 1/2 ó reticular 1/4
Entrelazado interno	Trenes codificados independientemente, entrelazados en el tiempo: a) 12; b) 24; c) 28
FC externa	RS (207,187, T = 10), RS concatenado (184,164, T = 10)
Entrelazado externo	Byte convolucional de 52 segmentos entrelazado, byte concatenado de 46 segmentos entrelazado
Aleatorización de datos/dispersión de energía	PRBS a 6 bits
Transmisión jerárquica	–
Señalización de parámetros de transmisión	Símbolos del modo en la sincronización de trama

9.3.1.6 Balances de enlace para el sistema ATSC 1.0

En la Recomendación UIT-R BT.1368 [9.42] se proporcionan balances de enlace en términos de intensidades de campo mínimas para la televisión terrenal digital ATSC 1.0 (servicio principal), como se indica en el Cuadro 9.13.

CUADRO 9.13

Obtención por el método del factor de calidad para el sistema ATSC de 6 MHz

Parámetro de planificación(1)	Banda de ondas métricas inferior 54-88 MHz	Banda de ondas métricas superior 174-216 MHz	Banda de ondas decimétricas 470-806 MHz
Frecuencia (MHz)	69	194	615
C/N (dB)	19,5 ⁽²⁾	19,5 ⁽²⁾	19,5 ⁽²⁾
k (dB)	-228,6	-228,6	-228,6
B (dB(Hz)) (6 MHz)	67,8	67,8	67,8
G_{1m^2} (dB)	-1,8	7,3	17,2
G_D (dB)	6	8	10
G_I (dB)	8,2	10,2	12,2
Pérdida de la línea de transmisión (dB) $\alpha_{línea}$	1,1	1,9	3,3
Pérdida de balun 300/75 de antena (dB) α_{balun}	0,5	0,5	0,5
Factor de ruido de receptor (dB)	5	5	10
T_{rx} (K)	627,1	627,1	2 610
$T_{línea}$ (K)	65,0	102,9	154,4
Factor de ruido LNA (dB)	5	5	5
Ganancia LNA (dB)	20	20	20
T_{ABR} (dB)	627,1	627,1	627,1
T_{balun} (K)	31,6	31,6	31,6
T_a (K)	9 972,1	569,1	Valor insignificante
$T_a \alpha_{balun}$ (K)	8 885,1	507,1	Valor insignificante
$T_{línea}/\alpha G$ (K)	0,8	1,6	3,3
$T_{rx}/\alpha G$ (K)	8,1	9,7	55,8
T_e (K)	9 552,6	1 176,8	717,8
$10 \log(T_e)$ (dB(K))	39,8	30,7	28,6
G_A (dB)	7,7	9,7	11,7
E_{rx} (dB(μ V/m)) ⁽³⁾ (TBC)	35	33	39

NOTA – Los valores del Cuadro se calcularon partiendo de la hipótesis de una relación C/N con degradación de recepción multitrayecto típica y división equitativa entre ruido y frecuencia. El modelo de sistema receptor es una instalación de recepción típica situada cerca del borde de la cobertura que consta de una antena exterior, un amplificador de bajo nivel de ruido (LNA) montado en la antena, un cable de interconexión de bajada de la antena y un receptor ATSC.

(1) Con respecto a las definiciones, véase el Apéndice 1 del Anexo 1 a la Recomendación UIT-R BT.1368 [9.42].

(2) Las cifras deben ajustarse reduciéndolas (con miras a una mejor calidad de funcionamiento) 6 dB en el caso de la codificación reticular concatenada de velocidad 1/2 ó 9 dB en el caso de la codificación reticular concatenada de velocidad 1/4.

(3) Con respecto a las fórmulas, véase el Apéndice 1 del Anexo 1 a la Recomendación UIT-R BT.1368 [9.42].

En el Cuadro 9.14 se resume, a título de ejemplo, una estimación del balance de enlace ATSC-M/H para un receptor móvil exterior (en vehículos) (utilizando la ganancia de la antena) y dispositivos de antena incorporada.

CUADRO 9.14

Ejemplo de balance de enlace para dispositivos en vehículos con antenas exteriores

Características	Dispositivo de mano personal 584 MHz	Dispositivo de mano personal 195 MHz
Temperatura de referencia del sistema, K	298,0	298,0
Potencia de ruido de la temperatura de referencia del sistema, dBm	-106,5	-106,5
Temperatura de ruido del dispositivo (6 dB NF), K	1 192,0	1 192,0
Pérdida vinculada a la implementación (autorradiación) (0 dB), K	0,0	0,0
Temperatura de ruido ambiental, K	372,5	2 384,0
Temperatura de ruido total a la entrada del sistema, K	1 564,5	3 576,0
Potencia de ruido efectiva a la entrada, dBm	-99,3	-95,7
C/N para velocidad mixta y un conjunto de pruebas TU-6, dB	17,0	17,0
Potencia necesaria a la entrada del receptor, dBm	-82,3	-78,7
Ganancia de la antena, dBi	0,0	-3,0
Intensidad de campo operacional, dBμV/m	50,2	47,3
Temperatura de referencia del sistema, K	298,0	298,0
Potencia de ruido de la temperatura de referencia del sistema, dBm	-106,5	-106,5
Temperatura de ruido del dispositivo (6 dB NF), K	1 192,0	1 192,0
Pérdida vinculada a la implementación (autorradiación) (3 dB), K	1 192,0	1 192,0
Temperatura de ruido ambiental, K	372,5	2 384,0
Temperatura de ruido total a la entrada del sistema, K	2 756,5	4 768,0
Potencia de ruido efectiva a la entrada, dBm	-96,9	-94,5
C/N para velocidad mixta y un conjunto de pruebas TU-6, dB	17,0	17,0
Potencia necesaria a la entrada del receptor, dBm	-79,9	-77,5
Ganancia de la antena, dBi	-8,6	-25,0
Intensidad de campo operacional, dBμV/m	61,3	80,0

9.3.2 Sistema ATSC 2.0

El sistema ATSC 2.0 está diseñado para que la experiencia televisiva en receptores fijos pase al nivel siguiente con la incorporación de una serie de características mejoradas que se fundan en normas recientemente elaboradas y en la aplicación más concreta de las normas en vigor.

En la capa física, el sistema ATSC 2.0 es compatible con versiones anteriores del sistema ATSC 1.0. Fundamentalmente, se introducen nuevas características en el nivel superior de este sistema DTTB.

Los dispositivos de usuario conectados a Internet habilitan nuevos modelos de distribución y consumo para la programación recreativa y la información de televisión.

Numerosos productos electrónicos de consumo, como consolas de videojuegos, reproductores de discos Blu-ray™ y computadoras personales pueden conectarse a Internet y recibir contenido y servicios de proveedores de servicios Internet. Los aparatos de televisión también se pueden conectar a Internet.

Otros avances más fundamentales en la tecnología de vídeo, incorporados en ATSC 2.0, mejoran considerablemente el funcionamiento de sistemas de televisión. Desde la introducción decenios atrás de la primera tecnología de compresión de vídeo de amplia implantación, MPEG-2, el códec de vídeo AVC (H.264) es muy utilizado ahora para la distribución de vídeo de elevada calidad y gran eficacia; se encuentra en los servicios de transmisión continua por Internet y también en la norma TVD móvil ATSC (ATSC Mobile DTV). Pueden hallarse también nuevos códecs de audio de alta eficacia en los servicios de vídeo más modernos.

El sistema ATSC 2.0 está diseñado para que sea compatible en banda con versiones anteriores; esto significa que, aunque no se prevé que funcionen en los receptores ATSC actuales, los servicios ATSC 2.0 incluidos en una transmisión serán compatibles con la capacidad de los receptores ATSC en uso para recibir en esa transmisión los servicios ATSC actuales. ATSC A/107 [9.67] define una especificación de nivel superior de los servicios de televisión digital de radiodifusión fija ATSC 2.0, que enriquece los servicios de televisión digital definidos en las normas ATSC A/53 [9.48] a [9.53].

9.3.2.1 Servicios no en tiempo real

La norma ATSC A/103 no en tiempo real (NRT) [9.68] describe la señalización, los anuncios y el transporte de esencia NRT. La prestación de servicios no en tiempo real para la radiodifusión fija se efectúa en subredes IP; las subredes IP asociadas a un determinado canal virtual se identifican mediante referencias en el cuadro de canales virtuales terrenales (TVCT) y los cuadros PAT/PMT asociados. La norma NRT identifica siete modelos de consumo.

9.3.2.2 Services interactivos

La norma de servicios interactivos ATSC A/105 [9.69] permite a los organismos de radiodifusión conectar la programación de radiodifusión con servicios adicionales relacionados con esa programación. En este sistema son esenciales los Objetos Declarativos (DO) que facilitan la experiencia interactiva del usuario. Tanto los organismos de radiodifusión como los usuarios pueden iniciar y modificar los cambios introducidos en el estado de ciclo de vida de los Objetos Declarativos (por ejemplo, para lanzar o eliminar un DO). El sistema contempla la extensión de estos servicios a una segunda pantalla y el suministro de los recursos necesarios por el trayecto Internet.

Además de los servicios que ya forman parte de la radiodifusión de televisión terrenal tradicional, los servicios descritos en la norma de servicios interactivos son, entre otros, los siguientes:

- Personalización.
- Informe sobre utilización del servicio.
- Acceso del receptor a servidores web.
- Soporte al reconocimiento automático de contenido.

En la norma de servicios interactivos y normas ATSC asociadas, se admiten tres contextos de interactividad:

- Servicios de datos adjuntos interactivos activados.
- Otros servicios NRT interactivos.
- Aplicaciones interactivas no vinculadas a un servicio.

En cada caso, la interactividad es proporcionada por Objetos Declarativos (DO) que se ajustan a las especificaciones de la norma de servicios interactivos.

9.3.3 Sistema ATSC 3.0

ATSC 3.0 es un sistema DTTB de segunda generación que proporciona toda una serie de normas y prácticas recomendadas ([9.71]-[9.90]). Es diferente del sistema ATSC 1.0 y no es compatible con versiones anteriores. El sistema ATSC 3.0 proporciona flexibilidad en la capa física para acomodar una gama de opciones de servicio. Entre estas figuran una opción de mayor capacidad de parte útil y mayor fiabilidad que puede aplicarse a una amplia gama de dispositivos receptores. El núcleo de transporte se basa en IP para facilitar la integración con la tendencia emergente de generalización de las redes IP tanto en los estudios de producción como en las redes domésticas. Entre las mejoras con respecto a ATSC 1.0 figuran la incorporación de los últimos sistemas

de compresión de audio y video, y la capacidad de transportar en modo nativo aplicaciones basadas en W3C asociadas a los contenidos.

9.3.3.1 Modelo de arquitectura de ATSC 3.0

El Sistema ATSC 3.0 se ha diseñado con arreglo a una arquitectura «de capas» debido a las muchas ventajas que ello comporta, sobre todo en cuanto a sus posibilidades de actualización y ampliación. En la Figura 9.28 *infra* se muestra un modelo genérico de capas de ATSC 3.0. Obsérvese que las dos capas centrales del sistema se agrupan en una sola capa de organización, denominada Capa de «Gestión y Protocolos».

FIGURA 9.28
Arquitectura por capas de ATSC 3.0



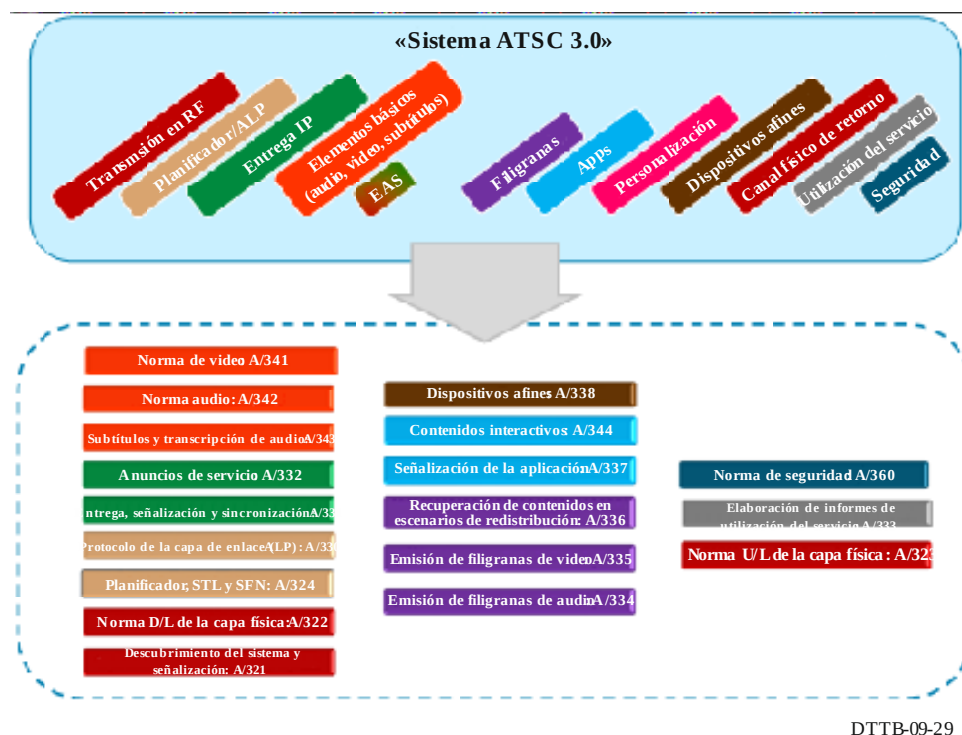
DTTB-09-28

ATSC 3.0 admite la programación lineal convencional, la programación lineal mejorada y los servicios basados en aplicaciones. La programación lineal mejorada puede incluir una diversidad de componentes de contenido tales como múltiples trenes de video, audio y subtítulos que pueden seleccionarse y combinarse sincronamente para presentarlos en el receptor. Los servicios de programación lineal pueden mejorarse mediante aplicaciones tales como los juegos interactivos o la inserción de publicidad específica. También se admiten los servicios basados en aplicaciones, en los que una aplicación sirve de punto de lanzamiento del servicio, y el servicio se presta desde el interior de la aplicación. Un ejemplo de servicio basado en una aplicación es un servicio a la carta en el que el espectador tenga acceso a una biblioteca de contenidos a la carta, la administre y reproduzca los títulos seleccionados.

El Sistema ATSC 3.0 se describe en diversos documentos independientes, que se han refundido para constituir la Norma. Estos documentos se dividieron de esta forma para dar soporte a la evolución por separado de los diferentes aspectos de la Norma.

En la Figura 9.29 *infra* se muestran los diversos documentos y los temas a los que corresponden. Debe observarse que algunos temas abarcan más de un documento, por ejemplo, la accesibilidad y las alertas de emergencia. En estos casos, se ofrecen directrices en las secciones *infra* para ayuda al lector a identificar las diversas partes de la Norma aplicables al tema en cuestión y cómo se han concebido esas partes para utilizarlas en conjunto.

FIGURA 9.29
Normas ATSC 3.0



DTTB-09-29

9.3.3.2 Tecnologías clave de ATSC 3.0

Las tecnologías clave emmpleadas en ATSC 3.0 son las siguientes:

Formato del tren del sistema: Se utiliza el transporte basado en IP. Hay dos métodos de distribución de contenidos: MMT y ROUTE. Se proporciona señalización del sistema y del servicio mediante una serie de tablas tales como la SLT y la SLS que contienen información de los servicios encapsulados.

Señal de inicialización: La señal de inicialización forma parte de la Capa Física de ATSC 3.0 y constituye un punto de entrada universal a la forma de onda ATSC 3.0. La inicialización proporciona información sobre las formas de onda de la capa física que se radiodifunden y permite la coexistencia de distintas versiones de formas de onda. Esto proporciona la funcionalidad de ampliar y modificar las capacidades de la capa física de ATSC 3.0 manteniendo la compatibilidad con las versiones anteriores. Conductos de la Capa Física (PLP): ATSC 3.0 permite subdividir la parte útil de la capa física en conductos especializados. La fiabilidad de cada PLP puede ajustarse a los servicios contemplados de forma independiente. Esto incluye los parámetros de modulación y corrección de errores.

Algoritmos FEC: la FEC se consigue con LDPC a velocidades de códigos de 2/15 a 13/15. La utilización de codificación externa con BCH es opcional.

Entrelazado: ATSC 3.0 incluye varias opciones de entrelazado. Para un sistema de un solo PLP, puede utilizarse un entrelazador de bloques. Cuando se configuran varios PLP se utiliza un sistema de entrelazado híbrido de bloques y convolucional. La profundidad del entrelazado se puede programar y se basa en la utilización de memoria en vez de tiempos. El entrelazador consta de 2^{19} células de entrelazado.

Modulación MDFO: El sistema de modulación se basa en MDFO con la posibilidad de 8K, 16K o 32K de tamaño de la FFT. Se soporta la modulación MAQ desde MDPQ hasta MAQ 4096 ya sea con constelaciones uniformes o con no uniformes.

Compensación y sincronización de canales: La señal MDFO contiene muchas características programables, entre ellas varias configuraciones de tonos piloto y un intervalo de guarda configurable. Esto permite que el sistema se adapte a los dispositivos receptores a los que se destina (por ejemplo, móvil, antena de tejado, etc.) así como a las necesidades específicas del mercado de que se trate.

Ancho de banda del canal: El ancho de banda del canal puede ser 6, 7 u 8 MHz.

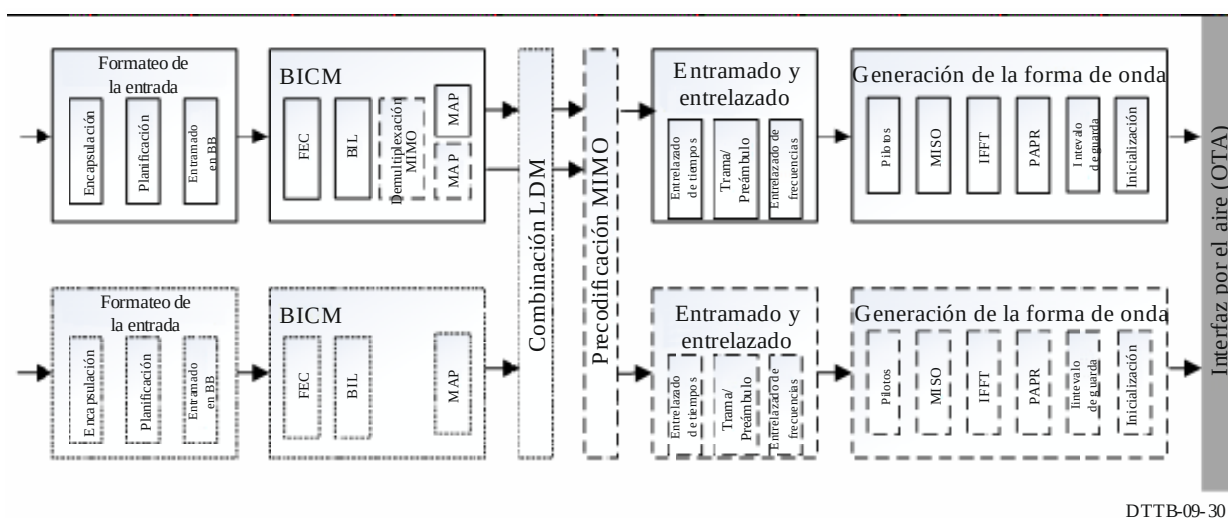
Características avanzadas: El sistema contiene características que aumentan su operatividad para ciertas aplicaciones. Entre éstas figuran la Multiplexación por División Estratificada, la configuración MISO/MIMO, la definición flexible de subtramas y la unión de canales.

9.3.3.3 Capa física de ATSC 3.0

En la Figura 9.30 se muestra el diagrama de bloques funcionales para procesar la principal capa física de ATSC 3.0 (Norma A/322 del Protocolo de capa física de ATSC). La arquitectura del sistema consta de cuatro partes principales: formateo de la entrada, modulación por codificación de bits entrelazados (BICM), entramado y entrelazado, y generación de formas de onda.

FIGURA 9.30

Diagrama de bloques funcionales de la capa física de ATSC 3.0



El formateo de la entrada consta de tres bloques: encapsulación, entramado en banda base y planificador. La encapsulación, el entramado en banda base y el planificador. La encapsulación consiste en el formateo de los datos de entrada en paquetes ALP. La tarea del planificador es asignar los paquetes ALP a las tramas de la capa física con arreglo al método más eficiente posible. Cuando los paquetes ALP están listos para ser enviados en una trama de la capa física, se encapsulan en tramas en banda base que están listas para la codificación de corrección de errores.

El bloque BICM es el encargado de aplicar a las tramas en banda base la codificación de corrección de errores y el entrelazado de bits. La corrección de errores de base es un código LDPC con dos longitudes posibles: 64 800 y 16 200 bits. Las velocidades de códigos van de 2/15 a 13/15. Se puede añadir discrecionalmente una codificación exterior opcional con un código BCH o un CDC. Una vez aplicada la FEC y el entrelazado de bits, se establece una correspondencia entre los datos y los puntos de una constelación con arreglo a los parámetros específicos del PLP.

Sobre la base de las instrucciones del planificador, se agrupan una serie de paquetes en banda base codificados en BICM para formar una trama de datos. Este conjunto de datos está entrelazado en el tiempo y en la frecuencia para mayor robustez. Hay varias opciones de entrelazado en el tiempo y en la frecuencia para mejorar la adaptación de la trama a la aplicación a la que se destina.

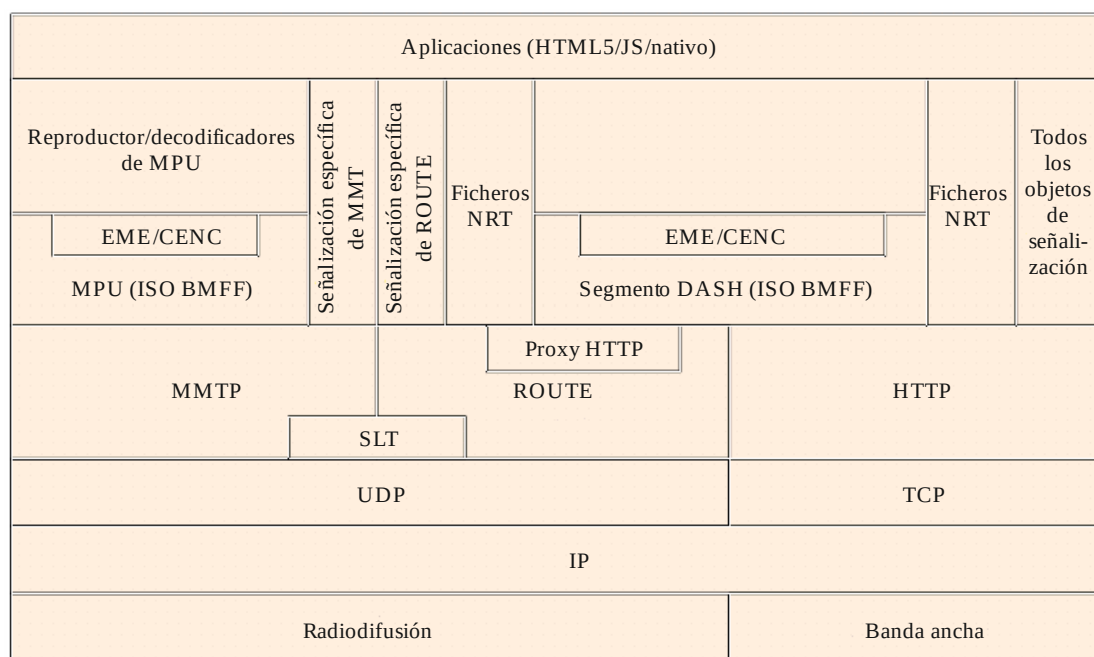
Una vez entrelazada la trama de datos, se genera una forma de onda. La forma de onda consta de una inicialización seguida de un preámbulo que, a su vez, va seguido de una o varias subtramas. La utilización de subtramas supone otro nivel de adaptación en el que los parámetros de la forma de onda pueden ajustarse a nivel de subtrama. Cada subtrama consta de una serie de símbolos MDFO. Estos símbolos se construyen

combinando los datos entrelazados, señales piloto y el intervalo de guarda. Si es necesario, puede añadirse PAPR.

9.3.3.4 Capa de transporte de ATSC 3.0

En la Figura 9.31 se muestra un modelo conceptual de la capa de transporte de ATSC 3.0. Se especifican los dos métodos de entrega del servicio de radiodifusión. El método representado a la izquierda de la Figura 9.31 se basa en el transporte de medios MPEG (MMT), ISO/CEI 23008-1 y utiliza el protocolo MMT (MMTP) para entregar las Unidades de Procesamiento de Medios (MPU). El método que se muestra en el centro se basa en el perfil DASH-IF que, a su vez, se basa en MPEG DASH. Para entregar los segmentos DASH, utiliza el protocolo de entrega de objetos en tiempo real con transporte unidireccional (ROUTE). También se entregan con ROUTE los contenidos no destinados a ser reproducidos en tiempo real en el momento de su recepción, por ejemplo, a) una aplicación descargada, b) un fichero que contenga medios continuos o discretos y que pertenezca a una mejora basada en aplicación, o c) un fichero que contenga información ESG o EA. La señalización puede entregarse por MMTP y/o ROUTE, mientras que la información de Señalización de la Inicialización se proporciona por medio de la Tabla Lista de Servicios (SLT).

FIGURA 9.31
Pila de protocolo conceptual de ATSC 3.0



DTTB-09-31

Para soportar la prestación de servicios, de forma que uno o varios elementos de programa se entreguen por un trayecto de banda ancha, se utiliza el perfil DASH-IF sobre HTTP/TCP/IP en el lado de la banda ancha. Los ficheros de medios del perfil DASH-IF basados en el formato de fichero de medios básico de ISO (ISO BMFF) se utilizan como formato de entrega, encapsulación de medios y sincronización tanto para la radiodifusión como para la entrega en banda ancha.

Características

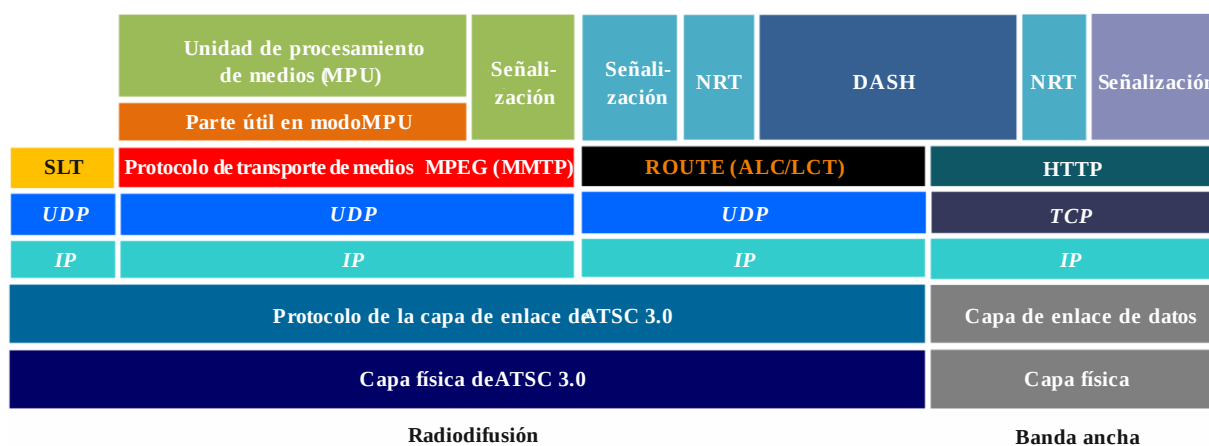
Los protocolos dan soporte a las características del sistema, entre ellas:

- La transmisión en flujo continuo y tiempo real de medios de radiodifusión.
- La entrega eficiente y fiable de objetos basados en ficheros.
- El soporte de adquisición rápida de servicios por parte de los receptores (cambio rápido de canal).
- El soporte de servicios (de radiodifusión/banda ancha) híbridos.

- La corrección de errores en recepción (FEC) de alta eficiencia.
- La compatibilidad dentro de la infraestructura de radiodifusión con formatos y métodos de entrega desarrollados para Internet (y su utilización conjunta en este dominio).
- El soporte de DRM, la encriptación de contenidos y la seguridad.
- El soporte de definiciones de servicio en las que todos los componentes del servicio se entregan por un trayecto de banda ancha (obsérvese que la adquisición de estos servicios sigue requiriendo el acceso a la señalización que se entrega en la radiodifusión).
- La señalización de soporte de los códecs de audio y video de la última generación.
- La entrega en diferido de contenidos de medios.
- La entrega sin multiplexar de componentes de servicio (por ejemplo, video y audio en trenes independientes).
- El soporte de la transmisión adaptable en flujo continuo de contenidos entregados en flujo continuo por banda ancha.
- El enlace adecuado a características de la capa de aplicación tales como la ESG y los contenidos interactivos.

Los servicios ATSC 3.0 se entregan utilizando tres capas funcionales, a saber, la capa física, la capa de entrega y la capa de gestión del servicio. La capa física proporciona los mecanismos que se encargan del transporte de la señalización, el anuncio del servicio y los trenes de paquetes IP por la capa física de radiodifusión y/o la capa física de banda ancha. La capa de entrega proporciona la funcionalidad del transporte de objetos y de flujos de objetos. Es activada por el protocolo de transporte de medios MPEG (MMTP) o por el protocolo de entrega de objetos en tiempo real con transporte unidireccional (ROUTE), funcionando en multidifusión de UDP/IP por la capa física de radiodifusión y habilitada por el protocolo HTTP con unidifusión TCP/IP por la capa física de banda ancha. La capa de gestión del servicio soporta esencialmente el descubrimiento y la adquisición del servicio para conseguir que diferentes tipos de servicios, tales como la TV lineal y/o el servicio de aplicación HTML5, puedan ser transportados por las capas de entrega y física subyacentes. En la Figura 9.32 se representa la pila de protocolos del receptor ATSC 3.0.

FIGURA 9.32

Pila de protocolos del receptor ATSC 3.0

DTTB-09-32

La señalización del servicio proporciona el descubrimiento del servicio y la información de la descripción y consta de dos componentes funcionales: La señalización de inicialización mediante la tabla lista de servicios (SLT) y la señalización de la capa de servicio (SLS). Éstas constituyen la información necesaria para descubrir y adquirir los servicios ATSC 3.0. La SLT permite que el receptor cree una lista de servicios básicos e inicializa el descubrimiento de la SLS para cada servicio ATSC 3.0.

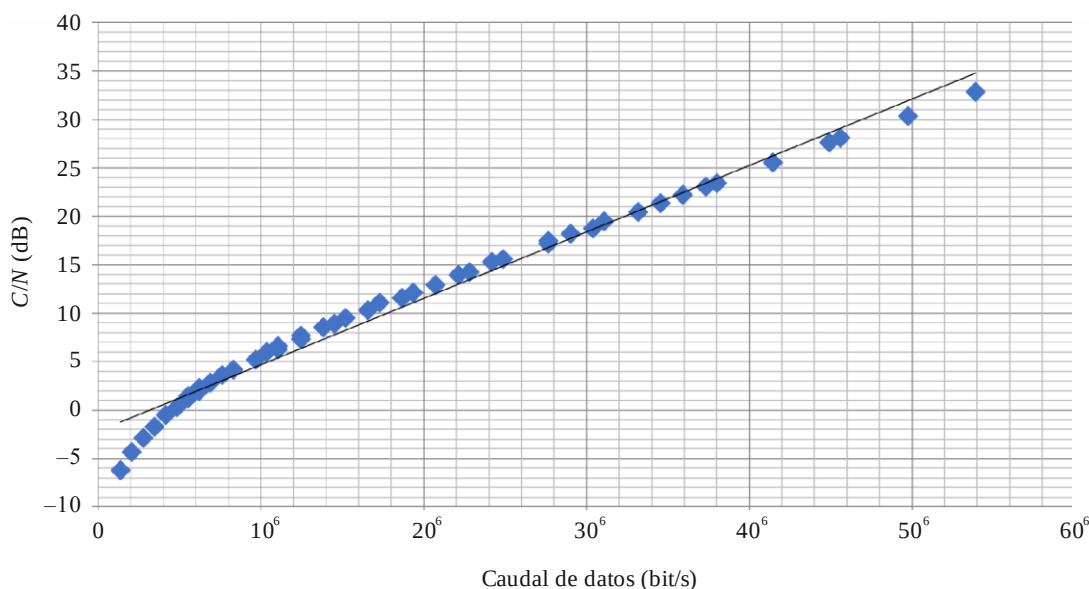
La SLT puede conseguir una gran rapidez en la adquisición de información básica del servicio. La SLS permite que el receptor descubra y acceda a servicios ATSC 3.0 y a sus componentes de contenidos. Para los servicios ROUTE/DASH que se entregan por radiodifusión, la SLS se transporta en ROUTE/UDP/IP por uno de los canales de transporte que constan de una sesión ROUTE, a una velocidad de carrusel adecuada para soportar la incorporación y conmutación de canal rápidas. Para la transmisión en flujo continuo de MMTP/MPU por radiodifusión, la SLS se transporta en los mensajes de señalización MMTP, a una velocidad de carrusel adecuada para soportar la incorporación y conmutación de canal rápidas. En la entrega en banda ancha, la SLS se transporta por HTTP(S)/TCP/IP.

9.3.3.5 Calidad de funcionamiento de ATSC 3.0

La combinación del formato de modulación y los sistemas de corrección de errores descrita en la sección 9.3.3.3 *supra* soporta una amplia gama de C/N de AWGN que va de $-6,23$ dB a $32,84$ dB. Aunque con un formato de modulación inferior y una velocidad de códigos menor, el código LDPC mejora la calidad de recepción de la señal, se hace a expensas del caudal de información del canal. Las velocidades de datos correspondientes a la C/N mínima y a la C/N máxima son aproximadamente $1,5$ Mbit/s y 57 Mbit/s, respectivamente. En cambio, el sistema ATSC 1.0 tenía un caudal fijo de $19,4$ Mbit/s, aproximadamente, para una C/N de AWGN de $14,9$ dB, aproximadamente. En la Figura 9.33 se muestra un diagrama de dispersión de los formatos de modulación y codificación disponibles en función de calidad de funcionamiento de la C/N y del caudal de datos BICM. Esta diagrama es aproximado, ya que el caudal exacto de datos y la calidad de funcionamiento de la C/N varían ligeramente en función de la selección de muchos parámetros de ATSC 3.0 tales como la longitud del intervalo de guarda y el patrón piloto. Como puede verse en la Figura *infra*, ATSC 3.0 proporciona un conjunto denso de puntos de funcionamiento que abarca una amplia gama de puntos de funcionamiento de la C/N .

FIGURA 9.33

Selecciones de modulación y codificación de ATSC 3.0
(valores aproximados para un canal de 6 MHz)



DTTB-09-33

La selección de la modulación y el nivel de corrección de errores a utilizar viene determinada principalmente por las necesidades de la aplicación específica. Normalmente, los dispositivos móviles que sólo pueden ir dotados de antenas de baja ganancia exigen una relación C/N más baja para poder funcionar. La recepción de dispositivos fijos tales como los televisores admite antenas de mayor ganancia y por consiguiente pueden funcionar con niveles de C/N superiores.

Con la introducción de los PLP, el sistema ATSC 3.0 puede transmitir simultáneamente varios formatos de modulación y codificación diferentes. Cada PLP puede considerarse un tren codificado independientemente. Los parámetros de cada PLP se transmiten en un preámbulo ATSC 3.0 fiable para que el receptor pueda autoconfigurarse con los valores correctos sobre la base de los PLP.

9.3.3.6 Balances de enlace para ATSC 3.0

Ejemplo de antena exterior

A continuación se describe un ejemplo de balance de enlace correspondiente a la utilización de una antena exterior. A los efectos de este balance de enlace, la antena va montada a una altura de 10 metros.

Este balance de enlace presenta varias características de interés. Debido a que la antena tiene cierta directividad, el modelo de canal utilizado en este caso es el modelo de Rice. Con los parámetros seleccionados para este caso de utilización, se obtiene una C/N mínima de 16,9 dB. Este umbral de C/N incluye los efectos del modelo de canal así como un cierto margen para otros efectos del mundo real, tales como los errores de estimación del canal. Los parámetros de ATSC 3.0 son los siguientes: MAQ 64, código de LDPC 11/15, FFT de 32K, modo de piloto disperso SP8_4. El cable de bajada se supone que mide 75 pies y que es de tipo coaxial RG-59.

El balance de enlace puede calcularse a partir de los factores conocidos enumerados para este caso que determinan el mínimo nivel de señal necesario en la antena. Sin embargo, en una situación real hay muchos factores que afectan a la posibilidad de que el receptor reciba la señal de forma satisfactoria. Para tener esto en cuenta, se suele añadir un cierto margen al nivel mínimo de señal para garantizar que se pueda recibir la señal en una gran parte de los emplazamientos posibles. Al aumentar la magnitud de este margen, también aumenta el porcentaje de emplazamientos que pueden recibir la señal. La selección de la magnitud del margen a utilizar dependerá del tipo de servicio que se reciba. A los efectos del presente ejemplo, para determinar la zona de cobertura se utilizan dos niveles de calidad. El primero es un nivel «Aceptable» que se describe como el correspondiente a la recepción de la transmisión en un 70% de los emplazamientos receptores. El segundo nivel se define como «Bueno» y supone la recepción de la señal transmitida en un 95% como mínimo de los emplazamientos receptores. Sobre la base de estos factores, pueden estimarse los niveles de señal requeridos en la antena para los niveles de servicio descritos, como se muestra en el Cuadro 9.15.

Los niveles de sensibilidad que se muestran en el Cuadro 5.1 de CEB32.2 corresponden a las siguientes hipótesis:

- factor de ruido del sintonizador 6 dB;
- ruido térmico $-106,17 \text{ dBm}$ ($kTB = 1,38E-23 \text{ J/K} \times 300^\circ \text{ Kelvin}$ de temperatura ambiente $\times 5,832844 \text{ MHz}$ de ancho de banda de la señal);
- parámetros de la configuración $Cred=0$, $bsr_coeff=2$, $SPboost=1$;
- FFT de 8k, 16k y 32k;
- los valores del intervalo de guarda, $DxDy$, y Px figuran en los respectivos cuadros del Anexo A de CEB32.2.

CUADRO 9.15

Balance de enlace con antena exterior – ejemplo

Frecuencia central del canal (MHz)	69	195	605
Ancho de banda del canal (MHz)	6	6	6
Ganancia de la antena (dB)	4,0	6,0	10,0
Atenuación del cable de bajada (dB)	1,4	2,0	4,0
Factor de ruido del receptor (dB)	7,0	7,0	7,0
Ruido generado en el receptor (dB)	-99,2	-99,2	-99,2
Ruido del cielo (dBm)	-90,0	-102,4	-106,2
Factor de ruido equivalente en la entrada de la antena (dBm)	-89,7	-99,8	-102,6
Modelo de canal	Rice	Rice	Rice
Relación C/N mínima (dB)	16,9	16,9	16,9
Potencia mínima en la entrada de la antena (dBm)	-72,8	-82,9	-85,7
Factor del dipolo (dB)	111,8	120,8	130,7
Intensidad de campo mínima requerida en la antena (dBuV/m)	39,0	38,0	44,9
Zona de cobertura requerida (porcentaje)	70,0	70,0	70,0
Factor de distribución	0,5	0,5	0,5
Desviación típica (dB)	5,5	5,5	5,5
Factor de corrección del emplazamiento (dB)	2,9	2,9	2,9
Intensidad de campo mínima requerida en la antena con margen (dBuV/m)	41,9	40,8	47,8
Zona de cobertura requerida (porcentaje)	95,0	95,0	95,0
Factor de distribución	1,6	1,6	1,6
Desviación típica (dB)	5,5	5,5	5,5
Factor de corrección del emplazamiento (dB)	9,0	9,0	9,0
Intensidad de campo mínima requerida en la antena con margen (dBuV/m)	48,0	47,0	54,0

Ejemplo de recepción en automóvil

Este ejemplo de balance de enlace reúne varias características de interés. La antena carece de directividad así que se utiliza el modelo de canal de Rayleigh. Con este modelo de canal y los parámetros seleccionados para este caso de utilización, el valor de la C/N se estima en 7,8 dB. Esto incluye los efectos del canal así como los efectos en condiciones reales de funcionamiento. Los parámetros de ATSC 3.0 son los siguientes: MAQ 16, código de LDPC 5/15, FFT de 16K, modo de piloto disperso SP4_2. El cable de bajada se supone que mide 10 pies y que es de tipo coaxial RG-59.

El balance del enlace puede calcularse a partir de los factores conocidos enumerados para este caso que determinan el mínimo nivel de señal necesario en la antena. En este ejemplo de servicio en automóvil, se utilizan dos niveles de calidad para determinar la zona de cobertura. El primero es un nivel «Aceptable» que se describe como el correspondiente a la recepción de la transmisión en un 90% de los emplazamientos receptores. El segundo nivel se define como «Bueno» y supone la recepción de la señal transmitida en un 99% como mínimo de los emplazamientos receptores. Sobre la base de estos factores, pueden estimarse los niveles de señal requeridos en la antena para los niveles de servicio descritos, como se muestra en el Cuadro 9.16.

CUADRO 9.16

Balance de enlace con recepción en automóvil – ejemplo

Frecuencia central del canal (MHz)	69	195	605
Ancho de banda del canal (MHz)	6	6	6
Ganancia de la antena (dB)	-4,0	-2,0	0,0
Atenuación del cable de bajada (dB)	0,2	0,3	0,6
Factor de ruido del receptor (dB)	7,0	7,0	7,0
Ruido generado en el receptor (dB)	-99,2	-99,2	-99,2
Ruido del cielo (dBm)	-90,0	-102,4	-106,2
Factor de ruido equivalente en la entrada de la antena (dBm)	-88,8	-95,8	-97,9
Modelo de canal	Rayleigh	Rayleigh	Rayleigh
Relación C/N mínima (dB)	7,8	7,8	7,8
Potencia mínima en la entrada de la antena (dBm)	-81,0	-88,0	-90,1
Factor del dipolo (dB)	111,8	120,8	130,7
Intensidad de campo mínima requerida en la antena (dBuV/m)	30,8	32,8	40,6
Zona de cobertura requerida (porcentaje)	90,0	90,0	90,0
Factor de distribución	1,3	1,3	1,3
Desviación típica (dB)	5,9	5,9	5,9
Factor de corrección del emplazamiento (dB)	7,7	7,7	7,7
Intensidad de campo mínima requerida en la antena con margen (dBuV/m)	38,5	40,5	48,2
Zona de cobertura requerida (porcentaje)	99,0	99,0	99,0
Factor de distribución	2,3	2,3	2,3
Desviación típica (dB)	5,9	5,9	5,9
Factor de corrección del emplazamiento (dB)	13,6	13,6	13,6
Intensidad de campo mínima requerida en la antena con margen (dBuV/m)	44,4	46,4	54,1

9.4 Sistemas DVB-T y DVB-T2

Con arreglo a las normas ETSI EN 300 744 [9.36] y ETSI EN 302 755 [9.8], los sistemas DVB-T/DVB-T2 se definen como bloques funcionales que realizan la adaptación de señales de televisión en banda base desde la salida del multiplexor de transporte hasta las características del canal terrenal. Para la transmisión de señales de radiodifusión de televisión, se utilizan anchos de banda de canal de 1,7 MHz y 7 MHz en la banda de frecuencias 174-230 MHz, y de 8 MHz en la banda de frecuencias 470-862 MHz.

Además, los sistemas DVB-T y DVB-T2 son medios eficaces para el suministro de señales digitales en condiciones de trayectos múltiples y, por lo tanto, pueden utilizarse para otras aplicaciones tales como el periodismo electrónico (ENG) o el sistema de distribución por microondas (véase la norma ETSI EN 301 701 [9.37] para DVB-T). En el Capítulo 15 se trata la utilización de sistemas DVB en aplicaciones ENG.

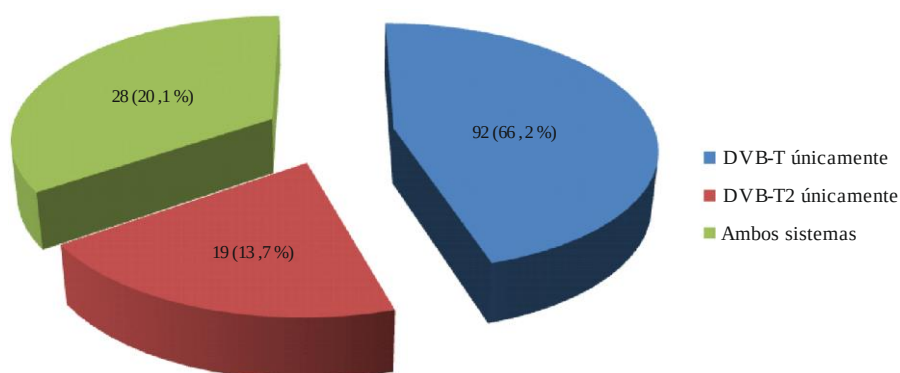
Debido a los formatos de entrada universalmente admitidos para la información transmitida, la gran flexibilidad en la selección de parámetros para facilitar el compromiso entre la capacidad del canal y la potencia de la señal a la entrada del receptor, la posibilidad de un funcionamiento robusto en diferentes tipos de redes de radiodifusión (redes multifrecuencia o redes monofrecuencia) y las condiciones de recepción (fija, portátil o móvil), los sistemas DVB-T y DVB-T2 son utilizados como las principales normas de la radiodifusión de televisión terrenal digital en numerosos países (véase el mapa de la Figura 9.24). Se presenta una información más completa sobre la situación de la adopción de estas normas en la página web del Proyecto DVB (www.dvb.org).

En las Figuras 9.34 a 9.36 se presentan algunas estadísticas relativas a la adopción de sistemas DVB-T y DVB-T2 facilitadas por el Proyecto DVB.

En la Figura 9.34 se ofrece un análisis del número de países que utilizan sistemas DVB-T o DVB-T2, agrupados de la siguiente manera:

- países que han introducido completamente la DVB-T o cuya introducción está en marcha;
- países que han introducido completamente la DVB-T2 o cuya introducción está en marcha;
- países que han introducido completamente la DVB-T y la DVB-T2 o cuya introducción está en marcha.

FIGURA 9.34
Introducción de sistemas DVB-T y DVB-T2 (septiembre de 2016)



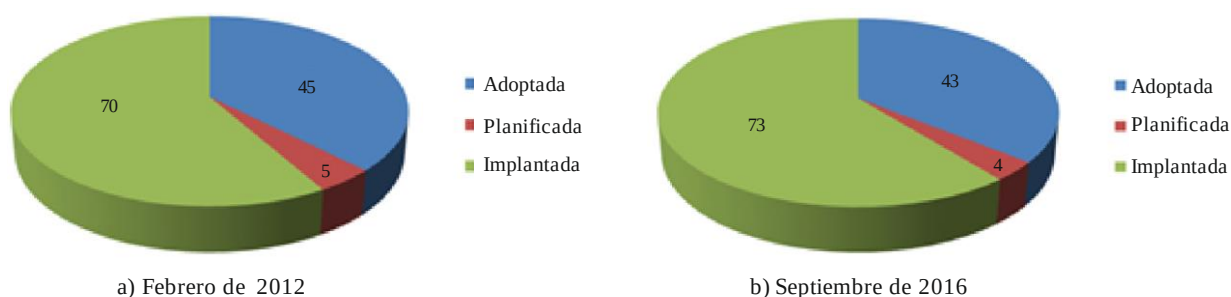
DTTB-09-34

En el análisis se observa que, en agosto de 2015, del total de 139 países que optaron por la DVB, 92 países (66,2%) utilizaban o estaban introduciendo redes de radiodifusión DVB-T, sólo 19 países (13,7%) estaban utilizando o habían introducido la DVB-T2 y 28 países (20,1%) utilizaban o estaban introduciendo ambas normas.

A partir de septiembre de 2016, se dispone de estadísticas sobre 150 países. La DVB-T sólo se utiliza en 66 países (44%), la DVB-T2 sólo en 30 países y ambos sistemas son utilizados en 54 países.

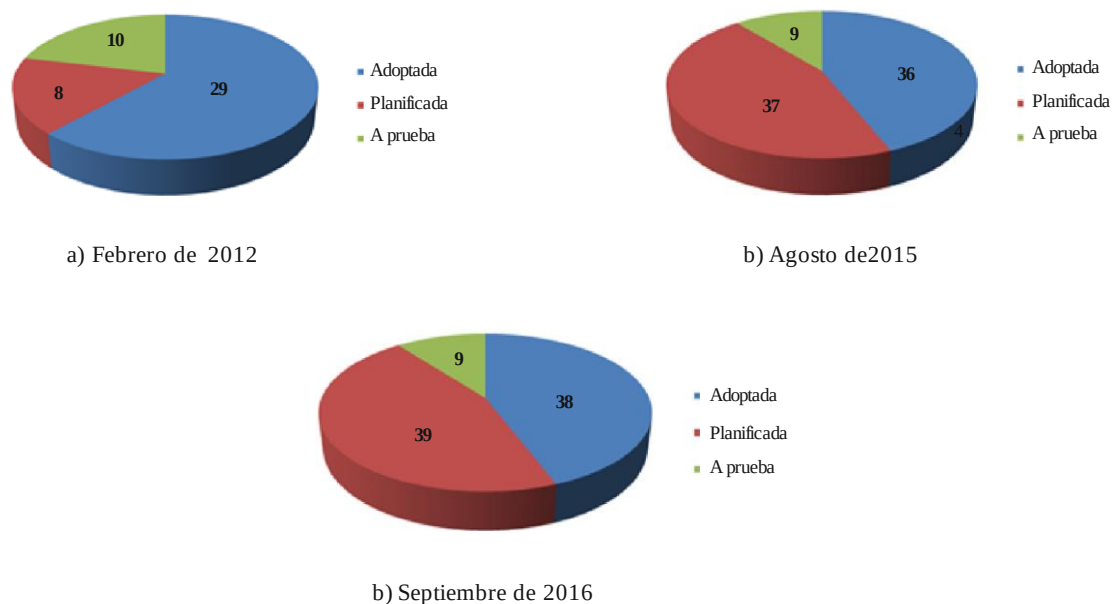
En las Figuras 9.35 y 9.36 se observa la situación relativa a la introducción de ambas normas (DVB-T y DVB-T2).

FIGURA 9.35
Introducción de la norma DVB-T



DTTB-09-35

FIGURA 9.36
Introducción de la norma DVB-T2



DTTB-09-36

En cambio, la implantación de la DVB-T2 se está acelerando. Las estadísticas indican que en tres años, de 2012 a 2016, el número de redes implantadas aumentó de 8 a 39. Además, el número de países que han adoptado la norma DVB-T2 también aumentó, pasando de 29 a 38.

9.4.1 Sistema DVB-T y sus extensiones de televisión móvil

Dado que muchos de los primeros sistemas DVB utilizaban la DVB-T, la información que se facilita sobre este sistema completa la información ya disponible. Se prevé que las nuevas implementaciones utilicen la DVB-T2 (véase la sección 9.4.2).

9.4.1.1 Modelo de arquitectura y pila de protocolos para el sistema DVB-T/H

A título de ejemplo, en el Cuadro 9.17 se presenta la pila de protocolos del sistema DVB-T. El protocolo básico para la transmisión de información audiovisual por medios físicos es el tren de transporte MPEG-2.

CUADRO 9.17

Ejemplo de pila de protocolos para la transmisión de radiodifusión de televisión digital DVB-T

Aplicación (reproducción, grabación, etc)					
AVC/HEVC MPEG-4	Vídeo MPEG-2	Audio MPEG	AC-3, DTS	Subtítulos, teletexto	EPG, ESG
				PSI	SI
PES MPEG-2				Sección MPEG-2	
Tren de transporte MPEG-2					
Capa física DVB-T (RS, MAQ-M, etc.)					

MPEG-2, AVC o HEVC MPEG-4 se pueden utilizar como métodos de compresión para la componente de vídeo; AC-3, DTS, MPEG-1, MPEG-2 o MPEG-4, para la compresión de audio. Por otra parte, los trenes elementales auxiliares (subtítulos, teletexto, etc.) son suministrados como trenes elementales de datos en secciones privadas MPEG-2.

Extensión de televisión móvil del sistema DVB-T. Aunque se ha comprobado la capacidad del sistema de transmisión DVB-T para dar servicio a terminales fijos, portátiles y móviles, los terminales de mano (definidos como aparatos livianos alimentados por batería, con pantalla relativamente pequeña y antena integrada) requieren características propias del sistema de transmisión. Por este motivo, el consorcio DVB elaboró un sistema de transmisión para terminales de mano (DVB-H) basado en la norma DVB-T, con bloques funcionales adicionales propios de DVB-H. De esta forma, el sistema DVB-H asegurará la misma cobertura geográfica que el sistema DVB-T y estructuras de red similares con traspaso imperceptible entre células DVB-H. Esta variante del sistema DVB-H se conoce como DVB-T/H. Es igualmente posible implementar redes DVB-H especializadas.

A título de ejemplo, en el Cuadro 9.18 se presenta la pila de protocolos para el sistema DVB-T/H.

CUADRO 9.18

Pila de protocolos para el sistema DVB-T/H

Capa de aplicación	Aplicación de vídeo en tiempo real		Aplicación basada en ficheros	ESG
Capa de presentación	H.264/AVC MPEG-4 (vídeo) HE-AACv1/v2 (audio)			XML, HTML
Capa de sesión	RTP		FLUTE/ALC	
Capa de transporte	UDP			
Capa de red	IP (IPv4/IPv6)			
Capa de enlace	MPE	Segmentación de tiempo		MPE-FEC
	Tren de transporte MPEG-2			
Capa física	Capa física DVB-T/H (MAQ-M, MDFO, RS, CC)			

Los protocolos MPE y MPE-FEC con datos IP y las secciones de datos RS correspondientes se recuperan a partir del tren de transporte MPEG-2. En el sistema se utiliza una pila IP/UDP/RTP típica de redes IP para la unificación del sistema DVB-H y para el acceso a servicios interactivos. En la capa de presentación, la decodificación de la información de vídeo se basa únicamente en MPEG-4 (por ejemplo, H.264/AVC MPEG-4) y AAC (codificación avanzada de audio) MPEG-1 y MPEG-2 para la compresión de audio.

Durante la transmisión de la aplicación basada en ficheros sin necesidad de consumo inmediato de servicio, en el sistema DVB-H se utiliza la pila de protocolos FLUTE/ALC. Estos protocolos utilizados para la multidifusión y monodifusión de datos se basan en IP (IPDC). Para las operaciones de descubrimiento y adquisición de servicios basadas posiblemente en presentaciones XML/HTML, se utiliza la guía electrónica de servicios (ESG).

Asistencia satelital para televisión móvil en el marco del sistema DVB-T/H. El sistema DVB-SH, *radiodifusión de vídeo digital por satélite en dispositivos de mano*, suministra contenido y datos de medios con IP para servicios de radiodifusión a través de una infraestructura híbrida satélite/terrenal que funciona en frecuencias inferiores a 3 GHz en una variedad de terminales portátiles y móviles que tienen antenas compactas con direccionalidad muy limitada o nula. Entre los terminales previstos figuran dispositivos de mano definidos como aparatos livianos alimentados con batería (como agendas digitales personales (PDA), teléfonos móviles), instalados en vehículos, nómadas (como computadoras portátiles, computadoras de bolsillo, etc.) y terminales fijos. El sistema DVB-SH utiliza el conjunto difusión de datos IP DVB (IPDC) de suministro de contenido, guía electrónica de servicios y normas de adquisición y protección de servicios. Abarca características tales como la codificación turbo para la corrección de errores directa y un entrelazador sumamente flexible en un sistema avanzado concebido para afrontar la topología de red híbrida satélite/terrenal.

La cobertura del sistema DVB-SH se obtiene mediante la combinación de una componente de satélite (SC) y, si es necesario, una componente terrenal complementaria (CGC) para garantizar la continuidad del servicio en zonas donde el satélite no es suficiente para proporcionar la calidad de servicio necesaria. La SC asegura una amplia cobertura mientras que la CGC proporciona una cobertura de tipo radiodifusión o de tipo celular. De esta manera, se puede dar servicio a toda clase de entornos (exteriores, interiores, urbanos, suburbanos y rurales). No hay que olvidar que la zona atendida por un haz de los satélites multihaz actualmente planificados es de aproximadamente 600 000 km². La naturaleza híbrida de los sistemas DVB-SH incide en diversos aspectos del servicio: implementación del traspaso, descubrimiento del servicio y acceso al mismo, guía electrónica de servicios (ESG). Hay que indicar también que la reglamentación en algunos países podría autorizar la instalación de la CGC en previsión del lanzamiento del satélite. En el marco del Proyecto DVB se publicó en febrero de 2007 la norma DVB-SH, que fue aprobada como norma ETSI tras un proceso público de formulación de comentarios, convirtiéndose en ETSI EN 302 583 – *Digital Video Broadcasting (DVB); Framing Structure, channel coding and modulation for Satellite Services to Handheld devices (SH) below 3 GHz* (Radiodifusión de vídeo digital (DVB); Estructura de trama, codificación de canales y modulación para servicios de satélite a dispositivos de mano (SH) por debajo de 3 GHz). En la lista de documentos pertinentes [9.123-9.130] se enumeran las normas complementarias, incluida la *Implementation guide* (ETSI TS 102 584).

9.4.1.2 Principales tecnologías del sistema DVB-T

Las principales tecnologías utilizadas del sistema DVB-T son las siguientes:

- Formato de tren de sistema: tren de transporte MPEG-2 modificado para el suministro de información de aplicaciones de televisión tradicionales (subtítulos, teletexto, guía electrónica de programas, etc.) con información adicional sobre programas de televisión, aplicaciones interactivas, etc.;
- Algoritmos FEC: código de bloques RS (204,188,8) concatenado y código convolucional con eliminación de bits de paridad compatible con la velocidad (RCPC) (velocidades de codificación posibles: 1/2, 2/3, 3/4, 5/6, 7/8) para obtener el subsistema de entrelazado/modulación de modo funcionamiento casi sin errores (QEF) en el cual la tasa de errores en los bits (BER) a la salida del decodificador del canal interno corresponde aproximadamente a 2×10^{-4} y la BER en el decodificador del canal externo, a $10^{-11} - 10^{-12}$.
- Entrelazado: entrelazado de dos etapas en el entrelazador convolucional en el dominio temporal (entrelazado externo) y el entrelazador de frecuencia de bit/símbolos (entrelazado interno) para reducir la influencia de los desvanecimientos selectivos en frecuencia y la interferencia impulsiva;
- Modulación digital: MDP-4 con codificación Gray, constelaciones de señales MAQ-16, MAQ-64 que ofrecen diferentes compromisos entre la inmunidad al ruido y la eficacia espectral;
- Modos de modulación: constelación de señales uniforme (convencional) y constelación de señales no uniforme (jerárquica) en la que se puede transmitir el servicio con diferentes grados de robustez;
- Reducción de la influencia de trayectos múltiples: utilización de modulación MDFOC con tres modos básicos (2K y 8K, 4K como extensión del sistema DVB-H) y cuatro intervalos de guarda (fracción del intervalo de guarda: 1/4, 1/8, 1/16, 1/32) que ofrecen la posibilidad de obtener una transmisión de servicios fiable para la recepción en diferentes condiciones (recepción fija, portátil y móvil);
- Compensación y configuración automática de canal: pilotos dispersos y continuos para la estimación y compensación del canal, y la sincronización de frecuencia y tiempo; pilotos TPS para la configuración automática del receptor (selección de modos MDFO, modulación, codificación, etc.);
- Recepción con diversidad para mejorar la calidad de funcionamiento del receptor: es opcional (no se contempla en la norma de base);
- Ancho de banda de canal: valores de ancho de banda de 5 MHz, 6 MHz, 7 MHz y 8 MHz, que ofrecen la posibilidad de utilizar el sistema en distintos planes de frecuencias;
- Modos de red admitidos: redes monofrecuencia y redes multifrecuencia de diferentes tamaños y configuraciones;
- Medios de sincronización especiales en redes monofrecuencia: paquete de inicialización de megatrama (MIP).

Teniendo en cuenta que el sistema DVB-H está basado en la capa física DVB-T, se enumeran a continuación las tecnologías propias a dicho sistema de radiodifusión de multimedios. Otras tecnologías son prácticamente similares a las tecnologías DVB-T.

Las opciones técnicas del sistema DVB-H son las siguientes:

- Reducción del consumo de energía del receptor: la segmentación de tiempo para el ahorro de energía mediante la codificación de sólo una parte del tren compartido que contiene datos sobre la reducción del consumo de energía del servicio solicitado con determinados parámetros de capa de enlace DVB-H (tamaño de ráfaga, duración de ráfaga, desactivación, etc.) corresponde aproximadamente al 90%.
- Encapsulado multiprotocolo (MPE): la principal diferencia entre los sistemas DVB-H y DVB-T es que en el primero la transmisión de información de cualquier servicio está basada en datagramas IP. Los datagramas IP son encapsulados en el TS MPEG-2 con el procedimiento MPE.
- Corrección de errores directa para encapsulado multiprotocolo (MPE-FEC) de datos: la tecnología MPE-MEC opcional permite mejorar el valor de umbral de C/N del receptor en modo funcionamiento casi sin errores (QEF) y reduce la influencia del efecto Doppler durante la recepción multitrayecto. Esto se consigue mediante la introducción de una corrección de errores adicional a nivel MPE con utilización del código Reed-Solomon (velocidades de codificación de bloques 1/1 (sin codificación), 1/2, 2/3, 3/4, 5/6, 7/8). Se ofrece de esta forma la posibilidad de optar por velocidades de codificación de canal diferentes obteniéndose por tanto el compromiso necesario entre la inmunidad al ruido y la velocidad de datos de información.
- Conjunto ampliado de modos MDFO: el modo de transmisión adicional utilizado en la capa física del sistema DVB-H es el modo 4k, definido para aumentar la flexibilidad en la planificación de la red obtenida mediante el compromiso entre la movilidad del terminal receptor y el tamaño de las células en la red monofrecuencia.
- Conjunto ampliado de mecanismos de entrelazado: además de los mecanismos de entrelazado utilizados en el sistema DVB-T, en el sistema DVB-H se utiliza el entrelazador de símbolos en profundidad (opción entre entrelazador original y entrelazador en profundidad – entrelazador interno en el sistema DVB-T). Además, durante la formación de trama DVB-H, el entrelazado de bloque virtual de las secciones MPE y MPE-FEC con profundidad de entrelazado depende del tamaño de trama utilizado.
- Sistema TPS mejorado: para la señalización de parámetros de tren elemental en el multiplex DVB-H se utiliza el canal TPS definido en el sistema DVB-T. Canal de datos reservados con información sobre disponibilidad de trenes elementales con segmentación de tiempo DVB-H en multiplex compartido y utilización de MPE-FEC.

Las tecnologías principales del sistema DVB-SH son las siguientes (además de las características DVB-T/H consideradas como segmento terrenal):

- Métodos de acceso al canal de radiodifusión ampliados: se utilizan los modos MDT y MDF en diferentes segmentos de toda la red;
- Corrección de errores mejorada: el sistema DVB-SH utiliza la codificación turbo 3GPP con velocidades de codificación 1/5, 2/9, 1/4, 2/7, 1/3, 2/5, 1/2, 2/3 como corrección de errores en segmentos de la red de satélite;
- Ancho de banda y modulación ampliados: el sistema DVB-SH define la utilización de un ancho de banda de 1,7 MHz y MDP-4, MDP-8, MDAP-16.

9.4.1.3 Capa física del sistema DVB-T y extensión de televisión móvil

La especificación DVB-T ofrece una variedad de velocidades binarias netas viables de 4,98 Mbit/s a 31,67 Mbit/s (véase la norma ETSI EN 300 744 [9.36]).

Al tren de datos en la capa física del sistema DVB-T se aplicarán los siguientes procesos:

- adaptación del multiplex de transporte y aleatorización para dispersión de energía;
- codificación externa (esto es, código Reed-Solomon);

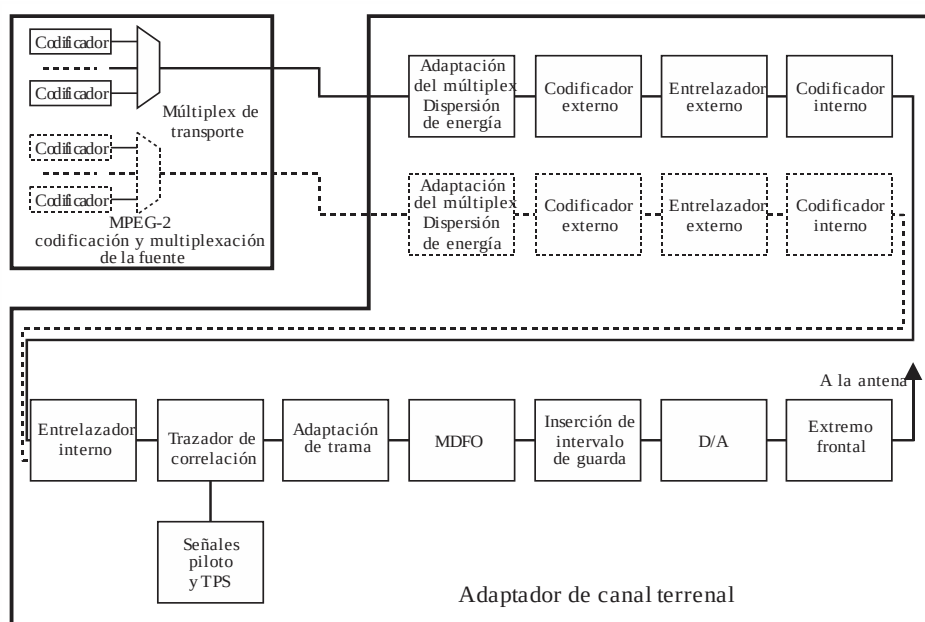
- entrelazado externo (esto es, entrelazado convolucional);
- codificación interna (esto es, código convolucional con eliminación de bits de paridad);
- entrelazado interno (original o en profundidad);
- correlación y modulación;
- transmisión con multiplexación por división de frecuencia ortogonal (MDFO).

En la Figura 9.37 se observa el trayecto de adaptación del sistema DVB-T, teniendo en cuenta que la peculiaridad del canal terrenal es el alto nivel de ruido y que el trayecto de adaptación a la interferencia es más complejo en comparación con sistemas de radiodifusión digital en otros entornos de distribución de programas (cable y satélite). El diagrama de bloques contiene el segundo trayecto paralelo utilizado para el modo de transmisión jerárquica (en la Figura se indica con una línea de puntos).

Dado que se está diseñando para que los servicios de televisión terrenal digital funcionen en el marco de la actual atribución de espectro en ondas métricas y decimétricas para transmisiones analógicas, el sistema debe ofrecer suficiente protección contra niveles elevados de interferencia en el mismo canal (CCI) y de interferencia en el canal adyacente (ACI) causados por los servicios PAL/SECAM/NTSC existentes. Es necesario también que el sistema permita la máxima eficacia en la utilización del espectro en las bandas de ondas métricas y ondas decimétricas. Este requisito puede lograrse utilizando redes monofrecuencia (SFN).

FIGURA 9.37

Trayecto de adaptación del sistema de radiodifusión de televisión terrenal digital DVB-T



C DTTB-09-37

Con miras a cumplir estos requisitos, está en proceso de normalización un sistema MDFO con codificación de corrección de errores concatenada. Para optimizar la compatibilidad con la especificación de base relativa a los satélites (véase EN 300 421) y las especificaciones de base relativas al cable (véase EN 300 429), la codificación externa y el entrelazado externo son comunes, como lo es la codificación interna respecto a la especificación de base relativa a los satélites. Con objeto de alcanzar un compromiso óptimo entre la topología de la red y la eficacia en la utilización de frecuencias, se define un intervalo de guarda flexible. De esta forma, el sistema podrá admitir diferentes configuraciones de red, como la SFN de gran zona de cobertura y transmisor único, manteniendo al mismo tiempo la máxima eficacia en la utilización de frecuencias.

Para las transmisiones DVB-T y DVB-H se definen dos modos de funcionamiento, «modo 2k» y «modo 8k». El «modo 2k» es adecuado para el funcionamiento con transmisor único y para redes SFN pequeñas con distancias entre transmisores limitadas. El «modo 8k» se puede utilizar tanto para el funcionamiento con transmisor único como para redes SFN pequeñas y de gran tamaño.

Respecto a la utilización exclusiva en sistemas DVB-H, en el Anexo F se define un tercer modo de transmisión, «modo 4k», que responde a necesidades concretas de los terminales de mano y cuya finalidad es ofrecer un compromiso adicional entre el tamaño de las células de transmisión y las capacidades de la recepción móvil, proporcionando un nuevo grado de flexibilidad para la planificación de la red DVB-H.

El sistema permite niveles diferentes de modulación MAQ y distintas velocidades de codificación interna que se utilizarán para obtener una velocidad binaria en función de la robustez. El sistema permite también la codificación y modulación jerárquicas de canal a dos niveles, incluidas la constelación uniforme y con resolución múltiple. En este caso, el diagrama en bloques funcionales del sistema se ampliará para contemplar los módulos indicados en línea de puntos en la Figura 9.37. La correlación entre dos trenes de transporte MPEG independientes, tren de alta prioridad y tren de baja prioridad, y la constelación de señales, es llevada a cabo por el trazador de correlación y el modulador que, por consiguiente, tiene un número correspondiente de entradas.

Con el fin de garantizar que las señales emitidas por esos sistemas jerárquicos puedan ser recibidas por un receptor simple, la naturaleza jerárquica está restringida a la codificación y modulación jerárquicas de canal sin utilizar la codificación jerárquica de la fuente.

Por consiguiente, se puede efectuar la «transmisión simultánea» de un servicio de programas en dos versiones: una de baja velocidad binaria y robusta, y otra de mayor velocidad binaria y menor robustez. O bien, se pueden transmitir programas completamente diferentes en trenes separados con diferente robustez. En ambos casos, el receptor sólo necesita un conjunto de elementos inversos: desentrelazador interno, decodificador interno, desentrelazador externo, decodificador externo y adaptación de multiplex. El único requisito adicional impuesto al receptor es que el demodulador/trazador de correlación produzca un tren seleccionado a partir de los trenes correlacionados en el extremo emisor.

A cambio de esta economía del receptor, la recepción no puede pasar de una capa a otra (por ejemplo, para seleccionar la capa más robusta si la recepción se degradara) mientras decodifica y presenta continuamente imágenes y sonido. Es necesaria una pausa (por ejemplo, congelación de la trama de vídeo durante aproximadamente 0,5 segundos, interrupción de audio durante aproximadamente 0,2 segundos) mientras que el decodificador interno y los diversos decodificadores de la fuente se reconfiguran adecuadamente y recuperan el enganche.

En las normas ETSI EN 300 744 [9.36] y ETSI TR 101 190 se facilita una información más completa sobre el tratamiento del TS MPEG-2 en el trayecto de adaptación DVB-T. En [9.176], [9.177] pueden hallarse otras informaciones de utilidad sobre la implantación del sistema DVB-T.

Recepción móvil DVB-T basada en tecnologías con diversidad. En su forma más simple, la diversidad de antena se obtiene en un receptor que demodula, en paralelo, las señales de más de una antena receptora (por lo general, de dos a cuatro antenas). El mejor resultado de esas señales recibidas (normalmente las de BER más baja) sigue luego otros tratamientos. En un avance técnicamente notable se utiliza el principio de suma de portadoras coherente (CCS, *Coherent Carrier Summation*), donde las señales MDFOC de las diversas antenas receptoras se combinan de forma coherente antes de la demodulación. Esto se ha demostrado en Italia y se indica con más detalles en [9.94]. Puede efectuarse también una suma ponderada a nivel de la banda base, como se ha demostrado en Japón (véase la sección 9.5.2). En ambos métodos de combinación se logran mejoras considerables para resolver los efectos del desvanecimiento selectivo y la reducción de C/N .

Los resultados de las pruebas realizadas indican que la diversidad mejora notablemente la calidad de la recepción en comparación con la recepción «clásica» de antena única²⁹. Son posibles diferentes variantes de recepción con diversidad (combinación de relación máxima, suma de portadoras coherente, etc.). En el Cuadro 9.19 se indican los resultados de algunas pruebas de recepción DVB-T, con y sin diversidad CCS, expresadas en número de perturbaciones de las señales de vídeo y en porcentaje del tiempo total de recepción satisfactoria de cada trayecto medido.

CUADRO 9.19

Resultado de pruebas de recepción con diversidad para la norma DVB-T

Trayecto	Total de perturbaciones		Porcentaje T_{on}/T_{total}	
	Antena única	CCS	Antena única	CCS
Agrate – Dalmine	5	1	13%	100%
Dalmine – Centro de control ferroviario de Monza	18	3	15%	98%
Centro de control ferroviario de Monza – Sesto Calende (A4, A8, A26)	22	15	25%	90%
Sesto Calende – Centro de control ferroviario de Monza (A26, A8, Tang. Nord)	46	6	43%	95%
Milán – Trayecto suburbano («Terzo anello»)	114	10	51%	99%
Milán – Trayecto urbano (Centro histórico)	75	34	36%	91%

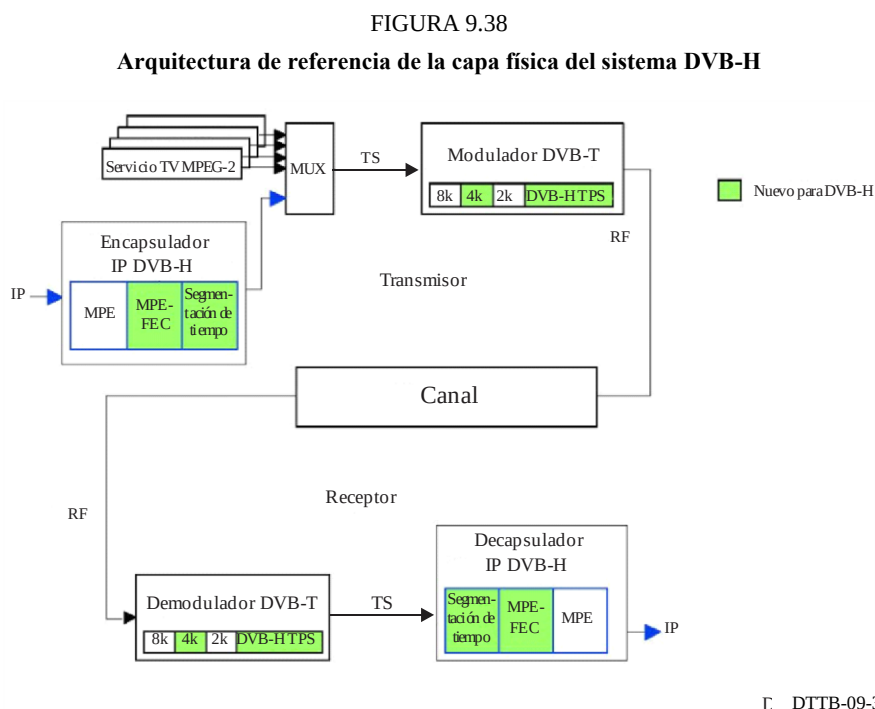
Los elementos básicos de la capa de enlace específicos del sistema DVB-H son la segmentación de tiempo y la corrección de errores directa para encapsulado multiprotocolo (MPE-FEC) de datos. Los elementos básicos de la capa física definidos en el sistema DVB-T son la señalización de parámetros de transmisión (TPS), el modo de transmisión 4k y el entrelazador de símbolos en profundidad.

La transmisión en la capa física DVB-T se realiza aplicando MDFO con múltiples portadoras. Se define únicamente un nuevo elemento de capa física para DVB-H en comparación con DVB-T: sistema de señalización TPS ampliado para trenes elementales DVB-H en un multiplex compartido. El tren de datos DVB-H también es compatible con el tren de transporte DVB.

Además de la transmisión de multimedios en redes de radiodifusión terrenal, el sistema DVB-H se utiliza como segmento terrenal del sistema de radiodifusión de multimedios híbrido DVB-SH.

La capa física del sistema DVB-H se basa en la capa física del sistema DVB-T, excepto para los trenes IP de entrada que consisten en datagramas IP. En la Figura 9.38 se presenta la arquitectura de referencia de la capa física del sistema DVB-H.

²⁹ Se prevén mejoras similares en la calidad de funcionamiento de otros sistemas DTTB que utilizan la recepción con diversidad.



En este caso, los servicios de televisión MPEG-2 típicos y los servicios DVB-H con segmentación de tiempo se pueden transmitir en un múltiplex compartido utilizando la capacidad múltiplex completa (es decir, una red DVB-H especializada). Como se observa en la Figura 9.38, los terminales de mano decodifican y procesan únicamente los servicios IP. Un demodulador DVB-T que admite modos 2k, 4k y 8k con TPS DVB-H asociada recupera paquetes de tren de transporte MPEG-2 a partir de la señal RF. El módulo de segmentación de tiempo se utiliza para reducir el consumo de energía y el traspaso de servicio paulatino y sin interrupciones en el sistema DVB-H. El módulo MPE-FEC, proporcionado por el sistema DVB-H, ofrece mayor robustez durante la transmisión por la capa física.

Dado que constituyen procesos aplicados en la capa de enlace (capa 2 de la OSI), la segmentación de tiempo y la MPE-FEC no plantean ningún problema de incompatibilidad y son plenamente compatibles con la capa física (capa 1 de la OSI) DVB existente (esto es, DVB-T, DVB-S y DVB-C).

Capa física del sistema basado en la asistencia satelital. El sistema DVB-SH está diseñado para frecuencias inferiores a 3 GHz, que admiten la banda de ondas decimétricas, la banda L o la banda S. Complementa y mejora la norma de capa física DVB-H actual descrita en la norma ETSI EN 302 304 [9.131].

La norma DVB-SH describe dos modos de funcionamiento:

- SH-A: indica el uso de la modulación MDFOC en enlaces de satélite y enlaces terrenales con la posibilidad de ejecutar ambos enlaces en una configuración SFN. Este modo se puede utilizar tanto en trayectos directos como indirectos; ambas señales se combinan en el receptor para reforzar la recepción en una configuración SFN.
- SH-B: aplica la multiplexación por división en el tiempo (MDT) en el enlace de satélite y la modulación MDFOC en el enlace terrenal. Este modo se utiliza sólo en el trayecto directo. El sistema admite la recombinación con diversidad de codificación entre los modos MDT satélite y MDFO terrenal para aumentar la robustez de la transmisión en las zonas pertinentes (principalmente suburbanas).

En la Figura 9.39 se presenta una visión general de la implantación típica de un sistema DVB-SH.

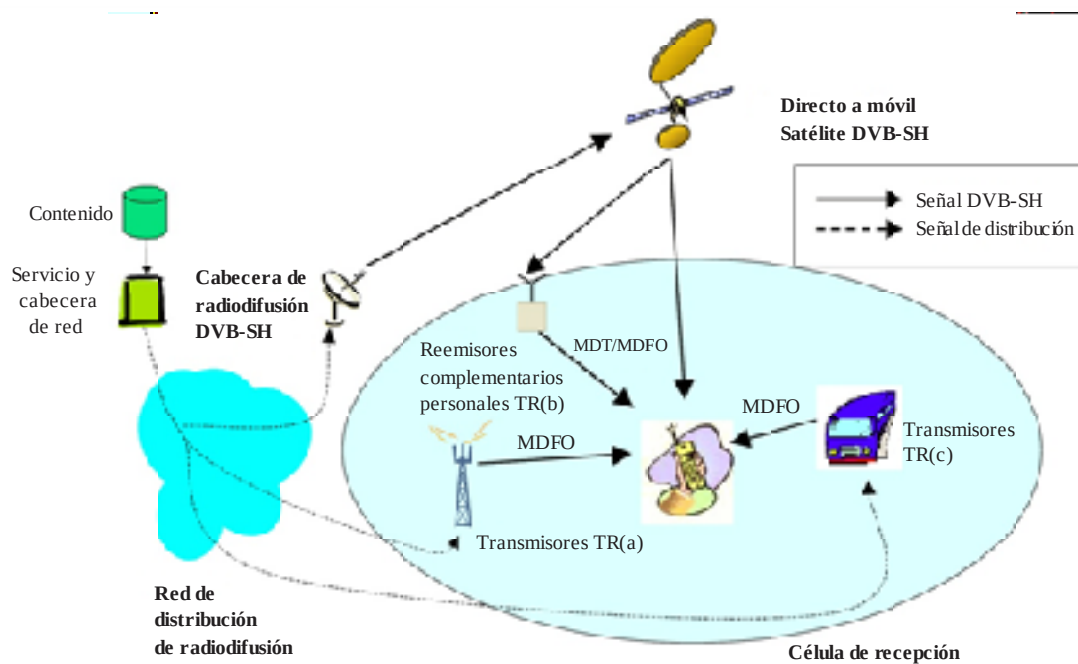
En el primer caso, el modo SH-B utiliza los transpondedores de satélite que funcionan con un nivel de saturación total en tanto que el modo SH-A necesita transpondedores de satélite que funcionen en modo casi lineal. En el segundo caso, el modo SH-B ofrece pocas ventajas, o ninguna, en materia de calidad con respecto al modo SH-A. Más allá de estas puras consideraciones en materia de calidad de funcionamiento, es posible que la opción entre los modos SH-A y SH-B obedezca esencialmente a restricciones impuestas a la

planificación de frecuencias descritas a continuación, o a la flexibilidad obtenida al desacoplar los parámetros de transmisión por satélite de los correspondientes a la transmisión terrenal.

De conformidad con lo indicado anteriormente, se pueden distinguir dos arquitecturas de receptor diferentes según las opciones de forma de onda DVB-SH, respectivamente la arquitectura de sistema MDFO/MDFO (SH-A) y la arquitectura de sistema MDT/MDFO (SH-B).

FIGURA 9.39

Visión general de la implantación típica de un sistema DVB-SH



DTTB-09-39

Figura extraída de la norma ETSI TS 102 584

En el Cuadro 9.20 se resumen las **principales características** de la capa física del sistema DVB-SH.

CUADRO 9.20

Principales características de la capa física y la capa de red del sistema DVB-SH

Banda	banda de ondas decimétricas, banda L y banda S
Anchos de banda	1,7, 5, 6, 8 MHz
Sincronización	Portadoras piloto (similares a DVB-H) o MDT
Formas de onda	MDT o MDFO (1k, 2k, 4k, 8k)
Correlación MDFO	MDP-4; MAQ-16
Correlación MDT	MDP-4; MDP-8; MDAP-16
Codificación interna	codificación turbo
Entrelazado interno	pequeño
Entrelazado de tiempo	150 ms a 10 s (PHY + iFEC)
Estructura de trama	Servicio/segmentación de tiempo/símbolos MDFO

Configuración topológica DVB-SH. Consiste en atribuir subbandas a los elementos topológicos, es decir, el haz o los haces de satélite y las células terrenales. Para evitar interferencias, los haces adyacentes no deben tener frecuencias comunes. Esto se aplica también a las células adyacentes. Sin embargo, es posible reutilizar esas frecuencias:

- una frecuencia utilizada en un haz/una célula se puede reutilizar en otro haz/otra célula si ese haz/esa célula está suficientemente separado/a del primer haz/la primera célula;
- las células terrenales pueden reutilizar una frecuencia del haz adyacente a condición de que estén suficientemente alejadas del haz.

La atribución real de frecuencias a las subbandas puede ser bastante compleja debido a posibles interferencias causadas por haces puntuales adyacentes del satélite. En particular, para reutilizar la frecuencia del haz puntual adyacente, se busca la reutilización terrenal en el centro del haz (lejos de los límites), aunque no siempre es posible.

Los dos métodos principales para configurar la red de transmisores de la componente terrenal complementaria (CGC) son:

- método de «alta densidad» y «baja potencia»: intenta reutilizar, total o parcialmente, los emplazamientos de transmisores 3G/2G existentes o construir un tipo de red equivalente de transmisores de baja a media altura. Estas redes se caracterizan por torres de transmisión de unos 30 metros de altura con una p.r.a. de 200 W a 1 kW para la cobertura de zonas urbanas densas de 0,5 km (en interiores) a 2 km (en exteriores);
- método de «baja densidad» y «alta potencia»: intenta reutilizar los emplazamientos de transmisores de televisión terrenal digital existentes o construir redes equivalentes de transmisores de elevada altitud. Estas redes se caracterizan por torres de transmisión de 100 a 300 metros de altura con una p.r.a. de 1 kW a 4 kW para una cobertura típica de 5 a 7 km.

Puede hallarse una información más completa en las normas ETSI y especialmente en la norma ETSI TS 102 584 – *Guidelines for Implementation for Satellite Services to Handheld devices (SH) below 3GHz* [9.126].

9.4.1.4 Calidad de funcionamiento del sistema DVB-T y extensión de televisión móvil

En resumen, se pueden elegir los siguientes parámetros del sistema DVB-T:

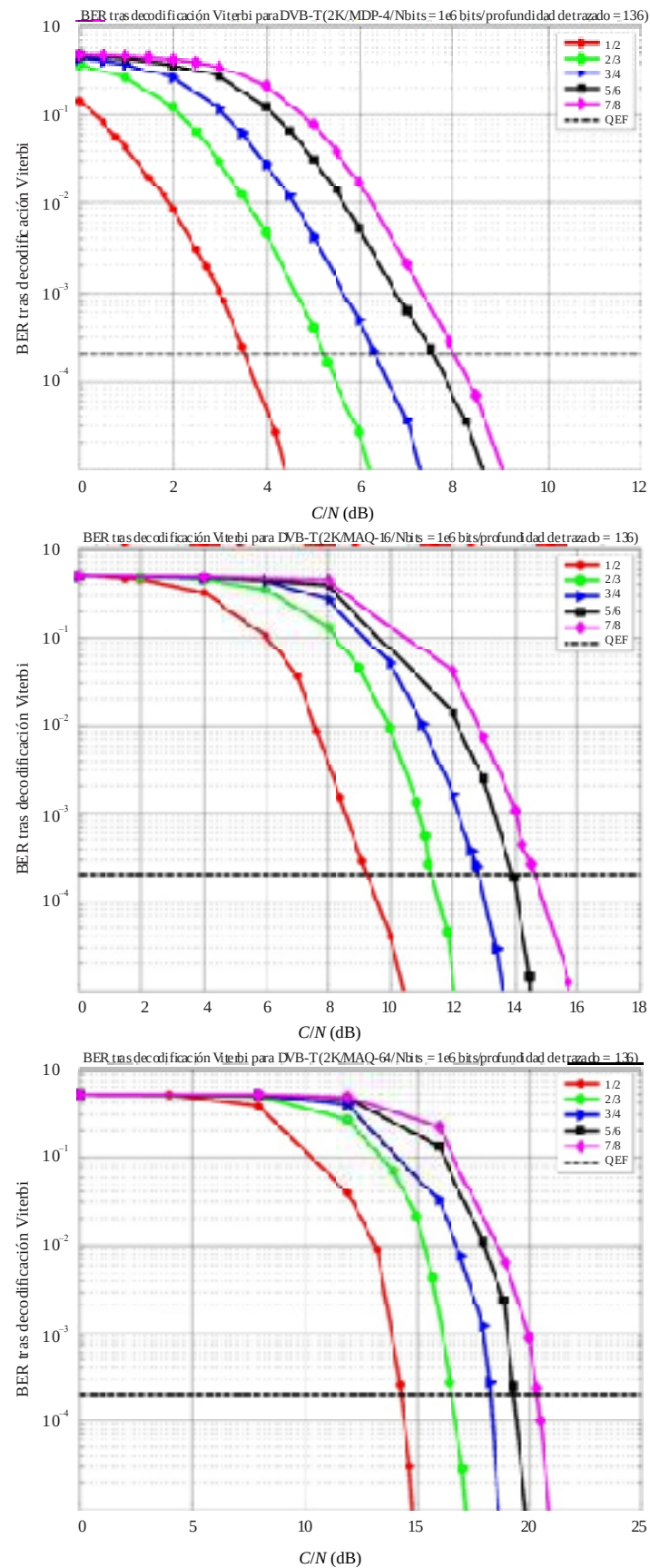
- velocidad de codificación de la protección contra errores interna (1/2, 2/3, 3/4, 5/6, 7/8);
- modulación de portadora (MDP-4: 2 bits por portadora; MAQ-16: 4 bits; MAQ-64: 6 bits);
- longitud del intervalo de guarda (1/4, 1/8, 1/16, 1/32);
- parámetro de modulación α (1: no jerárquica; 2, 4: jerárquica);
- longitud de la FFT; número de portadoras (2k: 1 705 portadoras; 4k: 3 409 portadoras; 8k: 6 817 portadoras).

El conjunto de estos parámetros forman un espacio de configuración que facilita un compromiso particular entre la inmunidad al ruido y la velocidad binaria neta en la red de radiodifusión. En la Figura 9.40 se ilustra ese tipo de compromiso para cada uno de los tres métodos de modulación en el canal AWGN. Esas curvas se obtienen por simulación [9.163] y los valores umbral de las C/N (en modo QEF) corresponden a la norma ETSI EN 300 744 v.1.6.1 [9.36].

Asimismo, los valores umbral de las C/N y las velocidades del TS MPEG-2 se definen en el Cuadro 9.21. Para obtener una información más completa sobre la calidad de funcionamiento del sistema DVB-T en modo jerárquico, véase la norma ETSI EN 300 744 [9.36].

FIGURA 9.40

Dependencia de la BER, tras decodificación interna Viterbi, respecto a la relación C/N para modos con MDP-4 (a), MAQ-16 (b) y MAQ-64 (c)



CUADRO 9.21

C/N requerida de la transmisión no jerárquica para obtener una BER = 2×10^{-4} tras decodificación Viterbi

Modulación	Velocidad de codificación	C/N requerida (dB) para BER = 2×10^{-4} tras Viterbi, QEF tras Reed-Solomon			Velocidad binaria (Mbit/s) (véase Nota 2)			
		Canal gaussiano	Canal de Rice	Canal de Rayleigh	Δ/T_U = 1/4	Δ/T_U = 1/8	Δ/T_U = 1/16	Δ/T_U = 1/32
MDP-4	1/2	3,1	3,6	5,4	4,98	5,53	5,85	6,03
MDP-4	2/3	4,9	5,7	8,4	6,64	7,37	7,81	8,04
MDP-4	3/4	5,9	6,8	10,7	7,46	8,29	8,78	9,05
MDP-4	5/6	6,9	8,0	13,1	8,29	9,22	9,76	10,05
MDP-4	7/8	7,7	8,7	16,3	8,71	9,68	10,25	10,56
MAQ-16	1/2	8,8	9,6	11,2	9,95	11,06	11,71	12,06
MAQ-16	2/3	1,1	11,6	14,2	13,27	14,75	15,61	16,09
MAQ-16	3/4	12,5	13,0	16,7	14,93	16,59	17,56	18,10
MAQ-16	5/6	13,5	14,4	19,3	16,59	18,43	19,52	20,11
MAQ-16	7/8	13,9	15,0	22,8	17,42	19,35	20,49	21,11
MAQ-64	1/2	14,4	14,7	16,0	14,93	16,59	17,56	18,10
MAQ-64	2/3	16,5	17,1	19,3	19,91	22,12	23,42	24,13
MAQ-64	3/4	18,0	18,6	21,7	22,39	24,88	26,35	27,14
MAQ-64	5/6	19,3	20,0	25,3	24,88	27,65	29,27	30,16
MAQ-64	7/8	20,1	21,0	27,9	26,13	29,03	30,74	31,67

NOTA 1 –Funcionamiento casi sin errores (QEF) significa menos de un evento de error no corregido por hora, que corresponde a una BER = 10^{-11} a la entrada del demultiplexor MPEG-2.

NOTA 2 –Las velocidades binarias netas se obtienen tras la decodificación Reed-Solomon.

La calidad de funcionamiento del sistema DVB-H depende tanto de los parámetros de la capa de enlace como de la configuración del sistema DVB-T. Para procurar una ganancia C/N suficiente y la movilidad del terminal, se opta normalmente por la modulación digital no superior a MAQ-16 y una velocidad de codificación convolucional DVB-T no superior a 1/2, 2/3 ó 3/4. Es posible también utilizar otras configuraciones del sistema DVB-T (la elección incumbe a las organizaciones que instalan redes DVB-T/H), pero con ciertas restricciones. Las directrices relativas a las configuraciones de la capa de enlace y la capa física se formulan en las principales normas DVB-H.

Las velocidades de datos netas para el sistema DVB-T/H se definen mediante el correspondiente ajuste gradual de las velocidades de datos netas del sistema DVB-T con factor de escala en función de la velocidad de codificación MPE-FEC relativa. En el Cuadro 9.22 figura un ejemplo de velocidades de datos netas con velocidad de codificación 1/2 MPE-FEC y ancho de banda total de 8 MHz para servicios DVB-H.

CUADRO 9.22

Velocidades de datos netas para DVB-T/H (con velocidad de codificación 1/2 MPE-FEC)

Modulación	Velocidad de codificación	Intervalo de guarda			
		1/4	1/8	1/16	1/32
MDP-4	1/2	2,48	2,76	2,92	3,01
	2/3	3,31	3,68	3,89	4,01
	3/4	3,72	4,14	4,38	4,51
	5/6	4,14	4,6	4,87	5,02
	7/8	4,34	4,83	5,11	5,27
MAQ-16	1/2	4,97	5,52	5,84	6,02
	2/3	6,62	7,36	7,79	8,03
	3/4	7,45	8,28	8,76	9,03
	5/6	8,28	9,2	9,74	10,03
	7/8	8,69	9,66	10,23	10,54
MAQ-64	1/2	7,45	8,28	8,76	9,03
	2/3	9,93	11,04	11,69	12,04
	3/4	11,18	12,42	13,15	13,55
	5/6	12,42	13,8	14,61	15,05
	7/8	13,04	14,49	15,34	15,80

Se prevé que el receptor DVB-H tenga la calidad de funcionamiento indicada en el Cuadro 9.23, cuando se aplica ruido (N) junto con la portadora deseada (C) en un ancho de banda de señal de 7,61 MHz. El criterio del punto de degradación corresponde al 5% de la tasa de errores en la trama MPE (MFER, *MPE Frame Error Rate*). Los valores se calculan utilizando las cifras C/N teóricas indicadas en la norma EN 300 744 [9.36] añadidas por un margen de implementación de 1,1 dB para MDP-4, 1,3 dB para MAQ-16 y 1,5 dB para MAQ-64, y un valor de ruido en exceso de la fuente de ruido del receptor P_x de -33 dBc. Se parte de la hipótesis de un transmisor ideal. Los valores son válidos para todas las velocidades de codificación MPE-FEC. Se supone una diferencia de 1 dB entre la C/N QEF DVB-T y el porcentaje de MFER.

CUADRO 9.23

 C/N (dB) para 5% de MFER en el canal gaussiano

Modulación	Velocidad de codificación	C/N requerida (dB)			Velocidad binaria (Mbit/s)			
		Canal Gaussiano	Canal de Rice	Canal de Rayleigh	$\Delta/T_U = 1/4$	$\Delta/T_U = 1/8$	$\Delta/T_U = 1/16$	$\Delta/T_U = 1/32$
MDP-4	1/2	3,6	3,6	6,5	2,48	2,76	2,92	3,01
MDP-4	2/3	5,4	5,7	10,5	3,31	3,68	3,89	4,01
MAQ-16	1/2	9,6	9,6	12,8	4,97	5,52	5,84	6,02
MAQ-16	2/3	11,7	11,6	16,7	6,62	7,36	7,79	8,03
MAQ-64	1/2	14,4	14,7	17,9	7,45	8,28	8,76	9,03
MAQ-64	2/3	17,3	17,1	22,4	9,93	11,04	11,69	12,04

9.4.1.5 Resumen de los parámetros del sistema

En el Cuadro 9.24 se definen las características de los sistemas DVB-T y DVB-H (véase también el Informe UIT-R BT.2295-1 [9.43]).

CUADRO 9.24

Principales características de los sistemas DVB-T, DVB-H y DVB-SH

Características	DVB-T, DVB-H, DVB-SH
Modos de recepción: – Fija – Portátil – Portátil en dispositivos de mano – Móvil	+ + + +
Velocidades de datos netas	a) 0,42 a 3,447 Mbit/s ⁽¹⁾ b) 1,332 a 10,772 Mbit/s ⁽¹⁾ ; 2,33 a 14,89 Mbit/s ² c) 1,60 a 12,95 Mbit/s ⁽¹⁾ ; 2,80 a 23,5 Mbit/s ² d) 1,868 a 15,103 Mbit/s ⁽¹⁾ ; 3,27 a 27,71 Mbit/s ² e) 2,135 a 17,257 Mbit/s ⁽¹⁾ ; 3,74 a 31,67 Mbit/s
Eficacia del espectro (bit/s/Hz)	0,28-2,44 ⁽¹⁾ 0,46-1,86 ⁽²⁾
Redes monofrecuencia	Admitidas
Tipos de radiodifusión: – sonora – multimedios – televisión	+ +
Tipos de datos/servicios de transmisión	Vídeo, audio, data
Bandas de frecuencias	ondas métricas, ondas decimétricas
Ancho de banda de canal	a) 1,7 MHz ⁽¹⁾ b) 5 MHz c) 6 MHz d) 7 MHz e) 8 MHz
Ancho de banda utilizado	a) 1,52 MHz ⁽¹⁾ b) 4,75 MHz c) 5,71 MHz d) 6,66 MHz e) 7,61 MHz MDT ⁽¹⁾ : a) 1,368 MHz b) 4,27 MHz c) 5,13 MHz d) 5,18 MHz e) 6,838 MHz
Número de segmentos	Número configurable de segmentos de tiempo por ancho de banda ⁽¹⁾
Número de subportadoras por segmento	853 (modo 1k) ⁽¹⁾ ; 1 705 (modo 2k); 3 409 (modo 4k); 6 817 (modo 8k)
Separación entre subportadoras	a) 1 786 kHz (1k) ⁽¹⁾ b) 5 580,322 Hz (1k) ⁽¹⁾ , 2 790,179 Hz (2k), 1 395,089 Hz (4k), 697,545 Hz (8k) c) 6 696,42 Hz (1k) ⁽¹⁾ , 3 348,21 Hz (2k), 1 674,11 Hz (4k), 837,05 Hz (8k) d) 7 812 Hz (1k) ⁽¹⁾ , 3 906 Hz (2k), 1 953 Hz (4k), 976 Hz (8k) e) 8 929 Hz (1k) ⁽¹⁾ , 4 464 Hz (2k), 2 232 Hz (4k), 1 116 Hz (8k)
Duración activa de un símbolo	a) 560 µs (1k) ⁽¹⁾ b) 179,2 µs (1k) ⁽¹⁾ , 358,40 µs (2k), 716,80 µs (4k), 1 433,60 µs (8k) c) 149,33 µs (1k) ⁽¹⁾ , 298,67 µs (2k), 597,33 µs (4k), 1 194,67 µs (8k) d) 2 128 µs (1k) ⁽¹⁾ , 256 µs (2k), 512 µs (4k), 1 024 µs (8k) e) 112 µs (1k) ⁽¹⁾ , 224 µs (2k), 448 µs (4k), 896 µs (8k)
Duración/relación del intervalo de guarda	1/32, 1/16, 1/8, 1/4

CUADRO 9.24 (fin)

Características	DVB-T, DVB-H, DVB-SH
Duración de trama	68 símbolos MDFO. Una supertrama formada por 4 tramas. MDT ⁽¹⁾ : 476 intervalos de capa física, cada uno de ellos formado por 2 176 símbolos
Sincronización de tiempo/frecuencia	Intervalo de guarda/portadoras piloto MDT ⁽¹⁾ : Símbolos piloto
Métodos de modulación	MDP-4, MAQ-16, MAQ-64, MR-MAQ-16, MR-MAQ-64 ⁽²⁾ MDT ⁽¹⁾ : MDP-4, MDP-8, MDAP-16
FEC interna	a) Código convolucional, velocidad principal 1/2 con 64 estados. Eliminación de bits de paridad a velocidades 2/3, 3/4, 5/6, 7/8 b) Codificación turbo de 3GPP2 con tamaño de bloque de información principal de 12 282 bits. Velocidades obtenidas por eliminación de bits de paridad: 1/5, 2/9, 1/4, 2/7, 1/3, 2/5, 1/2, 2/3
Entrelazado interno	a) Entrelazado de bits, combinado con entrelazado de símbolo original o en profundidad ⁽²⁾ b) Entrelazado de frecuencia; entrelazado de tiempo (Forney con 48 derivaciones) MDP-4: 320/ 9 600 ms MAQ-16:160/ 4 800 ms ⁽¹⁾
FEC externa	Código externo: RS (204, 188, T = 8) ⁽²⁾ Código de canal externo IP: MPE-FEC RS (255,191) ⁽¹⁾
Entrelazado externo	Entrelazado convolucional de bytes, I = 12 ⁽¹⁾
Aleatorización de datos/dispersión de energía	PRBS a 16 bits
Transmisión jerárquica	+
Señalización de parámetros de transmisión	Portadoras piloto TPS

⁽¹⁾ Disponible para DVB-SH.

⁽²⁾ Disponible para DVB-T, DVB-H.

9.4.1.6 Balance de enlace

En la norma ETSI TR 102 377 [9.134] se presentan algunos ejemplos de balance de enlace para el sistema DVB-T/H. Para ilustrar el balance de enlace, los valores medianos mínimos de la densidad de flujo de potencia y los valores medianos mínimos de la intensidad de campo equivalente para la categoría de terminal 3 (terminales de mano portátiles de convergencia) y diferentes modos de recepción fueron extraídos de [9.134] (véanse los Cuadros 9.25 y 9.26). En [9.134] se facilita información sobre balances de enlace en otros modos de recepción.

CUADRO 9.25

Valor mediano mínimo de la densidad de flujo de potencia y valor mediano mínimo de la intensidad de campo equivalente en la banda IV para probabilidades de emplazamientos del 70% y del 95%

Condiciones de recepción: portátil en exteriores (Clase A), zonas urbanas, banda IV, categoría de terminal 3

Frecuencia	f (MHz)	500				
C/N mínima requerida por el sistema	(dB)	2	8	14	20	26
Potencia mínima de entrada de la señal en el receptor	P_s mín (dBW)	-127,2	-121,2	-115,2	-109,2	-103,2
Tensión mínima de entrada de la señal en el receptor equivalente, 75 Ω	U_s mín (dB μ W)	12	18	24	30	36
Ganancia de la antena relativa al dipolo de media onda	G (dBd)	-12				
Abertura efectiva de la antena	Aa (dBm ²)	-25,3				
Densidad de flujo de potencia mínima en el emplazamiento de recepción	$\Phi_{\text{mín}}$ (dBW/m ²)	-101,9	-95,9	-89,9	-83,9	-77,9
Intensidad de campo mínima equivalente en el emplazamiento de recepción	$E_{\text{mín}}$ (dB μ V/m)	44	50	56	62	68
Margen para el ruido artificial	P_{mmn} (dB)	0				
Pérdida de altura	L_h (dB)	22				
Probabilidad de emplazamientos: 70%						
Factor de corrección de emplazamientos	C_i (dB)	3				
Valor mediano mínimo de la densidad de flujo de potencia a 10 m sobre el nivel del suelo para el 50% del tiempo y el 50% de emplazamientos	Φ_{med} (dBW/m ²)	-76,9	-70,9	-64,9	-58,9	-52,9
Valor mediano mínimo de la intensidad de campo equivalente a 10 m sobre el nivel del suelo para el 50% del tiempo y 50% de emplazamientos	E_{med} (dB μ V/m)	69	75	81	87	93
Probabilidad de emplazamientos: 95%						
Factor de corrección de emplazamientos	C_i (dB)	9				
Valor mediano mínimo de la densidad de flujo de potencia a 10 m sobre el nivel del suelo para el 50% del tiempo y el 50% de emplazamientos	Φ_{med} (dBW/m ²)	-70,9	-64,9	-58,9	-52,9	-46,9
Valor mediano mínimo de la intensidad de campo equivalente a 10 m sobre el nivel del suelo para el 50% del tiempo y 50% de emplazamientos	E_{med} (dB μ V/m)	75	81	87	93	99

CUADRO 9.26

Valor mediano mínimo de la densidad de flujo de potencia y valor mediano mínimo de la intensidad de campo equivalente en la banda V para probabilidades de emplazamientos del 70% y del 95%

Condiciones de recepción: portátil en exteriores (Clase A), zonas urbanas, banda V, categoría de terminal 3

Frecuencia	f (MHz)	800				
C/N mínima requerida por el sistema	(dB)	2	8	14	20	26
Potencia mínima de entrada de la señal en el receptor	P_s mín (dBW)	-127,2	-121,2	-115,2	-109,2	-103,2
Tensión mínima de entrada de la señal en el receptor equivalente, 75 Ω	U_s mín (dBW)	12	18	24	30	36
Ganancia de la antena relativa al dipolo de media onda	U_a (dB)	-7				
Abertura efectiva de la antena	A_a (dBm ²)	-24,4				
Densidad de flujo de potencia mínima en el emplazamiento de recepción	$\Phi_{\text{mín}}$ (dBW/m ²)	-102,8	-96,8	-90,8	-84,8	-78,8
Intensidad de campo mínima equivalente en el emplazamiento de recepción	$E_{\text{mín}}$ (dB μ V/m)	43	49	55	61	67
Margen para el ruido artificial	P_{mmn} (dB)	0				
Pérdida de altura	L_h (dB)	24				
Probabilidad de emplazamientos: 70%						
Factor de corrección de emplazamientos	C_i (dB)	3				
Valor mediano mínimo de la densidad de flujo de potencia a 1,5 m sobre el nivel del suelo para el 50% del tiempo y el 50% de emplazamientos	Φ_{med} (dBW/m ²)	-75,8	-69,8	-63,8	-57,8	-51,8
Valor mediano mínimo de la intensidad de campo equivalente a 1,5 m sobre el nivel del suelo para el 50% del tiempo y 50% de emplazamientos	E_{med} (dB μ V/m)	70	76	82	88	94
Probabilidad de emplazamientos: 95%						
Factor de corrección de emplazamientos	C_i (dB)	9				
Valor mediano mínimo de la densidad de flujo de potencia a 10 m sobre el nivel del suelo para el 50% del tiempo y el 50% de emplazamientos	Φ_{med} (dBW/m ²)	-69,8	-63,8	-57,8	-51,8	-45,8
Valor mediano mínimo de la intensidad de campo equivalente a 10 m sobre el nivel del suelo para el 50% del tiempo y 50% de emplazamientos	E_{med} (dB μ V/m)	76	82	88	94	100

Las directrices de aplicación indicadas en la norma ETSI TR 102 584 para servicios por satélite a dispositivos de mano (DVB-SH) por debajo de 3 GHz describen en detalle la metodología para establecer el balance de enlace en diferentes modalidades de implantación de redes.

9.4.1.7 Ejemplo de posible utilización del sistema DVB-T

Varias páginas web (véase, por ejemplo, [9.183]) publican la composición real de los multiplex de DTTB. Utilizando un analizador TS, se pueden deducir todos los parámetros importantes. Una medición corriente proporciona, entre otras cosas, los siguientes parámetros (ejemplo del Multiplex A en Eslovenia, de fecha 5 de octubre de 2016):

- Multiplex A: seis servicios de radiodifusión (4 servicios DN y 2 servicios AD):
 - Frecuencia central: 562 MHz;
 - Constelación: MAQ-64;
 - Velocidad de codificación: 2/3;
 - Modo FFT: 8k;

- Intervalo de guarda: 1/4;
- Velocidad binaria total útil calculada: 19,9053 Mbit/s.

Sistema de compresión: MPEG-4 parte 10 (H.264/AVC) y MPEG-4 parte 3 (AAC); para tener en cuenta equipos tradicionales, se prevé además la codificación de audio MPEG-1 capa II.

Se prevé que los servicios de radiodifusión DVB-T serán sustituidos de forma gradual por los servicios DVB-T2 en combinación con el mecanismo de compresión de vídeo HEVC (H.265) debido a su mayor eficacia en la utilización del espectro. Esta reconversión digital a digital se podrá lograr con un cierto periodo de transición durante el cual los servicios DVB-T y DVB-T2 se ofrecerán en una configuración de transmisión simultánea, o quizás paso a paso desactivándose un transmisor DVT cada vez que comienza a funcionar un servicio DVB-T2 en una zona determinada. En cualquier caso, se debe informar debidamente al público antes de proceder a la desactivación pues habrá que instalar nuevos decodificadores o nuevos aparatos de televisión.

A título de ejemplo, desde junio de 2016, en más de 20 ciudades y aglomeraciones urbanas de Alemania se utiliza, antes de su adopción definitiva, el sistema DVB-T2/HEVC (únicamente TVAD). El 29 de marzo de 2017 se anunciará oficialmente el funcionamiento del servicio. A mediados de 2019, a más tardar, se habrá alcanzado la cobertura nacional de dicho sistema. En cuanto comience a funcionar el servicio DVB-T2/HEVC, se procederá a la desactivación del servicio DVB-T/MPEG-2 en todos los lugares en que el sistema DVB-T2 haya iniciado sus transmisiones. Aunque mantiene la misma robustez, cada multiplex (MAQ-64) contendrá como mínimo 5 programas TVAD (1080p50) (además de servicios adicionales y soporte para HbbTV), en comparación con los cuatro programas de TVDN por multiplex del actual servicio DVB-T/MPEG-2 (MAQ-16). Las velocidades de datos útiles de los servicios DVB-T2/HEVC alemanes son similares a las de Eslovenia (aproximadamente de 20 Mbit/s).

9.4.2 Sistema DVB-T2 y sus extensiones de televisión móvil

La radiodifusión de vídeo digital terrenal de la segunda generación (DVB-T2) es un sistema de transmisión terrenal de la segunda generación para la radiodifusión de televisión digital basado en las tecnologías utilizadas como parte del sistema de la primera generación, DVB-T.

La tecnología DVB-T2 prevé mayor flexibilidad en la elección de parámetros del sistema, como los parámetros MDFOC (tamaños de la FFT, duración de los intervalos de guarda, número de portadoras (normales y ampliadas)), nuevas técnicas FEC y velocidades de codificación, modulaciones para radiodifusión terrenal digital, anchos de banda de canal, etc. Esta flexibilidad ofrece más opciones de compromiso entre la planificación de la red, las velocidades de información y la robustez de la recepción de televisión terrenal digital.

Por otra parte, la DVB-T2 reduce considerablemente la sobrecarga (en comparación con la DVB-T) para construir un sistema con un caudal próximo a la capacidad teórica del canal y con la mayor seguridad de transmisión posible. El motivo principal que dio lugar a esta norma fue el deseo de varios países europeos de ofrecer servicios de televisión de alta definición (TVAD) de la forma más eficaz y efectiva posible. La adopción de la TVAD trae inevitablemente consigo un cambio en la codificación de la fuente que exige la introducción de nuevos equipos de recepción domésticos (decodificadores y aparatos de televisión) y, por lo tanto, es la ocasión ideal para actualizar simultáneamente el sistema de transmisión.

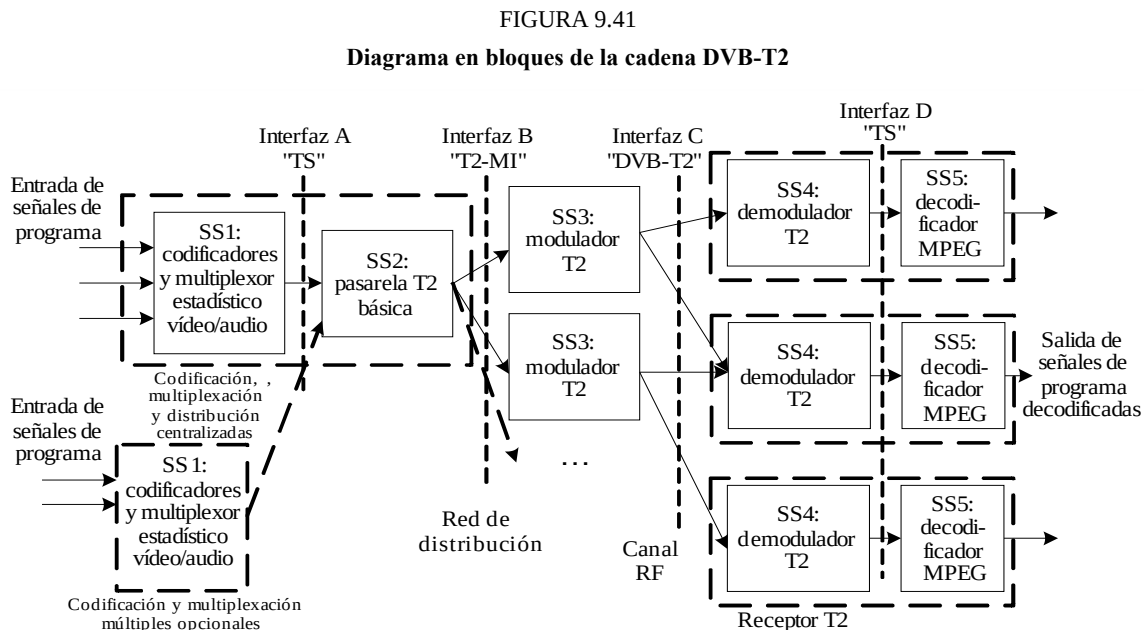
Asimismo, el sistema DVB-T2 ofrece la posibilidad de instalar servicios de televisión móvil basados en un conjunto específico de parámetros del sistema. Ese modo (sistema) se denomina DVB-T2 Lite. De conformidad con la Recomendación UIT-R BT.1833 [9.35], el sistema DVB-T2 Lite (conocido como sistema multimedia T2 del UIT-R) se define de la siguiente manera:

«Sistema de radiodifusión extremo a extremo para la distribución de una señal de radiodifusión de multimedia a dispositivos de bolsillo basada en el concepto de conductos de capa física (PLP) con tecnología de segmentación de tiempo. Este sistema está diseñado para optimizar y mejorar suficientemente la eficiencia del sistema de radiodifusión de multimedia cuando se trata de alcanzar un equilibrio entre parámetros tales como la C/N, velocidad binaria, complejidad del receptor, etc. y permite la transmisión simultánea de dos versiones distintas del mismo servicio, con diferentes velocidades binarias y niveles de protección, que debería permitir una mejor recepción en zonas periféricas.»

La introducción del perfil T2-Lite propicia la recepción en vehículos a velocidades más altas con diagramas piloto y modos FFT más robustos, y mejora además la cobertura de receptores de mano aplicando velocidades de codificación inferiores a 1/2. De esta forma se obtiene una modalidad de implantación en la cual los servicios móviles se transmiten simultáneamente con una calidad inferior a través del perfil T2-Lite.

9.4.2.1 Modelo de arquitectura

En la Figura 9.41 se presenta el diagrama en bloques de nivel superior de una cadena de extremo a extremo DVB-T2 de referencia para el caso del tren de transporte.



DTTB-09-41

El sistema DVB-T2 completo se puede dividir en tres subsistemas básicos en el lado red (SS1, SS2, SS3) y dos subsistemas en el lado receptor (SS4, SS5). Hay dos interfaces en el lado red (A y B) y una interfaz interna del receptor (D). La interfaz radioeléctrica (C) es común a la red y al receptor.

Los tres subsistemas en el lado red son los siguientes:

- **SS1: Subsistema de codificación y multiplexación.** Abarca la generación de trenes de transporte MPEG-2 y/o trenes genéricos, por ejemplo GSE. Para servicios de vídeo, comprende la codificación de vídeo/audio más PSI/SI asociadas, u otra señalización de capa 2. Normalmente, la codificación de vídeo (y posiblemente la codificación de audio) se realiza con velocidad binaria variable y un control común que garantiza una velocidad binaria constante total (excluidos los paquetes NULL) para todos los trenes agrupados. Aunque en gran medida este subsistema es el mismo que el de otras normas DVB, hay algunos aspectos de la codificación y multiplexación propios de T2. El subsistema de codificación y multiplexación se conecta a la pasarela T2 a través de la interfaz A (en general, uno o más TS MPEG-2 por la ASI) como se indica en [9.8].
- **SS2: Subsistema de pasarela T2 básica.** La interfaz de entrada a este subsistema es exactamente la misma que la indicada en [9.8], aplicable tanto a la capa física DVB-T2 básica como a la extensión descrita en el Anexo D a [9.8]. Abarca la funcionalidad de adaptación de modo y adaptación de tren relativa al sistema DVB-T2, junto con la programación y la asignación de capacidad:
 - La pasarela T2 básica suministra a su interfaz de salida (B) un tren «T2-MI»: una secuencia de paquetes T2-MI, cada uno de los cuales contiene una trama de banda base, datos de vector IQ para cualquier tren auxiliar o información de señalización (L1 o SFN). El tren T2-MI contiene toda la información necesaria para describir tanto el contenido como el calendario de emisiones

de tramas T2, y se transmite un solo tren T2-MI a uno o más moduladores en una red. El formato de la interfaz T2-MI se define en [9.160].

- Las operaciones realizadas por la pasarela T2 básica comprenden todas las partes de la especificación de la capa física [9.8] que no son completamente obligatorias, como la programación y la asignación de capacidad, que se deben realizar centralmente en una SFN para asegurar que todos los moduladores generan la misma señal.
- **SS3: Subsistema modulador DVB-T2.** Los moduladores DVB-T2 utilizan las tramas de banda base y las instrucciones de ensamblaje de trama T2 transportadas en el tren T2-MI entrante para crear tramas DVB-T2 y emitirlas en el momento adecuado para la sincronización correcta de la SFN. Los moduladores se conectan a los receptores a través de la interfaz C (la señal DVB-T2 transmitida).

Los dos subsistemas en el lado receptor son los siguientes:

- **SS4: Subsistema demodulador DVB-T2.** Este subsistema recibe una señal RF de uno o (en una SFN) más transmisores en la red y (en el caso del tren de transporte) produce un tren de transporte. El subsistema SS4 se conecta al subsistema SS5 a través de la interfaz D, un tren de transporte sintácticamente correcto que encamina normalmente uno o más de los servicios, así como todo dato de señalización común obtenido del PLP común. Los trenes de transporte que pasan por la interfaz B son idénticos a los que pasan por la interfaz D.
- **SS5: Subsistema decodificador de trenes.** Este subsistema recibe el tren de transporte y produce señales de vídeo y audio decodificadas. Teniendo en cuenta que la interfaz D es un tren de transporte sintácticamente correcto, este subsistema es en esencia el mismo que el de otras normas DVB, excepto que se han definido algunos nuevos elementos de señalización L2³⁰ para el sistema DVB-T2.

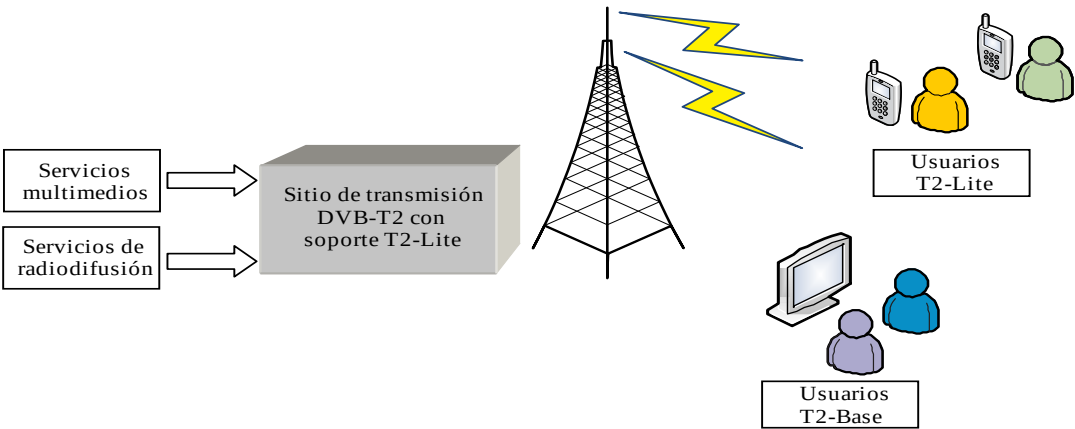
El sistema DVB-T2 Lite (conocido como sistema multimedios terrenal digital T2 del UIT-R) se basa en la norma DVB-T2, por lo que este sistema de radiodifusión de multimedios reutiliza la infraestructura de radiodifusión de televisión terrenal basada en una norma genérica (ETSI EN 302 755 v.1.3.1 [9.8]).

El perfil T2-Lite conserva gran parte de la flexibilidad ofrecida por la especificación DVB-T2, pero optimiza su efectividad para la recepción móvil y, a la vez, reduce al mínimo los requisitos aplicados a los receptores. Se ha diseñado para que sólo fuera necesario introducir cambios mínimos en los moduladores y demoduladores DVB-T2 existentes para admitir el nuevo perfil, con la intención de incentivar a los fabricantes de equipos a adoptarlo. El modelo de arquitectura del perfil T2-Lite corresponde de esta manera a la arquitectura del sistema DVB-T2 básico con algunas limitaciones de poca importancia.

En la Figura 9.42 se presenta la infraestructura de la radiodifusión de televisión y multimedios terrenal basada en el sistema multimedios T2.

³⁰ La señalización de capa 2 (L2) es la señalización a través de subtrenes para el suministro de información de servicio del tren de transporte. El conjunto básico de información de servicio L2 se amplió con información de descripción propia DVB-T2 (descriptor de sistema de suministro T2). Este descriptor prevé la señalización para la coexistencia de varios trenes de transporte en el mismo multiplex. Describe además las células geográficas y las frecuencias centrales utilizadas para la transmisión del sistema T2 particular en el multiplex específico. La señalización incluye también numerosos canales radioeléctricos por célula en paralelo; esto se utilizará en el futuro y no se espera que los receptores de perfil único reciban señales de este tipo. El descriptor del sistema de suministro T2 está acoplado al NIT en la misma posición en que se acopló el descriptor DVB-T correspondiente.

FIGURA 9.42
Transmisión simultánea de señales de perfiles DVB-T2 Base y DVB-T2 Lite



DTTB-09-42

La señal T2-Lite se puede multiplexar junto con una señal T2-Base (y/o con otras señales), transmitiéndose cada señal en sus propias partes FEF. Así, por ejemplo, se podrá formar una señal RF completa combinando una señal de perfil T2-Base con FFT de 32K que transporta servicios de TVAD para receptores fijos con modulación MAQ-256, junto con una señal de perfil T2-Lite con FFT de 8K y modulación MDP-4 para receptores móviles de la misma red.

En el Cuadro 9.25 figura un ejemplo de la pila de protocolos utilizada en los sistemas DVB-T2 Base y DVB-T2 Lite. El protocolo básico para la transmisión de información audiovisual por medios físicos es el tren de transporte MPEG-2.

CUADRO 9.27
Ejemplo de pila de protocolos para perfiles DVB-T2 Base y DVB-T2 Lite

Aplicación (reproducción, grabación, etc.)						
AVC MPEG-4	Vídeo MPEG-2	Audio MPEG-2	AC-3, DTS	Subtítulos, teletexto	EPG, ESG	L1, info SFN, trenes de datos auxiliares
				PSI	SI	
TS MPEG			Sección MPEG-2			
Encauzamiento de datos DVB						
Tramas BB, tramas de extensión futura (FEF)						
Datos DVB-T2 (tren de banda base)						
Capa física DVB-T2 (BCH, LDPC, MAQ-M, MDFO, etc.)						

Además de los elementos básicos del protocolo DVB-T2, se incluyen tramas de extensión futura (FEF) para completar la pila de protocolos DVB-T2. Este tipo de trama T2 permite la actualización del sistema DVB-T2 para una variedad de aplicaciones futuras (véase, por ejemplo, la sección 10.4). Una de estas aplicaciones es la radiodifusión de multimedia (DVB-T2 Lite).

9.4.2.2 Principales tecnologías del sistema DVB-T2

Las especificaciones del sistema DVB-T2 comprenden las principales características siguientes:

- La misma técnica de modulación básica que la utilizada en el sistema DVB-T: multiplexación por división de frecuencia ortogonal codificada (MDFOC) con intervalo de guarda (GI), que proporciona un sistema de transmisión fundamentalmente resiliente para el canal terrestre.

- Con miras a que el sistema DVB-T2 sirva también para uso profesional, por ejemplo, transmisiones entre radiocámaras y estudios móviles, se incluye una opción de 10 MHz; no se prevé que los receptores de consumo admitan el modo 10 MHz. Para que el sistema DVB-T2 pueda utilizarse en asignaciones de canales radioeléctricos más estrechos, por ejemplo en la banda III y en la banda L, se incluye también un ancho de banda de 1,712 MHz, que está destinado a los servicios móviles.
- Gama ampliada de los tamaños de MDFO de la transformada rápida de Fourier (FFT), para aumentar la calidad de funcionamiento de la red monofrecuencia (SFN) (por ejemplo, incrementar el tamaño de la SFN) y, junto con una gama mayor de GI, ofrecer una eficacia de ancho de banda notablemente mejorada (debido al intervalo de guarda más pequeño en tamaños de la FFT más grandes). A cambio de ello, sin embargo, la recepción de la señal de radiodifusión es menos robusta en un canal multitrayecto que varía en el tiempo.
- Los mismos mecanismos de formación de tramas en banda base y de corrección de errores directa (FEC) incluidos en el sistema DVB-S2 [9.161], añadiéndose la constelación de modulación de amplitud en cuadratura 256 (MAQ-256), para aprovechar al máximo la eficacia de la técnica de corrección de errores e introducir un concepto llamado constelación en rotación, que puede mejorar considerablemente la calidad de funcionamiento del sistema en canales terrenales selectivos en frecuencia.
- Un método para transportar servicios de datos individuales en canales lógicos separados, conocido como conductos de capa física (PLP), dentro de la capa física, donde la codificación de corrección de errores y el entrelazado se aplican por separado a cada PLP. Esto permite la implementación de la robustez específica del servicio.
- Un entrelazador temporal de por lo menos 70 ms para servicios de alta velocidad de datos, para aumentar la inmunidad a la interferencia impulsiva.
- Una estructura de trama muy flexible, donde los datos pueden ser distribuidos uniformemente por toda la trama para una diversidad temporal máxima o concentrados en ráfagas para que se puedan utilizar técnicas de ahorro de energía en el receptor; la estructura de trama incluye un mecanismo de señalización de capa física eficaz, llamado señalización de capa 1 (L1), que señala parámetros importantes del sistema de transmisión al receptor. Cabe indicar que hay que codificar primero el símbolo de preámbulo especial (el símbolo P1) para obtener, por ejemplo, el tamaño de la FFT.
- Flexibilidad en la creación de tramas para nuevas aplicaciones del sistema gracias a tramas de extensión futura (FEF). De esta forma se implementa la transmisión de datos DVB-T2 Lite.
- Gama ampliada de señales de referencia –pilotos dispersos (SP) y pilotos continuos (CP)–, que permite seleccionar una opción óptima para cada canal.
- Un mecanismo opcional para la diversidad de transmisión, basado en la técnica de Alamouti, para mejorar la recepción en zonas donde se solapa la cobertura de dos transmisores.
- Dos mecanismos separados para reducir la relación entre potencia máxima y potencia media (PAPR, *peak-to-average-power ratio*) de la señal transmitida.
- Preámbulos para la identificación de la señal T2 entre otras señales en la banda de frecuencias, configuración rápida primaria y secundaria del trayecto del receptor. Para la identificación de la extensión DVB-T2 Lite se define el preámbulo especial.
- Se incluye la señalización para que las futuras normas compatibles con versiones anteriores puedan utilizar partes de la estructura de trama T2: segmentación tiempo-frecuencia (TFS) para que varios canales de frecuencias radioeléctricas (RF) se utilicen juntos con el fin de aumentar la capacidad y la diversidad de frecuencias; y partes opcionales de la trama cuyo contenido se definirá en el futuro (es decir, para la transmisión de tramas DVB-NGH), como parte de las *tramas de extensión futura* (FEF).

Las características del sistema DVB-NGH (radiodifusión de vídeo digital en dispositivos de mano de la próxima generación) son las siguientes:

- Técnicas de recepción de antenas múltiples (perfil básico (modo SISO), perfil MIMO, perfil híbrido (con componentes de satélite y terrenales como en el sistema DVB-SH), perfil MIMO híbrido (modo MIMO con combinación de transmisiones terrenales y por satélite).

- Protección FEC modificada: velocidades de codificación LDPC específicas (3/15, 4/15, 5/15, 6/15, 7/15, 8/15, 9/15, 10/15) con trama LDPC acortada (16 200 bits).
- Modulaciones modificadas: utilización de correlaciones MDP-4, MAQ-16, MAQ-64 y MAQ-256 con constelaciones no uniformes, constelaciones en rotación 4D y modulación jerárquica para la inserción de servicio local.
- Parámetros MDFO modificados: tamaños de la FFT limitados y diagramas piloto específicos.
- Variantes SFN: SFH terrenal con tratamiento eSFN (SFN mejorada) para la decorrelación de la señal transmitida entre múltiples transmisores; modo híbrido SFN con tratamiento MIMO y no MIMO.
- Anchos de banda ampliados (para el modo MIMO híbrido): de 1,7 a 20 MHz.

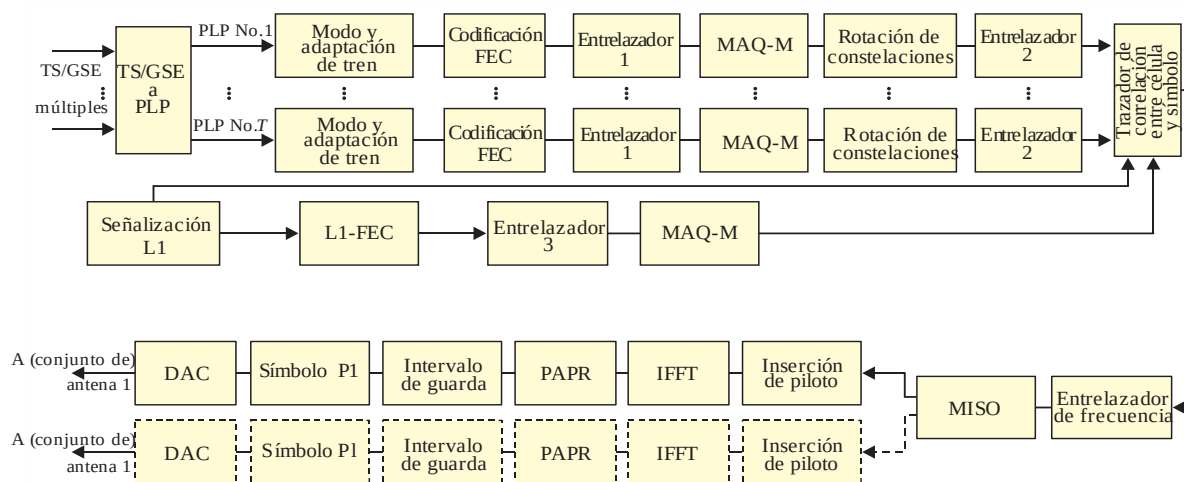
9.4.2.3 Capa física en los perfiles DVB-T2 Base y DVB-T2 Lite

Tren de transporte para la correlación PLP. En la Figura 9.43 se observa el diagrama en bloques de un transmisor DVB-T2. Este transmisor tiene la capacidad de tratar múltiples PLP para la prestación de numerosos servicios, en tanto que el receptor DVB-T2 sólo se necesita para decodificar un PLP de datos único junto con su PLP común asociado (si lo hubiera). La norma DVB-T2 permite que cada PLP incorpore su propio tren de transporte (TS) de servicio independiente o tren GSE (encapsulado de tren genérico).

Sin embargo, la norma DVB-T2 define también un posible método para evitar transmitir repetidas veces la misma información cuando se tratan varios TS: si varios TS comparten paquetes comunes (por ejemplo, el cuadro de información de eventos [EIT]), estos pueden ser eliminados de los TS y correlacionados con el PLP común. El receptor fusionará pues el contenido del PLP común y del PLP de datos seleccionado por el usuario para reconstruir el TS válido. El bloque *TS/GSE a PLP* indicado en la Figura 9.43 realiza la función de división y fusión, que asegura la sincronización entre los PLP de datos seleccionados por el usuario y el PLP común, y prevé la transparencia completa del TS de extremo a extremo con una mejor eficacia de ancho de banda. El bloque siguiente, *modo y adaptación de tren*, establece la correlación entre el tren de entrada y los bloques DVB-T2, con la compresión de paquetes nulos MPEG-2 y la inserción de bits de verificación por redundancia cíclica (CRC).

FIGURA 9.43

Diagrama en bloques de la DVB-T2



DTTB-09-43

Codificación de la protección contra errores. Ateniéndose a la filosofía de la familia de normas DVB, la corrección de errores directa del sistema DVB-T2 contempla el código BCH y un subconjunto de códigos de verificación de paridad de baja densidad (LDPC) del sistema DVB-S2, con nuevos entrelazados de bits. La calidad de funcionamiento prevista de los sistemas DVB (QEF) se define para que tenga «menos de 1 evento de error no corregido por programa por hora de transmisión», que para un servicio de 5 Mbit/s supone una tasa

de errores en los bits (BER) del orden de 10^{-10} . El código LDPC por sí solo no siempre puede garantizar esa calidad de funcionamiento, por lo que en el código LDPC se ha puesto en cascada un código BCH para evitar errores no detectados a una BER poco elevada mientras tiene aún una velocidad de codificación alta.

Se dispone de dos longitudes de bloque: 64 800 bits ó 16 200 bits. La calidad de funcionamiento de los códigos cortos es unas décimas de dB más desfavorable que en el caso de los códigos normales, pero admite aplicaciones de baja velocidad binaria con latencia más corta. Las velocidades de codificación LDPC disponibles en el sistema DVB-T2 son una selección de las velocidades del código DVB-S2: 1/2, 3/5, 2/3, 3/4, 4/5 y 5/6 son utilizadas para la protección PLP; la velocidad 1/4, únicamente para longitudes de código cortas, es utilizada en la protección de señalización L1.

Para la velocidad 2/3, se ha introducido una nueva matriz de verificación de paridad que sustituye al código DVB-S2, con el fin de mejorar la calidad de funcionamiento del código LDPC a esa velocidad.

Los códigos LDPC en el sistema DVB-T2 son irregulares y el nivel de protección contra errores de cada bit de código no es uniforme, pero depende de la ponderación de la columna de la matriz de verificación de paridad. Por lo tanto, ha sido aplicada la modulación codificada de entrelazado de bits (BICM, *Bit Interleaved Coded Modulation*) para la correlación entre bits codificados y símbolos de constelación, mediante una cascada de un entrelazador y un demultiplexor entre el codificador y el trazador de correlación, como se indica en la Figura 9.43.

Técnicas de modulación. El sistema DVB-T2 utiliza MDFO codificada (MDFOC) [9.178], como la utilizan la DVB-T, la radiodifusión sonora digital (DAB, *digital audio broadcasting*), la radiodifusión terrenal digital de servicios integrados (ISDB-T) y las normas de radiodifusión Digital Radio Mondiale (DRM), así como otros sistemas de radiocomunicaciones como IEEE 802.11a/n y la Evolución a largo plazo (LTE) de 3GPP. Se ofrece una gama más amplia de parámetros MDFO que para el sistema DVB-T, y la codificación también varía (como se ha indicado *supra*).

Los tamaños de la FFT corresponden a 1k, 2k, 4k, 8k, 16k y 32k, y cada subportadora, en cada símbolo, es modulada aplicando constelaciones MAQ. Se dispone de una gama de opciones para datos de carga útil: MAQ-4, MAQ-16, MAQ-64 y MAQ-256. La combinación de MAQ-256 con la nueva corrección de errores LDPC ofrece un incremento del caudal de datos y una calidad prácticamente comparable con la modulación MAQ-64 del sistema DVB-T.

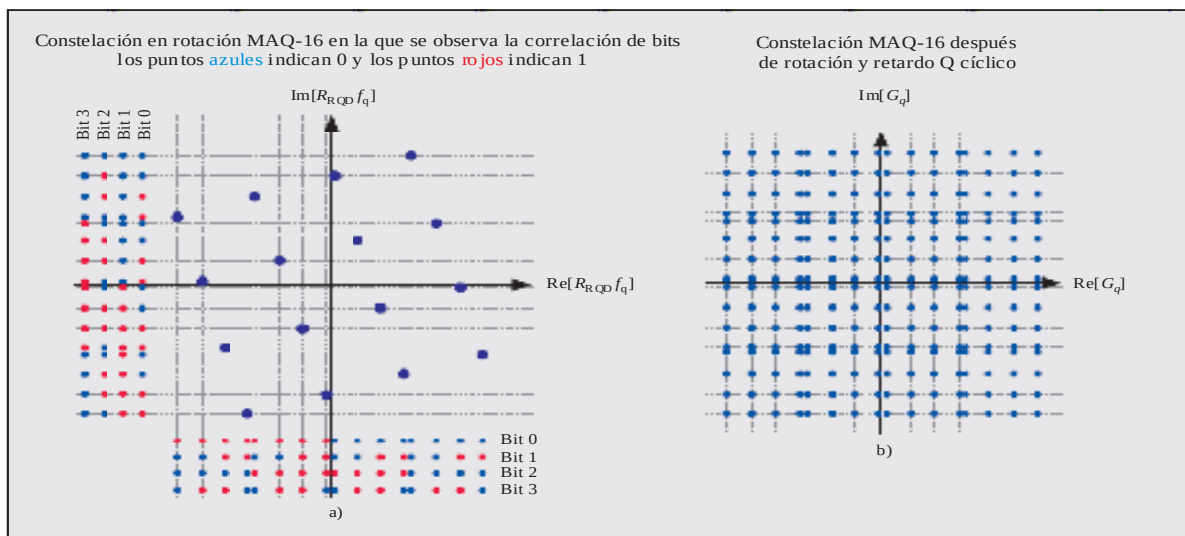
Constelaciones en rotación. Los códigos LDPC del sistema DVB-T2 ofrecen una buena calidad de funcionamiento en canales no selectivos aplicando una velocidad de codificación más alta que en el sistema DVB-T, con lo cual se obtiene un caudal de datos más elevado. Sin embargo, los canales selectivos en frecuencia necesitan una redundancia complementaria facilitada previamente por un código de velocidad más baja. El sistema DVB-T2 incluye también constelaciones en rotación que constituyen una característica opcional para mejorar la calidad de funcionamiento incluso en canales muy selectivos en frecuencia. La rotación de la constelación en un ángulo adecuado significa que todos los puntos de la constelación se correlacionan con un punto diferente en cada uno de los ejes I y Q. De esta forma, una constelación MAQ-16 tiene 16 valores diferentes para I y para Q (Figura 9.44).

Por sí solo, este procedimiento no cambiará nada. Se calcula, sin embargo, que los valores I y Q obtenidos de la constelación en rotación se separan debido a un retardo cíclico de Q antes del entrelazado temporal y de frecuencias.

Las constelaciones realmente transmitidas después del entrelazado comprenden valores I y Q que no guardan relación obtenidos de diferentes constelaciones en rotación originales (Figura 9.44). Cuando los valores I y Q se reúnen después del desentrelazado en el receptor, se observará que han sido afectados de manera diferente por desvanecimientos selectivos en frecuencia. Supongamos, como ejemplo extremo, que uno se ha perdido por completo. El eje de supervivencia contiene aún información sobre todos los puntos posibles; es menos fiable, pero ya no se trata de una pérdida completa.

FIGURA 9.44

Constelación en rotación con retardo Q cíclico. a) MAQ-16 en rotación antes del retardo Q cíclico; b) MAQ-16 en rotación después del retardo Q cíclico, indicando que hay ahora 162 = 256 estados posibles



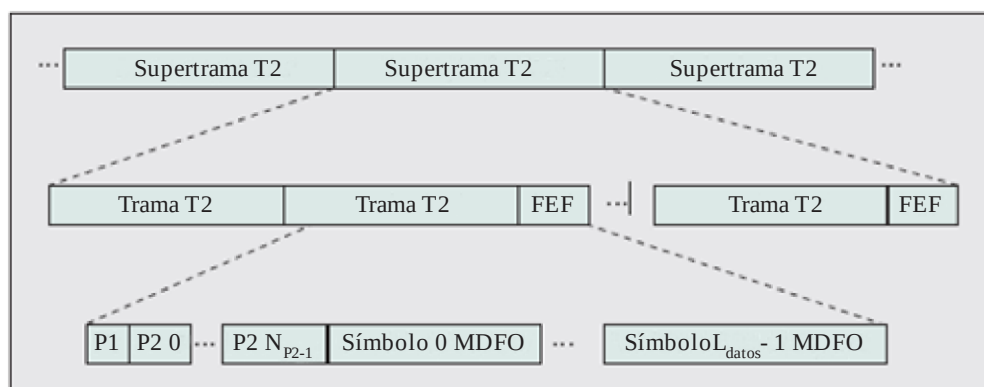
DTTB-09-44

La constelación en rotación introduce más diversidad pues el mismo bit se correlaciona simultáneamente con más subportadoras, logrando así un mayor grado de diversidad. Esto no sería posible con constelaciones más densas y velocidades de codificación más bajas, dado que un solo bit de datos se correlacionaría con un número menor de subportadoras (debido a la velocidad de codificación más baja). Las simulaciones [9.179] realizadas indican que la constelación en rotación proporciona hasta 0,75 dB de ventaja respecto de la modulación MAQ convencional en canales inalámbricos con un aumento muy limitado en el costo de realización.

Programación. Para ofrecer la robustez propia del servicio y optimizar los requisitos de la memoria de entrelazado temporal, el sistema DVB-T2 se puede describir como un conjunto de PLP íntegramente transparentes, cada uno de los cuales lleva a cabo una adaptación de modo independiente, la codificación FEC, la correlación de bits con puntos de la constelación (células) y el entrelazado temporal. El programador/formador de tramas es un elemento funcional que correlaciona las células de datos a la salida de los entrelazadores de tiempo con símbolos MDFO, añadiendo además información de señalización para crear tramas y supertramas DVB-T2 (Figura 9.45).

FIGURA 9.45

Estructura de tramas DVB-T2



DTTB-09-45

En la Figura 9.46 se muestra un ejemplo simplificado de cómo las células procedentes de diferentes PLP, cada una de ellas identificada por un color distinto, se pueden leer a partir de las memorias de entrelazado de tiempo (TI) y correlacionarse con símbolos MDFO (bloques verticales); esto se observa antes de que se aplique el entrelazador de frecuencia. La selección de la estrategia de correlación de células en tiempo y frecuencia es muy flexible. Un posible objetivo puede ser lograr la máxima diversidad temporal, distribuyendo así las células de un PLP por todos los símbolos MDFO en una trama, o incluso en numerosas tramas: para ello, la memoria TI de un PLP dado se divide en numerosos subsegmentos, que se correlacionan en símbolos MDFO alternados con los subsegmentos de los demás PLP; esto implica que, para recibir el servicio seleccionado, el receptor debe funcionar ininterrumpidamente para todos los símbolos MDFO en una trama. Un segundo objetivo puede ser obtener el máximo ahorro de energía en el receptor (por ejemplo, para dispositivos portátiles alimentados por batería) activando el receptor sólo durante un pequeño porcentaje de tiempo: esto se consigue concentrando las células de un PLP en tiempo en un número limitado de símbolos MDFO adyacentes, sin subsegmentación, como se indica en la Figura 9.46. En esa Figura se observan dos tramas DVB-T2 donde las velocidades de datos de los PLP son constantes. Si las velocidades de datos cambian, cambiará también el tamaño de los segmentos de trama a trama.

FIGURA 9.46

Diferentes PLP que ocupan diferentes segmentos de modulación, velocidad de codificación y entrelazado de tiempo; se muestran dos tramas



DTTB-09-46

En la Figura 9.45 se observa la estructura de trama DVB-T2. En el nivel superior, la estructura de trama está constituida por supertramas (duración máxima de 63,75 s cuando no se utilizan las FEF, es decir, duración equivalente a 255 tramas de 250 ms) que se dividen en tramas DVB-T2; éstas se dividen luego en símbolos MDFO. El número de tramas DVB-T2 por supertrama es tal que cada PLP de datos tiene un número entero de tramas de entrelazado por supertrama. A su vez, la supertrama puede transportar opcionalmente partes de FEF, que son periodos de tiempo no utilizados por la señal DVB-T2, que permiten otros futuros servicios aún no definidos. La trama comienza con un símbolo de referencia llamado P1 y uno o más símbolos de referencia llamados P2 (examinados más en detalle en la sección relativa a la sincronización y estimación de canal), seguidos de un número configurable de símbolos de datos. La duración de trama es del orden de 100 a 250 ms.

Un PLP de datos no tiene que ser entrelazado íntegramente dentro de una trama DVB-T2 única, pero puede distribuirse por varias tramas.

La principal finalidad de los símbolos P2 es transportar datos de señalización. Como ya se ha indicado, el caudal de PLP es variable en el tiempo; por ello, la posición en tiempo y frecuencia de las células asociadas con un PLP cambia trama por trama. Dado que el receptor debe estar en condiciones de extraer como mínimo el PLP de datos seleccionado por el usuario y el PLP común (si está presente), deberá también controlar las posiciones de las células de datos. El sistema DVB-T2, incluso en la recepción estática, puede verse afectado por el ruido impulsivo. Por este motivo, la señalización de la posición de células (llamada información *L1 dinámica*) ha recibido una atención especial en el diseño del sistema DVB-T2, incluyéndose diversos mecanismos de transmisión basados en la corrección y detección de errores, y la repetición. De hecho, la señalización L1 se transmite en cada trama dentro del símbolo P2, pero la información pertinente para la trama

siguiente se podrá también integrar en los datos PLP. Es posible además repetir esa información mediante la señalización L1 de la trama en curso y de las tramas siguientes.

Reducción de la PAPR. El inconveniente de la MDFO es que, dado que el número de subportadoras aumenta, la relación entre potencia máxima y potencia media es elevada debido al incremento del factor de cresta causado, a su vez, por la mayor variación en amplitudes MAQ, el número más alto de pilotos amplificados y las propiedades de la propia señal MDFO (una de las desventajas de MDFO es la PAPR elevada hasta en ausencia de pilotos). Esto impone altas exigencias en el amplificador de potencia del transmisor, especialmente con respecto a su linealidad. Para la atenuación, la DVB-T2 prevé dos características opcionales que pueden reducir la PAPR.

La *extensión de constelación activa* (ACE, *Active constellation extension*) modifica algunas de las constelaciones transmitidas desplazando selectivamente sus puntos externos a posiciones con mayor amplitud [9.180]. La ACE reduce la PAPR sin pérdida de caudal, pero no se utiliza junto con la constelación en rotación.

La *reducción de la PAPR de portadora reservada*³¹ sacrifica una pequeña cantidad de caudal reservando algunas subportadoras, que no transportan datos [9.180]. En su lugar, son utilizadas para transportar valores arbitrarios, que permiten la síntesis de una forma de onda de anulación de valores de cresta.

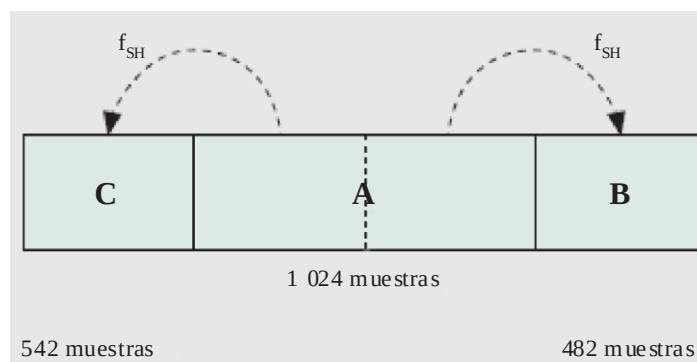
Sincronización y estimación del canal. La norma DVB-T2 contempla determinadas opciones de diseño para facilitar la sincronización de tiempo y frecuencia del receptor. La más evidente es utilizar una trama formada por un preámbulo y una carga útil, como se muestra de forma esquemática en la Figura 9.47.

El preámbulo está constituido por un símbolo P1 y un número de símbolos P2, que depende del tamaño de la FFT elegido. Para tamaños de 32k y 16k, hay un solo símbolo P2. Para tamaños de 8k, 4k, 2k y 1k hay 2, 4, 8 y 16 símbolos P2, respectivamente. La carga útil sigue a los símbolos P2, aunque algunos de los datos podrían ser transportados ya en los símbolos P2, y está constituida por símbolos MDFO de las subportadoras que pueden ser moduladas por datos o por valores piloto conocidos. La utilización del preámbulo mejora notablemente algunas etapas de sincronización, y permite además una elección mucho más amplia de los parámetros del transmisor sin aumentar el tiempo de sincronización total.

El símbolo P1 comprende un símbolo MDFO con subportadoras de 1k junto con una estructura de repetición del dominio de tiempo especial, como se observa en la Figura 9.47. La parte C es la versión de desplazamiento de frecuencia de las primeras 542 muestras del símbolo MDFO que forma la parte A. La parte B es la versión de desplazamiento de frecuencia de las últimas 482 muestras de la parte A. El desplazamiento de frecuencia es igual a la separación entre subportadoras del símbolo MDFO. Dentro del símbolo MDFO, sólo 384 de las subportadoras de 1k tienen una modulación MDP-2 (MDP-2D) diferencial y son utilizadas para transmitir siete bits de información. La estructura P1 fija, junto con la parte de señalización limitada y sumamente protegida, permite una exploración rápida de las frecuencias de radiodifusión. El receptor puede reconocer la presencia de una transmisión DVB-T2 y almacenar los parámetros principales (por ejemplo, el tamaño de la FFT o la presencia de una trama FEF). La estructura C → A → B particular está concebida para mejorar la robustez de la detección del símbolo P1 en presencia de los canales más difíciles, tales como un eco de cero dB con fase opuesta. La detección del símbolo P1 se utiliza también para obtener una referencia de tiempo y frecuencia inicial.

³¹ En la norma DVB-T2, la «portadora reservada» se llama «reserva de tono».

FIGURA 9.47
Formato del símbolo P1



DTTB-09-47

La función principal del símbolo P2 es transportar la señalización L1, que puede ser bastante amplia debido ante todo a que cada PLP tiene sus propios parámetros de transmisión. La señalización L1 está organizada en una parte señalización previa L1 (donde, por ejemplo, está señalizada la longitud de trama) y una parte señalización posterior L1. La protección de los bits de la señalización previa L1 está basada en un código BCH seguido por un código LDPC con eliminación de bits de paridad. La elección del código LDPC puede parecer extraña dada la corta longitud de la palabra de código.

Sin embargo, asegura que no habrá ninguna pérdida en comparación con un código convolucional con la misma velocidad y no necesita un decodificador Viterbi, que sólo se utilizará para decodificar la señalización L1. Otra importante función del símbolo P2 consiste en iniciar el proceso de estimación del canal.

Un receptor DVB-T2 debe efectuar una estimación del canal experimentado por la forma de onda transmitida para recuperar adecuadamente la información transmitida. Para ello, la norma DVB-T2 define secuencias convencionales que modulan un conjunto de subportadoras separadas a intervalos regulares. La principal novedad introducida por el sistema DVB-T2 es que admite ocho diagramas SP diferentes. El principio rector aplicado en el diseño ha sido adaptar la distancia del piloto a la inversa de la longitud GI. Mientras que los SP están diseñados principalmente para efectuar una estimación fiable del canal, los pilotos continuos, que están adaptados al tamaño de la FFT, aseguran un medio de sincronización de frecuencias preciso y una corrección de errores de fase común. Los pilotos en el símbolo P2 son fijos y pueden admitir el tamaño de GI más amplio posible, presumiblemente adquirido por métodos convencionales basados en la correlación. La posición del piloto y de las subportadoras de datos en el símbolo P2 son independientes de otros parámetros de transmisión tales como la extensión de ancho de banda y los métodos PAPR. Algunos de los diagramas SP requieren que la estimación del canal esté formada de varios símbolos, y los pilotos P2 contribuyen a iniciar ese proceso. Es lo que ocurre en particular con un modo muy eficaz destinado principalmente a la recepción fija con antena en el tejado. La norma DVB-T2 define una opción en la cual se transmiten muy pocos pilotos en la carga útil y la estimación del canal se basa en la estimación inicial ofrecida por el símbolo P2 seguida por una estimación del canal asistida por datos en la cual los bits decodificados son reenviados y utilizados para efectuar una estimación del canal más precisa [9.181]. Este método sólo es posible si se dispone de una estimación completa inicial, de forma que sin el símbolo P2 no sería factible. Las diferentes distancias entre los pilotos requieren también la adaptación de los factores de amplificación de piloto (esto es, cuánta potencia se asigna a los pilotos en comparación con los datos). La norma DVB-T2 define tres factores de amplificación para SP y tres para CP.

Los valores piloto dependen del índice de subportadora de la misma manera que para el sistema DVB-T. Sin embargo, en el sistema DVB-T2, todos los pilotos (CP, SP y P2) en cada símbolo MDFO se multiplican por más o menos uno de acuerdo con una secuencia pseudoruido (PN) a nivel de la trama y, en consecuencia, también dependen del índice de símbolo MDFO. Aunque el sistema DVB-SH adopta técnicas de rueda libre para el recuento de símbolos, esta signatura en los pilotos proporciona un método de sincronización de tramas alternativo y más robusto que puede indicar la posición MDFO actual dentro de la trama si se ha perdido el preámbulo, por ejemplo, en caso de ruido impulsivo intenso. Asimismo, los algoritmos de sincronización

pueden aprovechar esta secuencia a nivel de la trama para estimar y controlar la sincronización de reloj, símbolo, frecuencia y trama. Esto se consigue sin influencia alguna en la calidad de la estimación del canal.

Técnicas de antenas múltiples. A fin de implementar una red monofrecuencia (SFN), la norma DVB-T permite la transmisión simultánea en la misma frecuencia de la misma señal por múltiples transmisores. Si se aseguran restricciones de sincronización estrictas, una SFN facilita la instalación de una red simple donde los receptores encuentran un canal equivalente obtenido por la superposición de los canales relacionados con múltiples transmisores. No obstante, cuando un receptor recibe niveles de potencia similares de dos transmisores, la respuesta del canal en frecuencia contendrá nulos profundos debido a interferencias destructivas. Para SFN con estaciones de radiodifusión de una sola antena, mediante la utilización de una forma modificada de la codificación de Alamouti [9.182], la nueva norma DVB-T2 ofrece un medio eficaz para aprovechar la presencia de múltiples transmisores. En otras palabras, se obtiene un sistema de entradas múltiples-salida única (MISO) distribuido. En esta configuración, los datos sobre los dos transmisores no son idénticos pero guardan estrecha relación, evitando interferencias destructivas. A raíz de ello, mejora la cobertura de la SFN³².

En este caso (descrito como MISO 2×1), puesto que los pilotos deben efectuar dos estimaciones del canal independientes, el número de pilotos debe duplicarse. En esta modalidad, la norma DVB-T2 utiliza la misma estructura del piloto que para el caso de transmisor único (SISO), pero la mitad del tamaño correspondiente del GI. Los transmisores que actúan como antena 1 utilizan exactamente la misma estructura del piloto SISO, en tanto que los transmisores que actúan como antena 2 invierten los pilotos y modulan subportadoras piloto alternativas.

Capa física del sistema DVB-T2 Lite. El sistema DVB T2-Lite reutiliza esencialmente las capas física y de enlace del sistema DVB-T2 con algunas limitaciones que minimizan cualquier cambio introducido en los equipos existentes. Téngase en cuenta que puede interpretarse como un perfil de la especificación básica DVB-T2 y como un sistema autónomo de la radiodifusión de multimedios. En la Recomendación UIT-R BT.1877 [9.34] y la norma ETSI EN 302 755 [9.8] se facilita una información más completa sobre los parámetros técnicos y el tratamiento en el lado transmisor/receptor. En el Cuadro 9.28 figuran los parámetros básicos de las capas física y de enlace.

³² Considerando que habría que establecer una distinción entre la SFN y el caso más clásico de MISO donde la transmisión se realiza desde una sola torre de transmisión y las antenas están separadas apenas por unos pocos metros.

CUADRO 9.28

Parámetros de transmisión del sistema multimedia T2 (T2 Lite)

Parámetros	Sistema multimedia T2
Referencias	Rec. UIT-R BT.1877 y norma ETSI EN 302 755
Organización del canal	Conductos de capa física (PLP) / tramas de banda base / tramas FEF
Anchos de banda de canal	1,7 MHz, 5 MHz, 6 MHz, 7 MHz, 8 MHz
Número de subportadoras MDFO activas	1 705 (modo 2k), 3 409 (modo 4k), 6 817 (modo 8k), 13 633 (modo 16k)
Duración del intervalo de guarda	1/128, 1/32, 1/16, 19/256, 1/8, 19/128, 1/4 de duración activa de un símbolo
Duración de unidad de transmisión (trama)	Flexibilidad con posibilidad de cambio trama por trama Máx 250 ms
Sincronización de tiempo/frecuencia	Símbolo P1 / Intervalo de guarda / Portadoras piloto
Métodos de modulación	MDP-4, MAQ-16, MAQ-64 con o sin rotación de constelación específica para cada conducto de capa física
Métodos de codificación y corrección de errores	Combinación de código BCH y código LDPC (velocidades de 1/3, 2/5, 1/2, 3/5, 2/3, 3/4) con longitud de trama codificada limitada a 16 200 bits. Capacidad de corrección de 10-12 errores
Velocidades de datos netas	Máxima velocidad binaria de entrada disponible en caso de tren de transporte: 4 Mbit/s
Eficacia del espectro (bit/s/Hz)	De 0,655 bit/s/Hz (MDP-4 1/2) a 4,170 bit/s/Hz (MAQ-64 7/8)
Recepción estable y variable y control de calidad de servicio en diversos tipos de entornos de recepción	– Calidad de servicio y robustez variables – Gran movilidad hasta 300 km/h en 2k/4k/8k (MDP-4 1/2)

9.4.2.4 Calidad de funcionamiento del sistema DVB-T2

La norma DVB-T2 ofrece un amplio conjunto de configuraciones de transmisión. La elección de algunos parámetros está dictada además por la instalación de la red. A título de ejemplo, la duración del GI y la configuración del diagrama SP (piloto disperso), indicado como PPx (diagrama piloto x, donde x es el número de secuencia de diagrama en la norma ETSI EN 302 755 [9.8]), que están relacionados con la propagación máxima tolerable del canal de retardo, incluidas posibles transmisiones SFN³³. Para otros parámetros, como la velocidad de codificación y el tamaño de constelación, la elección se rige por estadísticas relativas al nivel de ruido y los canales.

En el Cuadro 9.29 se indica el caudal máximo (en Mbit/s) que puede alcanzar la DVB-T2 en algunas configuraciones típicas de parámetros.

³³ Obsérvese que el diagrama piloto (PP) puede utilizarse con bastante flexibilidad. Esto ocurre, por ejemplo, con PP2 y PP4 donde hay un número menor de pilotos pero están amplificadas.

CUADRO 9.29

Velocidades de datos que se pueden alcanzar (en Mbit/s) en algunas configuraciones DVB-T2

Tamaño de la FFT Tamaño de GI Diagrama piloto	Velocidad de codificación LDPC	MAQ-16	MAQ-64	MAQ-256
16k	3/5	18,07	27,11	36,14
1/128	2/3	20,11	30,17	40,21
PP7	3/4	22,62	33,93	45,24
32k	3/5	17,05	25,63	34,23
1/16	2/3	18,97	28,52	38,08
PP8	3/4	21,34	32,08	42,85
32k	3/5	18,07	27,02	36,14
1/128	2/3	20,11	30,06	40,21
PP7	3/4	22,62	33,82	45,24

En los Cuadros 9.30 y 9.31 (extraídos de la norma ETSI TS 102 831 [9.107]) se presenta una simulación de la calidad de funcionamiento partiendo de la hipótesis de una perfecta estimación del canal, una sincronización perfecta y sin ruido de fase, así como combinaciones de codificación y modulación del canal.

Estos resultados se aplican al canal gaussiano, al canal de Rice (F1), al canal de Rayleigh (P1) y al canal de un solo eco de 0 dB.

Los resultados corresponden a una BER de 10^{-7} tras codificación LDPC, que corresponde aproximadamente a 10^{-11} tras codificación BCH.

Para asegurar resultados fiables, las simulaciones han sido realizadas hasta que se han cumplido las dos condiciones siguientes:

- un mínimo de 100 bloques FEC erróneos; y
- un mínimo de 1 000 bits erróneos detectados.

Los parámetros MDFO DVB-T2 elegidos para estas simulaciones debían ser lo más similares posible a los del sistema DVB-T. Estos parámetros son los siguientes: tamaño de la FFT de 8k con un intervalo de guarda de 1/32, y ancho de banda de 8 MHz con modo portadora normal. Se utilizaron constelaciones en rotación y no se aplicaron técnicas PAPR. Se partió de la hipótesis de que las condiciones en que se realizaron las simulaciones eran ideales en cuanto a la sincronización y a la estimación del canal. En las simulaciones, la señal transmitida no incluye ningún piloto en absoluto ni los símbolos especiales al inicio (esto es, P1, P2) y al final (esto es, símbolo de cierre de trama) de la trama. Por lo tanto, se deberían corregir los valores de C/N_0 para el tamaño de la FFT y el diagrama piloto utilizado.

CUADRO 9.30

$(C/N)_0$ bruta requerida para obtener una BER = 1×10^{-7} tras decodificación LDPC
Longitud de bloque LDPC: 64 800 bits

Constelación	Velocidad de codificación	Eficacia espectral (véase Nota 2)	$(C/N)_0$ requerida (dB) para BER = 1×10^{-7} tras decodificación LDPC			
			Canal gaussiano (AWGN)	Canal de Rice (F_1)	Canal de Rayleigh (P_1)	Canal @ de eco de 0 dB 90% GI
MDP-4	1/2	0,99	1,0	1,2	2,0	1,7
MDP-4	3/5	1,19	2,3	2,5	3,6	3,2
MDP-4	2/3	1,33	3,1	3,4	4,9	4,5
MDP-4	3/4	1,49	4,1	4,4	6,2	5,7
MDP-4	4/5	1,59	4,7	5,1	7,1	6,6
MDP-4	5/6	1,66	5,2	5,6	7,9	7,5
MAQ-16	1/2	1,99	6,0	6,2	7,5	7,2
MAQ-16	3/5	2,39	7,6	7,8	9,3	9,0
MAQ-16	2/3	2,66	8,9	9,1	10,8	10,4
MAQ-16	3/4	2,99	10,0	10,4	12,4	12,1
MAQ-16	4/5	3,19	10,8	11,2	13,6	13,4
MAQ-16	5/6	3,32	11,4	11,8	14,5	14,4
MAQ-64	1/2	2,98	9,9	10,2	11,9	11,8
MAQ-64	3/5	3,58	12,0	12,3	14,0	13,9
MAQ-64	2/3	3,99	13,5	13,8	15,6	15,5
MAQ-64	3/4	4,48	15,1	15,4	17,7	17,6
MAQ-64	4/5	4,78	16,1	16,6	19,2	19,2
MAQ-64	5/6	4,99	16,8	17,2	20,2	20,4
MAQ-256	1/2	3,98	13,2	13,6	15,6	15,7
MAQ-256	3/5	4,78	16,1	16,3	18,3	18,4
MAQ-256	2/3	5,31	17,8	18,1	20,1	20,3
MAQ-256	3/4	5,98	20,0	20,3	22,6	22,7
MAQ-256	4/5	6,38	21,3	21,7	24,3	24,5
MAQ-256	5/6	6,65	22,0	22,4	25,4	25,8

NOTA 1 – Las cifras en cursiva son valores aproximados.

NOTA 2 – La eficacia espectral no tiene en cuenta la pérdida debida a la señalización / sincronización / sondeo e intervalo de guarda.

NOTA 3 – Los objetivos de la BER se examinan *supra*.

NOTA 4 – Las pérdidas previstas en la implementación debido a la estimación efectiva del canal deben añadirse a las cifras anteriores. Este valor será considerablemente menor que la cifra correspondiente para el sistema DVB-T en algunos casos, debido a una mejor optimización de la amplificación y de las densidades de diagramas para el sistema DVB-T2.

NOTA 5 – Las entradas sombreadas en azul son resultados de una implementación única. Todos los demás resultados son confirmados por varias implementaciones.

CUADRO 9.31

C/N₀ bruta requerida para obtener una BER = 1×10^{-7} antes de decodificación BCH
Longitud de bloque LDPC: 16 200 bits

			C/N₀ requerida (dB) para BER = 1×10^{-7} tras decodificación LDPC				
Constelación	Velocidad de codificación	Velocidad de codificación efectiva	Eficacia Espectral (véase Nota 2)	Canal Gaussiano (AWGN)	Canal de Rice (F₁)	Canal de Rayleigh (P₁)	Canal @ de eco de 0 dB 90% GI
MDP-4	1/2	4/9	0,87	0,7	0,9	2,0	1,6
MDP-4	3/5	3/5	1,18	2,5	2,7	4,1	3,7
MDP-4	2/3	2/3	1,31	3,4	3,6	5,3	4,8
MDP-4	3/4	11/15	1,45	4,3	4,6	6,6	6,2
MDP-4	4/5	7/9	1,53	4,9	5,3	7,4	7,0
MDP-4	5/6	37/45	1,62	5,5	5,9	8,3	7,9
MAQ-16	1/2	4/9	1,74	5,5	5,7	6,9	6,6
MAQ-16	3/5	3/5	2,36	7,9	8,2	9,6	9,3
MAQ-16	2/3	2/3	2,63	9,1	9,4	11,1	10,8
MAQ-16	3/4	11/15	2,89	10,3	10,7	12,8	12,5
MAQ-16	4/5	7/9	3,07	11,1	11,5	13,9	13,8
MAQ-16	5/6	37/45	3,25	11,7	12,2	15,0	15,0
MAQ-64	1/2	4/9	2,60	9,2	9,5	11,0	10,8
MAQ-64	3/5	3/5	3,54	12,3	12,6	14,4	14,3
MAQ-64	2/3	2/3	3,94	13,8	14,1	16,1	15,9
MAQ-64	3/4	11/15	4,34	15,5	15,8	18,2	18,0
MAQ-64	4/5	7/9	4,60	16,4	16,8	19,5	19,5
MAQ-64	5/6	37/45	4,87	17,1	17,6	20,6	20,9
MAQ-256	1/2	4/9	3,47	12,6	12,9	14,6	14,6
MAQ-256	3/5	3/5	4,72	16,9	17,2	19,0	19,3
MAQ-256	2/3	2/3	5,25	18,1	18,4	20,5	20,9
MAQ-256	3/4	11/15	5,78	20,3	20,6	22,9	23,3
MAQ-256	4/5	7/9	6,14	21,6	22,0	24,5	25,1
MAQ-256	5/6	37/45	6,49	22,4	22,9	25,8	26,6

NOTA 1 – Las cifras en cursiva son valores aproximados.

NOTA 2 – La eficacia espectral no tiene en cuenta la pérdida debida a la señalización / sincronización / sondeo e intervalo de guarda.

NOTA 3 – Los objetivos de la BER se examinan *supra*.

NOTA 4 – Las pérdidas previstas en la implementación debido a la estimación efectiva del canal deben añadirse a las cifras anteriores. Este valor será considerablemente menor que la cifra correspondiente para el sistema DVB-T en algunos casos, debido a una mejor optimización de la amplificación y de las densidades de diagramas para el sistema DVB-T2.

NOTA 5 – Todos los resultados de este cuadro corresponden a una implementación única y, por consiguiente, están sombreados en azul.

Los valores de la (C/N) requerida indicados en los Cuadros 9.28 y 9.29 son valores brutos y no tienen en cuenta la reducción en la C/N de datos como resultado de la presencia de pilotos amplificados, pues ello depende del diagrama piloto utilizado. Los valores netos de C/N pueden obtenerse a partir de los valores brutos $(C/N)_0$ calculando un factor de corrección Δ_{BP} de forma que:

$$\frac{C}{N} = \left(\frac{C}{N} \right)_0 + \Delta_{BP}$$

Este valor de corrección se calcula aplicando la fórmula siguiente:

$$\Delta_{BP} = 10 \log_{10} \frac{(N_{data} + N_{NBP} + N_{BP} \cdot B_{BP} + N_{CP} B_{CP})}{N_{data} + N_{NBP} + N_{BP} + N_{CP}}$$

donde:

- N_{data} Número de células de datos por símbolo MDFO
- N_{NBP} Número de pilotos amplificados por símbolo MDFO
- N_{BP} Número de pilotos amplificados (esto es, pilotos dispersos y de borde) por símbolo MDFO
- B_{BP} Amplificación de potencia de pilotos amplificados relativa a células de datos, igual a A_{SP}^2
- N_{CP} Número de pilotos continuos por símbolo MDFO
- B_{CP} Amplificación de potencia de pilotos continuos relativa a células de datos, igual a A_{CP}^2 .

Téngase en cuenta que la formula indicada *supra* se obtiene para símbolos de datos normales, pero P1, P2 y los símbolos de cierre de trama están diseñados para que tengan esencialmente la misma potencia que los símbolos normales (a 0,1 dB) por lo que la fórmula puede ser aplicada a la trama T2 entera.

El factor de corrección Δ_{BP} varía de 0,29 dB a 0,53 dB; en el Cuadro 9.32 se indican los valores para cada combinación de tamaño de la FFT y diagrama de piloto disperso PP1-PP8.

CUADRO 9.32

Factores de corrección Δ_{BP} para pilotos (dB)

	PP1	PP2	PP3	PP4	PP5	PP6	PP7	PP8
1K	0,34	0,32	0,44	0,42	0,48		0,29	
2K	0,35	0,33	0,43	0,42	0,47		0,29	
4K	0,39	0,37	0,47	0,45	0,51		0,34	
8K	0,41	0,39	0,49	0,48	0,53		0,37	0,37
8K Ext	0,41	0,41	0,50	0,48	0,52		0,39	0,38
16K	0,41	0,38	0,49	0,47	0,52	0,49	0,33	0,35
16K Ext	0,42	0,38	0,49	0,47	0,52	0,49	0,34	0,35
32K		0,37	0,48	0,45		0,48	0,33	0,35
32K Ext		0,37	0,48	0,45		0,48	0,33	0,35

Las simulaciones indicadas en la sección anterior se realizaron partiendo de la hipótesis de que el receptor tiene una percepción perfecta y sin ruido del canal. Es una situación ideal imposible de llevar a cabo, pero al menos establece un criterio único de la calidad de funcionamiento del sistema. Los receptores pueden utilizar varias implementaciones prácticas, cuya elección será un compromiso entre dos o más aspectos de la calidad de funcionamiento, y por ello los resultados obtenidos para un receptor práctico no establecerán un criterio claro de en materia de calidad de funcionamiento.

Sin embargo, resulta interesante considerar el grado de aproximación de un receptor práctico a los resultados ideales, y en qué circunstancias [9.107]. Es de utilidad entonces definir un término de corrección adicional Δ_{RCE} de forma que los valores netos de C/N requeridos cuando se aplica la estimación del canal real con ruido se pueden obtener de los resultados de simulación tabulados:

$$\frac{C}{N} = \left[\frac{C}{N} \right]_0 + \Delta_{BP} + \Delta_{RCE}$$

donde:

$$\begin{aligned} \Delta_{RCE} &= 10 \log_{10} \frac{SNR_{Data}}{SNR_{EQ-data}} \\ &\approx 10 \log_{10} \left(1 + \frac{f_{INT}}{B_{BP}} \right) \end{aligned}$$

siendo $SNR_{EQ-data}$ la relación señal-ruido en los datos ecualizados. B_{BP} está determinada por la elección del diagrama piloto, tomando los valores {16/9, 49/16, 49/9} respectivamente para los pilotos {PP1 y 2, PP3 y 4, PP5 a 8}. f_{INT} es un factor que depende del interpolador utilizado para la estimación del canal. De hecho, varía estrictamente de célula a célula según su posición en el diagrama de piloto disperso bidimensional, dado que cada uno corresponde a una combinación de fases particulares de los interpoladores de frecuencia y de tiempo. Será necesario algún tipo de cálculo de valor medio para indicar un valor único representativo, teniendo en cuenta tanto la interpolación de frecuencia como la interpolación de tiempo.

En el Informe UIT-R BT.2254 [9.135] se dan ejemplos de calidad de funcionamiento del sistema DVB-T2 Lite. Se parte de la hipótesis de que un modo DVB-T2 Lite presenta la misma sensibilidad que el modo DVB-T2 Base correspondiente. Esto implica que los valores C/N y las relaciones de protección del perfil DVB-T2 Base podrán utilizarse para la planificación de frecuencias y de la red en el caso del perfil DVB-T2 Lite.

Hasta la fecha, no se dispone de resultados de simulaciones o mediciones relativos a las velocidades de codificación adicionales 1/3 y 2/5. Sin embargo, esas velocidades de codificación están disponibles en el sistema DVB-S2. En el Cuadro 9.33 se indican los resultados de la simulación efectuada para el sistema DVB-S2 en un canal gaussiano, que se comparan con la C/N bruta del sistema DVB-T2.

Para velocidades de codificación más altas, las cifras de C/N son idénticas. Por ello, se puede esperar que para velocidades de codificación más bajas en el sistema DVB-T2 Lite se apliquen las cifras indicadas en el Cuadro 9.33.

CUADRO 9.33

C/N bruta de sistemas DVB-T2 y DVB-S2 para modos MDP-4 (de [EN 302 755-V1.3.1] y [EN 302 307])

Modo	C/N bruta (dB) DVB-T2	C/N bruta (dB) DVB-S2
MDP-4 1/4	n/d	-2,4
MDP-4 1/3	n/d	-1,2
MDP-4 2/5	n/d	-0,3
MDP-4 1/2	1,0	1,0
MDP-4 3/5	2,2	2,2
MDP-4 2/3	3,1	3,1
MDP-4 3/4	4,1	4,0
MDP-4 4/5	4,7	4,7
MDP-4 5/6	5,2	5,2
MDP-4 8/9	n/d	6,2
MDP-4 9/10	n/d	6,4

9.4.2.5 Resumen de los parámetros del sistema

En el Cuadro 9.34 se definen las características de los sistemas DVB-T2 y DVB-T2 Lite (véase también el Informe UIT-R BT.2295-1 [9.43]).

CUADRO 9.34

Principales características de los sistemas DVB-T2 y DVB-T2 Lite

Características	DVB-T2
Modos de recepción: – Fija – Portátil – Portátil en dispositivos de mano – Móvil	+ + + +
Velocidades de datos netas	7,5-50,5 Mbit/s
Eficacia del espectro (bit/s/Hz)	0,98-6,50
Redes monofrecuencia	Admitidas
Tipos de radiodifusión: – sonora – multimedios – televisión	+ +
Tipos de datos/servicios de transmisión	Vídeo, audio, datos
Bandas de frecuencias	ondas métricas, ondas decimétricas
Ancho de banda de canal	a) 1,7 MHz b) 5 MHz c) 6 MHz d) 7 MHz e) 8 MHz f) 10 MHz 1
Ancho de banda utilizado (Nota 2)	a) 1,52 MHz b) 4,75 MHz c) 5,71 MHz d) 6,66 MHz e) 7,61 MHz f) 9,51 MHz 1,2
Número de segmentos	Configurable
Número de subportadoras por segmento (Nota 2)	853 (modo 1k) 1 705 (modo 2k) 3 409 (modo 4k) 6 817 (modo 8k) 13 633 (modo 16k) 27 265 (modo 32k) 2, 3
Separación entre subportadoras (Nota 2)	a) 1 802 Hz (modo 1k) 901 Hz (modo 2k) 450 Hz (modo 4k) 225 Hz (modo 8k) 113 Hz (modo 16k) 56 Hz (modo 32k) b) 5 580 Hz (modo 1k) 2 790 Hz (modo 2k) 1 395 Hz (modo 4k) 698 Hz (modo 8k) 349 Hz (modo 16k) 174 Hz (modo 32k) c) 6 696 Hz (modo 1k) 3 348 Hz (modo 2k), 1 674 Hz (modo 4k) 837 Hz (modo 8k) 419 Hz (modo 16k) 209 Hz (modo 32k) d) 7 812 Hz (modo 1k) 3 906 Hz (modo 2k) 1 953 Hz (modo 4k) 977 Hz (modo 8k) 488 Hz (modo 16k) 244 Hz (modo 32k) e) 8 929 Hz (modo 1k) 4 464 Hz (modo 2k) 2 232 Hz (modo 4k) 1 116 Hz (modo 8k) 558 Hz (modo 16k) 279 Hz (modo 32k) f) 11 161 Hz (modo 1k) 5 580 Hz (modo 2k) 2 790 Hz (modo 4k) 1 395 Hz (modo 8k) 698 Hz (modo 16k) 349 Hz (modo 32k) 1,3

CUADRO 9.34 (fin)

Características	DVB-T2
Duración activa de un símbolo (Nota 2)	a) 554,99 μ s (1k), 1 109,98 μ s (2k), 2 219,97 μ s (4k), 4 439,94 μ s (8k) 8 879,87 μ s (16k) 17 759,75 μ s (32k) b) 179,2 μ s (1k), 358,4 μ s (2k), 716,8 μ s (4k), 1 433,6 μ s (8k), 2 867,2 μ s (16k), 5 734,4 μ s (32k) c) 149,3 μ s (1k), 298,67 μ s (2k), 597,33 μ s (4k), 1 194,67 μ s (8k), 2 389,33 μ s (16k), 4 778,67 μ s (32k) d) 128 μ s (1k), 256 μ s (2k), 512 μ s (4k), 1 024 μ s (8k), 2 048 μ s (16k), 4 096 μ s (32k) e) 112 μ s (1k), 224 μ s (2k), 448 μ s (4k), 896 μ s (8k), 1 792 μ s (16k), 3 584 μ s (32k) f) 89,6 μ s (1k), 179,2 μ s (2k), 358,4 μ s (4k), 716,8 μ s (8k), 1 433,6 μ s (16k), 2 867,2 μ s (32k) 1,3
Duración/relación del intervalo de guarda	1/128, 1/32, 1/16, 19/256, 1/8, 19/128, 1/4
Duración de trama T2	Flexible con posibilidad de cambio trama por trama Máx 250 ms
Sincronización de tiempo/frecuencia	Símbolo P1/intervalo de guarda/portadoras piloto
Métodos de modulación	MDP-4, MAQ-16, MAQ-64, MAQ-256 con o sin rotación de constelación específica para cada conducto de capa física
FEC interna	Código LDPC con velocidades de codificación 1/3, 2/5, 1/2, 3/5, 2/3, 3/4
Entrelazado interno	Entrelazado de célula, tiempo y frecuencia
FEC externa	BCH (16 200, x, t), donde x – depende de la velocidad de codificación LDPC. Capacidad de corrección de errores t = 12 errores
Entrelazado externo	Entrelazado de bits (paridad y torsión de columna)
Aleatorización de datos/dispersión de energía	PRBS a16 bits
Transmisión jerárquica	–
Señalización de parámetros de transmisión	Símbolo de preámbulo P1

NOTA 1 – La configuración del sistema DVB-T2 de 10 MHz está destinada únicamente a aplicaciones profesionales y no se espera que sea admitida en receptores domésticos.

NOTA 2 – Los valores del Cuadro para el sistema DVB-T2 se aplican al modo portadora normal. Está disponible un modo portadora ampliada para los modos 8k, 16k y 32k.

NOTA 3 – Para el sistema DVB-T2 Lite se utilizará un subconjunto limitado de modos. Las limitaciones de modo se aplican al tamaño de la FFT, los diagramas piloto y las combinaciones permitidas de esos parámetros e intervalos de guarda. El conjunto de tamaños de la FFT permitidos para el sistema DVB-T2 Lite está restringido a 2k, 4k, 8k y 16k.

9.4.2.6 Balance de enlace

En el Informe UIT-R BT.2254 [9.135] se indican valores de la C/N para el canal gaussiano, el canal de Rice y el canal de Rayleigh estimados con factores adicionales y, por ello, se definen relaciones «en condiciones reales». Para una información más completa, véase [9.135].

En el Cuadro 9.35 se facilitan algunos ejemplos de los niveles mínimos de la señal de entrada al receptor definidos en [9.135] para versiones de 8 MHz y valores C/N diferentes.

CUADRO 9.35

Niveles mínimos necesarios de la señal de entrada para versiones de 8MHz y valores C/N diferentes

Bandas de frecuencias III, IV, V – Canales de 8 MHz Modo portadora normal: modos 1k, 2k, 4k, 8k, 16k, 32k					
Ancho de banda de ruido equivalente B (MHz)	7,61	7,61	7,61	7,61	7,61
Factor de ruido del receptor F (dB)	6	6	6	6	6
Potencia de ruido a la entrada del receptor P_n (dBW)	-129,2	-129,2	-129,2	-129,2	-129,2
Relación señal RF/ruido C/N (dB)	8,0	11,0	16,0	20,0	24,0
Potencia mínima de la señal a la entrada del receptor P_s mín (dBW)	-121,7	-117,7	-113,7	-111,2	-108,2
Tensión mínima equivalente a la entrada del receptor, U_s mín (dB μ V) 75 Ω	17,5	21,5	25,5	29,5	33,5

Al definir la cobertura se indica que, debido a la transición sumamente rápida de una recepción casi perfecta a ninguna recepción en absoluto, se debe lograr el nivel mínimo de señal necesario en un elevado porcentaje de emplazamientos. Estos porcentajes se han fijado en el 95% para una recepción portátil «buena» y en el 70% para una recepción portátil «aceptable». Para la recepción móvil, los porcentajes definidos fueron del 99% y el 90%, respectivamente. Teniendo en cuenta que esta sección corresponde al sistema DVB-T2 Lite, sólo se analizan tres modos de recepción (véase el Cuadro 9.36). Se indican otras variantes en el Informe UIT-R BT.2254 [9.135].

CUADRO 9.36

Modos de recepción, ejemplos de variantes DVB-T2, valores C/N

Modo de recepción	Ejemplo de variante DVB-T2	C/N (dB)
Recepción móvil/zonas rurales	MAQ-16, FEC 1/2, 8k, PP1	10,2
Recepción portátil en dispositivos de mano en exteriores (Clase H-A)	MAQ-16, FEC 1/2, 16k, PP3	9,8
Recepción móvil en dispositivos de mano (Clase H-D) (es decir, los terminales se utilizan en el interior de un vehículo en movimiento)	MAQ-16, FEC 1/2, 8k, PP2	10,2

Los cálculos se efectúan para dos frecuencias que representan la banda III (200 MHz) y las bandas IV y V (650 MHz) y un ancho de banda de 7 MHz en la banda III y 8 MHz en las bandas IV y V. Para la banda III, se calcula el modo de recepción «móvil/zonas rurales» para un ancho de banda de 1,7 MHz y el modo de recepción «móvil en dispositivos de mano Clase H-D» para un ancho de banda de 1,7 MHz y 7 MHz.

Para los modos de recepción se eligen las variantes DVB-T2 adecuadas, que deben considerarse ejemplos de los respectivos modos de recepción puesto que, dado el gran número de ellas, siempre se puede elegir entre diversas variantes posibles.

Las variantes DVB-T2 indicadas en el Cuadro 9.37 son ejemplos de una posible elección de variante. Para cada modo de recepción hay diversas variantes DVB-T2 disponibles con sus respectivas velocidades binarias. Además, la elección del intervalo de guarda afecta a la velocidad binaria pero no cambia la C/N requerida. Por lo tanto, en los Cuadros, se indica una gama para la velocidad binaria neta disponible. No todas las longitudes del intervalo de guarda están disponibles para el diagrama piloto elegido. Si este último cambia, también puede cambiar ligeramente la C/N . Se proporciona información para la recepción móvil y en dispositivos de mano en la banda IV/V. En el Informe UIT-R BT.2254 [9.135] se puede obtener información sobre otras bandas.

En el Cuadro 9.37 se indican dos posibles variantes de cada balance de enlace para diferentes porcentajes de disponibilidad de emplazamientos requeridos, diferenciados por color.

CUADRO 9.37

**Balance de enlace del sistema DVB-T2 para la recepción móvil
y en dispositivos de mano en la banda IV/V**

Parámetros	Móvil/zonas rurales	Portátil en dispositivos de mano en exteriores	Móvil en dispositivos de mano (Clase H-D)/ antena integrada
Frecuencia (Mhz)	650	650	650
C/N mínima requerida por sistema (dB)	10,2	9,8	10,2
Variante del sistema (ejemplo)	MAQ-16 FEC 1/2, 8k, PP1 ampliado	MAQ-16 FEC 1/2, 16k, PP3 ampliado	MAQ-16 FEC 1/2, 8k, PP2 ampliado
Velocidad binaria (valores indicativos) (Mbit/s)	11-14	12-15	11-14
Factor de ruido del receptor (dB)	6	6	6
Ancho de banda de ruido equivalente (MHz)	7,71	7,77	7,71
Potencia de ruido a la entrada del receptor (dBW)	-128,3	-131,6	-127,9
Potencia mínima de la señal a la entrada del receptor (dBW)	-118,9	-119,3	-118,9
Tensión mínima equivalente a la entrada del receptor (dBμV)	19,8	19,5	19,8
Pérdidas en el alimentador (dB)	0	0	0
Ganancia de la antena relativa al dipolo de media onda (dB)	0	-9,5	-9,5
Abertura efectiva de la antena (dBm ²)	-15,6	-25,1	-25,1
Densidad de flujo de potencia mínima en el emplazamiento de recepción (dB(W/m ²))	-103,3	-94,2	-93,8
Intensidad de campo mínima equivalente en el emplazamiento de recepción (dB(μV/m))	42,5	51,6	52,0
Margen para el ruido artificial (dB)	0	0	0
Pérdidas de penetración (edificios o vehículos) (dB)	0	0	8
Desviación típica de las pérdidas de penetración (dB)	0	0	2
Ganancia de diversidad (dB)	0	0	0
Probabilidad de emplazamientos (%)	90	70	90
Factor de distribución	1,28	0,5244	1,28
Desviación de emplazamiento (dB)	5,5	5,5	5,9
Factor de corrección de emplazamientos (dB)	7,04	2,8842	7,552
Densidad de flujo de potencia mediana mínima a la altura de recepción; para 50% del tiempo y 50% de emplazamientos (dB(W/m ²))	-96,3	-91,3	-78,3
Intensidad de campo mediana mínima equivalente a la altura de recepción; para 50% del tiempo y 50% de emplazamientos (dB(μV/m))	49,5	54,2	67,5

CUADRO 9.37 (fin)

Parámetros	Móvil/zonas rurales	Portátil en dispositivos de mano en exteriores	Móvil en dispositivos de mano (Clase H-D)/ antena integrada
Probabilidad de emplazamientos (%)	99	95	99
Factor de distribución	2,3263	1,6449	2,3263
Desviación de emplazamiento (dB)	5,5	5,5	5,9
Factor de corrección de emplazamientos (dB)	12,79465	9,04695	13,72517
Densidad de flujo de potencia mediana mínima a la altura de recepción; para 50% del tiempo y 50% de emplazamientos (dB(W/m ²))	-90,6	-85,2	-72,1
Intensidad de campo mediana mínima equivalente a la altura de recepción; para 50% del tiempo y 50% de emplazamientos (dB(μV/m))	55,2	60,6	73,7

9.4.2.7 Ejemplo de posible utilización del sistema DVB-T2

El sistema DVB-T2 se ha diseñado para que sea muy flexible y permita diferentes compromisos en términos de capacidad y robustez, así como de flexibilidad y sobrecarga. Por ejemplo, el sistema se puede utilizar en una configuración muy simple para el transporte de unos pocos servicios TVAD en un solo PLP, destinado a la recepción fija con antena en el tejado. En este caso, se podrían elegir los siguientes parámetros:

- FFT de 32K con intervalo de guarda de 1/128 para una configuración MFN, que optimiza la capacidad disponible;
- FFT de 32K con intervalo de guarda de 19/128 para una configuración SFN nacional (previéndose un intervalo de guarda de 532 μs); o
- MAQ-256 con constelaciones en rotación y velocidades de codificación 3/5 ó 2/3; la modulación MAQ-256 asegura la máxima capacidad de datos posible y es adecuada para la recepción fija con antena en el tejado, y las constelaciones en rotación permiten mayor robustez en condiciones de recepción difíciles.

Estas configuraciones podrían asegurar aproximadamente 36 a 40 Mbit/s para las MFN, ó 29 a 32 Mbit/s para las SFN.

La utilización de la FFT de 32 K sólo será posible si el canal de transmisión es relativamente estático y, por lo tanto, para una red destinada a la recepción portátil y/o móvil, es probable que se utilice un tamaño de la FFT inferior y una constelación más robusta. Por ejemplo, la FFT de 8K con MAQ-64 y la velocidad de codificación 1/2 ó 3/5 permitirían una buena recepción en canales más dinámicos y con una relación portadora/ruido menos elevada. Naturalmente, habría que aceptar una velocidad binaria más baja, aproximadamente de 16 a 26 Mbit/s, dependiendo de otras opciones de parámetros.

Para comprender mejor en qué condiciones del canal se pueden lograr esas velocidades con una recepción casi sin errores, se simuló dos casos pertinentes y se comparó la calidad de funcionamiento de los sistemas DVB-T y DVB-T2 en un canal fijo de Rice [9.36] con recepción casi sin errores (o, de forma equivalente, una BER de 10^{-4} a la salida del decodificador LDPC/convolucional). El primer caso es la implantación de una SFN típica de la norma DVB-T (adoptada, por ejemplo, en Italia), que contempla una FFT de 8K, un GI de 1/4, una constelación MAQ-64 y una velocidad de codificación convolucional 2/3.

En el Cuadro 9.38 se observa la comparación establecida entre los sistemas DVB-T2 y DVB-T para un modo intervalo de guarda amplio (SFN), con el mismo intervalo de guarda absoluto en ambos casos. Esto permite un aumento del 67% de capacidad en el sistema DVB-T2 respecto al sistema DVB-T. Se dispone también de un modo de intervalo de guarda más amplio (casi el 20% de aumento), que mejorará la cobertura de la SFN para apenas una pequeña pérdida de capacidad (alrededor del 3%).

CUADRO 9.38

Ejemplo de posible aumento de capacidad del 67% para un modo SFN

	Modo DVB-T	Modo DVB-T2
Modulación	MAQ-64	MAQ-256
Tamaño de la FFT	8K	32K
Intervalo de guarda	1/4	1/16
FEC	2/3CC + RS	3/5LDPC + BCH
PILOTOS dispersos	8,3%	4,2%
Pilotos continuos (véase Nota 1)	2,0%	0,39%
Sobrecarga L1 (véase Nota 2)	1,0%	0,65%
Modo portadora	Normalizada	Ampliada
Capacidad	19,9 Mbit/s	33,2 Mbit/s

NOTA 1 – Incluye únicamente células piloto continuas que no son pilotos dispersos.

NOTA 2 – TPS para DVB-T; señalización L1, P1 y sobrecarga adicional en P2 y símbolo de cierre de trama para DVB-T2.

En el segundo caso (Cuadro 9.39) se observan los parámetros utilizados en la red multifrecuencia del Reino Unido, que contempla una FFT de 2K, un GI de 1/32, MAQ-64 y una velocidad de codificación 2/3, produciendo 24,1 Mbit/s en una SNR de 18,9 dB en un canal fijo de Rice para condiciones de recepción casi sin errores. De la misma manera, una configuración DVB-T2 con ancho de banda ampliado, FFT de 32K, GI de 1/128, MAQ-256 y una velocidad de codificación LDPC 3/5 asegura una velocidad de datos de 36,1 Mbit/s, aproximadamente un 50 por ciento más elevada.

CUADRO 9.39

Aumento de capacidad superior al 66% en comparación con el modo DVB-T utilizado en el Reino Unido

	Modo DVB-T Reino Unido	Modo DVB-T2 Reino Unido
Modulación	MAQ-64	MAQ-256
Tamaño de la FFT	2K	32K
Intervalo de guarda	1/32	1/128
FEC	2/3CC + RS	2/3LDPC + BCH
Pilotos dispersos	8,3%	1,0%
Pilotos continuos (véase Nota 1)	2,0%	0,53%
Sobrecarga L1 (véase Nota 2)	1,0%	0,53%
Modo portadora	Normalizada	Ampliada
Capacidad	24,1 Mbit/s	40,2 Mbit/s

NOTA 1 – Incluye únicamente células piloto continuas que no son pilotos dispersos.

NOTA 2 – TPS para DVB-T; señalización L1, P1 y sobrecarga adicional en P2 para DVB-T2.

En ambos casos puede observarse que el sistema DVB-T2 permite transmisiones de TVAD con AVC MPEG-4. Debido a los nuevos avances de los métodos de compresión de vídeo, varios países están poniendo a prueba la radiodifusión terrenal de TVUAD. Las informaciones más recientes sobre algunas de estas pruebas figuran en el Informe UIT-R BT.2343 [9.136] y se resumen en el Cuadro 9.40.

CUADRO 9.40
Resumen de las pruebas de TVUAD en redes de televisión terrenales (a partir de 2015)

Anexo	País	Emplazamiento del transmisor	Cobertura	p.r.a	Sistema DTT	Ancho de banda de canal	Modo de transmisión	Capacidad múltiplex	Velocidad binaria de la señal	Norma de codificación de vídeo	Norma de la imagen	Norma de codificación de audio	Frecuencia utilizada
A1.1	Japón	Hitoyoshi	Ciudad de Hitoyoshi	140W(H) 135W(V)	ISDB-T ³⁴	6 MHz	32k $GI = 1/32$ MAQ-4096, FEC 3/4 MIMO doble polarización	91,8 Mbit/s	91Mbit/s	AVC/H.264 MPEG-4	7 680 × 4 320p 59,94 trama/s 8 bit/pixel	AAC MPEG-4 384 kbit/s	671 MHz (canal 46 en Japón)
A1.2	Corea (República de) ³⁵	Kwan-Ak Mountain	Zona metropolitana sur de Seúl	36,7 kW	DVB-T2	6 MHz	32k, modo ampliado, $GI = 1/16$, PP4, MAQ-256, FEC 3/4, 4/5, 5/6	< 35,0 Mbit/s	Variable (algunas pruebas a 25~34 Mbit/s)	HEVC Main10 Nivel 5.1, Máx 28 Mbit/s	3 840 × 2 160p 60 tramas/s, 8 bits o 10 bit/pixel	AAC-LC MPEG-4 o Dolby AC-3, Máx 5,1Ch, Máx 600 kbit/s	713 MHz (canal 54 en Corea)
				12,9 kW									701 MHz (canal 52 en Corea)
				40,0 kW									707 MHz (canal 53 en Corea)
		Nam Mountain	Zona central de Seúl	2,2 kW									713 MHz (canal 54 en Corea)
		Yong-Moon Mountain	Zona metropolitana sur de Seúl	8,3 kW									707 MHz (canal 53 en Corea)
A1.3	Francia	Torre Eiffel	Ciudad de París	1kW	DVB-T2	8 MHz	32k, modo ampliado, $GI = 1/128$, MAQ-256, FEC 2/3, PP7	40,2 Mbit/s	Dos programas transportados: uno a 22,5 Mbit/s, otro a 17,5 Mbit/s	HEVC	3 840 × 2 160p 50 tramas/s 8 bit/pixel	HE-AAC 192 kbit/s	514 MHz (canal 26 en la Región 1)

³⁴ Se han ampliado algunos parámetros a partir del sistema ISDB-T convencional (Sistema C de la Recomendación UIT-R BT.1306).

³⁵ La información detallada en el Cuadro respecto a Corea corresponde a la fase 3 de las pruebas. Para más detalles sobre las fases 1 y 2, véase el Informe UIT-R BT.2343.

CUADRO 9.40 (fin)

Anexo	País	Emplazamiento del transmisor	Cobertura	p.r.a	Sistema DTT	Ancho de banda de canal	Modo de transmisión	Capacidad multiplex	Velocidad binaria de la señal	Norma de codificación de vídeo	Norma de la imagen	Norma de codificación de audio	Frecuencia utilizada
A1.4	España	ETSI Tele-comunicación	Ciudad Universitaria, Madrid	125W	DVB-T2	8 MHz	32k, modo ampliado, $GI = 1/128$, MAQ-64, FEC 5/6, PP7	36,72 Mbit/s	35 Mbit/s (se han probado también otras velocidades binarias)	HEVC	3 840 × 2 160p 50 tramas/s 8 bit/pixel	E-AC-3 5.1	754 MHz (Ch 56 en la Región 1)
A1.5	Suecia	Stockholm Nacka	Ciudad de Estocolmo	35 kW	DVB-T2	8 MHz	32k, modo ampliado, $GI = 19/256$, MAQ-256, FEC 3/5, PP4	31,7 Mbit/s	24 Mbit/s	HEVC	3 840 × 2 160p 29,97 tramas/s 8 bit/pixel		618 MHz (canal 39 en la Región 1)
A1.6	Reino Unido	Crystal Palace	Gran Londres (da cobertura a más de 4,5 millones de hogares)	40 kW	DVB-T2	8 MHz	32k, modo ampliado, $GI = 1/128$, MAQ-256, FEC 2/3, PP7	40,2 Mbit/s	Variable (algunas pruebas a 35 Mbit/s)	HEVC	Combinación de 3 840 × 2 160p 50 tramas/s y 3 840 × 2 160p 59,94 tramas/s Mayoría de las pruebas a 8 bit/pixel, algunas a 10 bit/pixel		586 MHz (canal 35 en la Región 1)
		Winter Hill	Noroeste de Inglaterra, incluidas Manchester y Liverpool (da cobertura a 2,7 millones de hogares)	22,5 kW		8 MHz							602 MHz (canal 37 en la Región 1)
		Black Hill	Región Central de Escocia, incluidas Glasgow y Edimburgo (da cobertura a 1 millón de hogares)	39 kW		8 MHz							586 MHz (canal 35 en la Región 1)
A1.7	Brasil	Mt. Sumaré	Partes de la zona metropolitana de Río de Janeiro	660 W(H) 660 W(V)	ISDB-T ¹	6 MHz	32k $GI = 1/32$ MAQ-4096, FEC 3/4 MIMO doble polarización	91,8 Mb/s	85 Mb/s	HEVC	7 680 × 4 320p 59,94 tramas/s 10 bit/pixel	AAC MPEG-4 1,48 Mb/s	569 MHz (canal 30 en Brasil)

GI = Intervalos de guarda

La prestación de servicios fijos y móviles en el mismo multiplex DVB-T2 Lite está limitada por el hecho de que el modo FFT y el diagrama piloto no pueden ajustarse dentro de la misma señal T2 Lite. Por lo general, los servicios fijos deben transmitirse con FFT amplias y diagramas de piloto disperso con el fin de lograr una eficacia espectral elevada en canales fijos. En cambio, en la recepción móvil se requiere la utilización de FFT más pequeñas y diagramas piloto más densos para seguir las rápidas variaciones en los dominios de tiempo y frecuencia, así como para hacer frente a la ICI causada por la dispersión debida al efecto Doppler.

Para resolver este problema, las señales T2-Lite pueden transmitirse en las partes FEF de un multiplex T2. De esta manera, la señal T2-Lite puede ser optimizada respecto al modo FFT y al diagrama piloto para asegurar gran fiabilidad en la recepción móvil (por ejemplo, FFT de 8k y PP1), mientras que el resto de los multiplex se configuran para un caudal elevado en canales fijos (por ejemplo, 32k y PP7). Por ejemplo, se podrá consagrar el 20% del tiempo de transmisión a señales T2-Lite alternando tramas T2-Lite de 50 ms con tramas T2 de 200 ms. Partiendo de la hipótesis de que la señal T2-Lite se transmite con modo FFT de 8K (con modo portadora ampliada), MDP-4 1/2 y diagrama piloto PP1, la capacidad total de los servicios T2-Lite es de 1,5 Mbit/s por canal (ancho de banda de 8 MHz), con lo cual se podrán transportar hasta 4 servicios a 375 kbit/s en la señal T2-Lite.

Hay que indicar que una señal T2-Lite también se puede transmitir como señal independiente que ocupa un canal de frecuencias completo. Para el mismo ejemplo anterior, la capacidad total de los servicios T2-Lite es de 7,5 Mbit/s, lo que permitiría transmitir hasta 20 servicios a 375 kbit/s en el mismo canal de frecuencias. La señal T2-Lite es muy adecuada también para la prestación de servicios de radiocomunicación digitales. La utilización de velocidades de codificación inferiores a 1/2 puede asegurar buenos niveles de cobertura con una limitada infraestructura de red, en tanto que los receptores únicamente T2-Lite destinados a la recepción portátil y móvil pueden implementarse con muy poca complejidad. Por ejemplo, si se utiliza el 10% del tiempo de transmisión para T2-Lite en un multiplex T2/T2-Lite combinado, se pueden admitir unos 18 servicios radioeléctricos a 64 kbit/s con HE-AAC v2.

9.4.2.8 Ejemplo de prueba de un sistema DVB-T2 Lite

En julio de 2011, BBC R&D demostraron con un ejemplo la posible utilización del sistema DVB-T2 Lite. Los resultados de la prueba se indican en «*DVB-T2 Lite profile tech standard approved: Transmissions are go*» de Keren Greene [9.137]. La prueba se llevó a cabo en la forma descrita a continuación.

El 7 de julio de 2011, los ingenieros de la BBC iniciaron las transmisiones del sistema DVB-T2-Lite desde el tejado del South Lab R&D de la BBC al oeste de Londres.

La evaluación se lleva a cabo en el canal en ondas decimétricas 53 (730 MHz) y bajo una licencia sobre pruebas y desarrollo de transmisiones expedida por Ofcom. Esto es totalmente independiente del servicio DTTB en antena de la BBC. Para esta prueba técnica del sistema DVB-T2 Lite, los ingenieros han combinado un multiplex AD destinado a la recepción en receptores fijos con un servicio móvil más robusto que podría ser de televisión, radio, datos o cualquier combinación de ellos. En el Reino Unido, el modo DVB-T2 actualmente utilizado (véase el Cuadro 9.39) propone una velocidad binaria de 40,21 Mbit/s en un canal de 8 MHz. En esta prueba técnica se utilizó el mismo modo para la parte AD del multiplex, pero añadiéndose tramas de extensión futura (FEF) que contienen el servicio móvil. La parte AD del multiplex consta de una trama DVB-T2 que tiene una duración de 216,9 ms seguida por una FEF de 44,6 ms.

La parte móvil del servicio se transmitió en un modo más robusto con un tamaño de la FFT inferior (8k 1/32 MDP-4 1/2) con L_DATA = 46. Se obtiene así una velocidad binaria de 1,02 Mbit/s para el servicio móvil.

9.4.2.9 Ejemplo de implantación del sistema DVB-T2 Lite

El 25 de febrero de 2016, Doordarshan, el organismo de radiodifusión público de la India, lanzó un servicio gratuito de televisión móvil DVB-T2 Lite en 16 ciudades destinado al número creciente de teléfonos inteligentes del país. El servicio, que fue lanzado oficialmente en Delhi, Mumbai, Kolkata y Chennai, Guwahati, Patna, Ranchi, Cuttack, Lucknow, Jalandhar, Raipur, Indore, Aurangabad, Bhopal, Bangalore y Ahmedabad, se puede recibir en estas ciudades y sus alrededores utilizando llaves electrónicas DVB-T2/Wi-Fi en PC, portátiles, teléfonos inteligentes y tabletas activados con OTG³⁶, así como en aparatos de televisión

³⁶ «On The Go», utilizado con llaves USB junto con teléfonos inteligentes y tabletas.

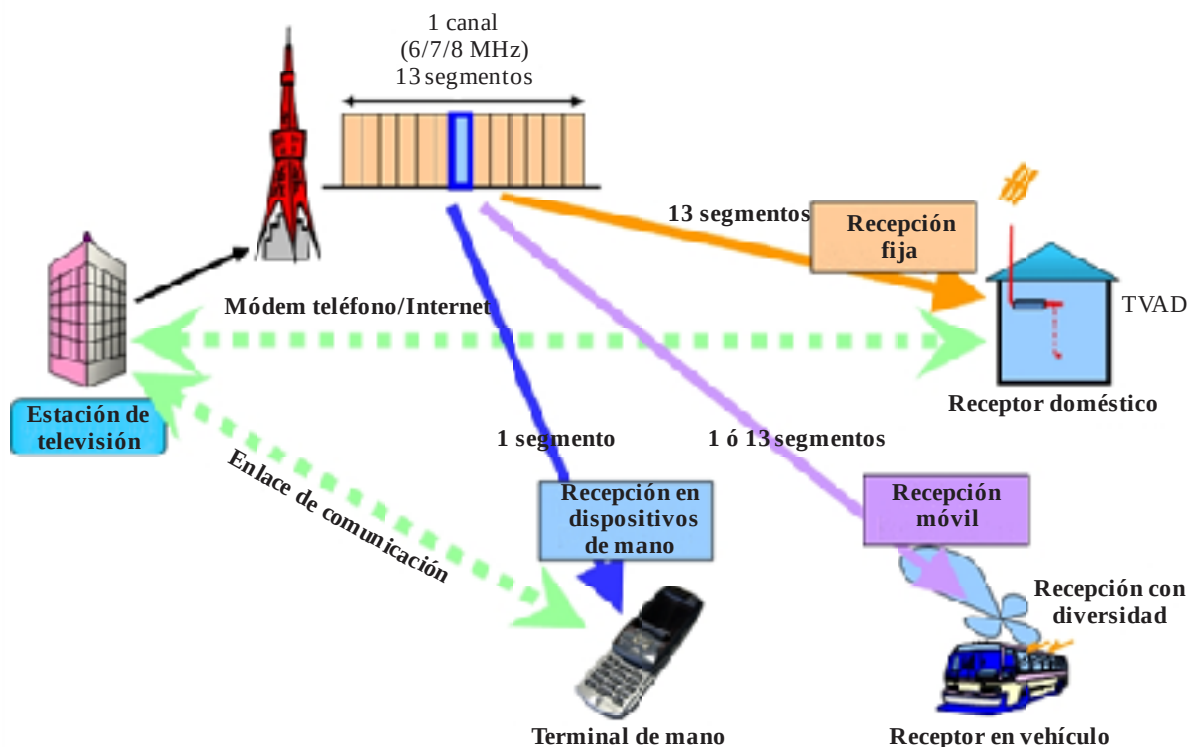
digital integrada (TVDi) con sintonizadores DVB-T2. Los aparatos TVDi están disponibles en los fabricantes de aparatos de televisión tradicionales, pero las llaves electrónicas se consiguen únicamente en sitios de compras en línea como Flipkart, Ebay, Snapdeal, etc., añadiendo la declaración de Doordarshan. Actualmente se retransmiten los canales DD National, DD News, DD Bharati, DD Sports y DD Regional/DD Kisan [9.92].

9.5 Sistema ISDB-T

El sistema ISDB-T (radiodifusión terrenal digital de servicios integrados) del sistema de radiodifusión de televisión terrenal digital fue elaborado en 2000 e incluido en [9.33] como Sistema C. Se trata de un sistema multiportadora con segmentación de la banda de frecuencias radioeléctricas.

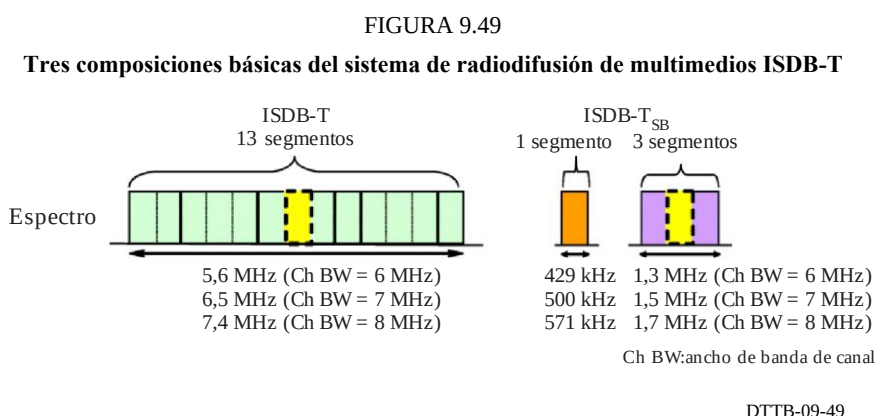
El sistema ISDB-T se ha diseñado para ofrecer transmisiones de vídeo, sonido y datos fiables de elevada calidad tanto en receptores fijos como en receptores móviles (véase la Figura 9.48). El sistema es robusto porque utiliza modulación MDFO, entrelazado bidimensional (en los dominios de tiempo y frecuencia) y códigos de corrección de errores concatenados. Su transmisión con segmentación de banda MDFO (BST-MDFO) consta de 13 segmentos MDFO. El sistema dispone de una amplia variedad de parámetros de transmisión para seleccionar el sistema de modulación de portadora, la velocidad de codificación del código de corrección de errores interno, la longitud del entrelazado de tiempo, etc. Algunas de las portadoras están asignadas a portadoras de control, llamadas portadoras de control de configuración de transmisión y multiplexación (TMCC), que transmiten informaciones sobre los parámetros de transmisión. El sistema ISDB-T admite la transmisión jerárquica de hasta tres capas. Los parámetros de transmisión se pueden establecer individualmente para las capas, cada una de las cuales consta de varios segmentos. El sistema fue diseñado concretamente para asegurar flexibilidad y extensibilidad, así como para compartir características comunes y mantener la interoperatividad de la radiodifusión de multimedia.

FIGURA 9.48
Servicio ISDB-T



La extensión ISDB para la radiodifusión de multimedia terrenal, concebida para proporcionar servicios de radiodifusión en tiempo real, como programas radiofónicos o de vídeo con diversos datos asociados, radiodifusión interactiva y difusión por ficheros, se define como Sistema multimedia F del UIT-R. De hecho, este sistema multimedia es una versión mejorada del sistema de radiodifusión de multimedia basado en ISDB-T/T_{SB}³⁷. La especificación de la capa física del sistema se describe en [9.33] como Sistema C y en la Recomendación UIT-R BS.1114 [9.38] como Sistema digital F (también conocido como ISDB-T_{SB}). La descripción general del sistema, las aplicaciones multimedia y las aplicaciones de datos pueden hallarse en [9.35]. Para consultar otras referencias útiles sobre el sistema ISDB, véase [9.154] a [9.159].

La capa física del sistema de radiodifusión de multimedia ISDB-T tiene similitudes con la familia ISDB-T, esto es, la variante ISDB-T de un segmento, ISDB-T_{SB} e ISDB-T. El sistema de radiodifusión de multimedia ISDB-T puede utilizar diferentes números y configuraciones de segmentos ISDB-T. Las composiciones básicas de este sistema se indican en la Figura 9.49.



Este sistema utiliza la norma MPEG-2 para encapsular trenes de datos, lo cual significa que se pueden transmitir simultáneamente varios contenidos digitales (como vídeo, sonido, texto, imágenes fijas y otros datos). Comparte características comunes y mantiene la interoperatividad con otros sistemas ISDB que utilizan MPEG-2, como ISDB-S, ISDB-C, ISDB-T_{SB} e ISDB-Tmm.

9.5.1 Modelo de arquitectura y modelo de pila de protocolos

En la Figura 9.50 se observa el diagrama en bloques funcionales del sistema ISDB-T. Este sistema cuenta con una gran variedad de parámetros de transmisión. El remultiplexor de tren de transporte (TS Re-Mux) controla el número de paquetes TS enviados al codificador RS añadiendo paquetes TS nulos independientemente del número de los paquetes TS de entrada.

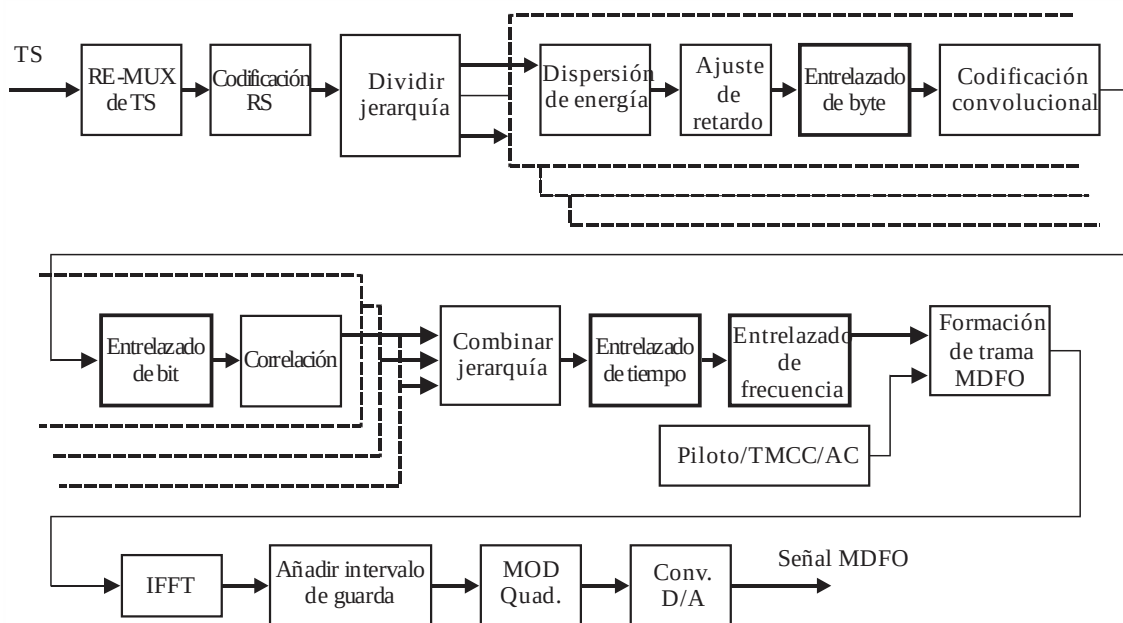
El sistema tiene hasta tres capas de transmisión con diferentes niveles de robustez mediante el cambio del método de modulación, la velocidad de codificación del código convolucional, etc., en cada capa. Se utiliza un código de corrección de errores potente llamado código de codificación convolucional/decodificación Viterbi y codificación/decodificación Reed-Solomon (RS) concatenado.

El sistema ISDB-T utiliza cuatro tipos de entrelazado: de bytes, de bits, de frecuencia y de tiempo. Estas tecnologías de entrelazado se describen en la sección 9.5.3.

³⁷ ISDB-T_{SB} es un sistema de radiodifusión sonora.

FIGURA 9.50

Diagrama en bloques funcionales del sistema ISDB-T

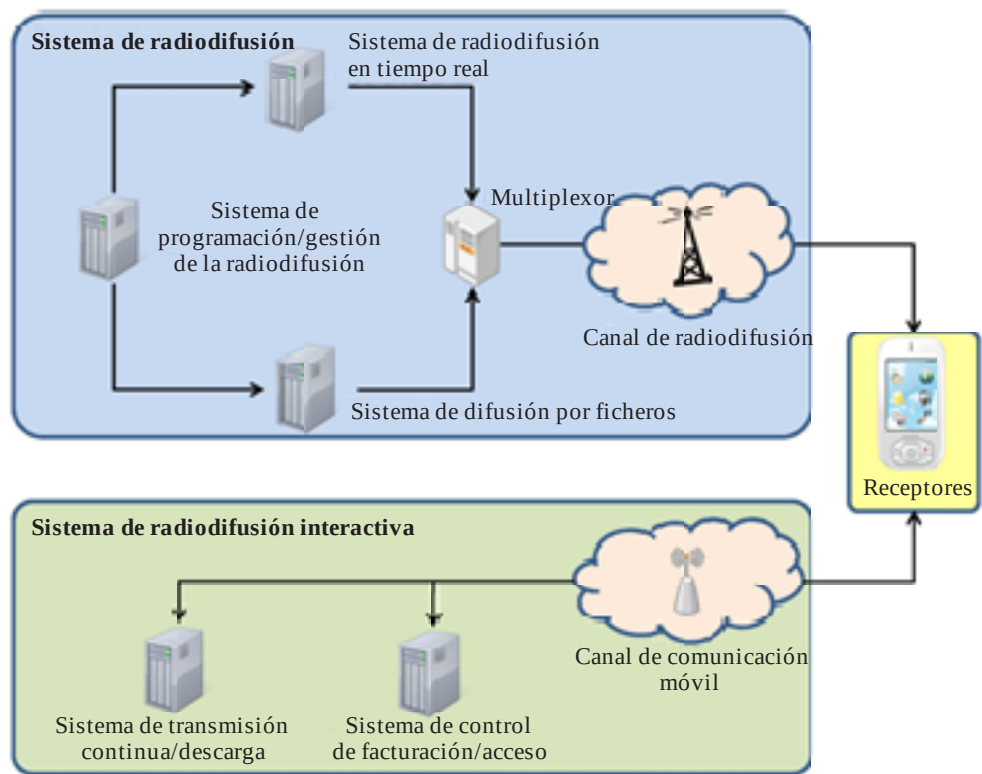


DTTB-09-50

El sistema tiene tres modos de transmisión (modos 1, 2 y 3) que permiten la utilización de una amplia gama de frecuencias de transmisión, y cuatro opciones de longitud del intervalo de guarda, que permiten un mejor diseño de las SFN.

Un sistema de radiodifusión de multimedia ISDB-T corriente se compone de tres subsistemas: el sistema de radiodifusión, el sistema de radiodifusión interactiva y los receptores (Figura 9.51). El sistema de radiodifusión tiene un sistema de programación/gestión de la radiodifusión, un sistema de radiodifusión en tiempo real y un sistema de difusión por ficheros. La señal de radiodifusión en tiempo real y la señal de difusión por ficheros son multiplexadas y transmitidas al mismo tiempo. Los tipos habituales de receptores son teléfonos celulares, reproductores de música, sistemas de navegación para automóviles, marcos de fotos digitales, etc. El sistema de radiodifusión interactiva tiene un sistema de control de facturación/acceso y un sistema de transmisión continua/descarga. Este último sistema puede además completar los datos que faltan del canal de comunicaciones móviles, que el canal de radiodifusión no pudo recibir.

FIGURA 9.51
Arquitectura típica del sistema multimedia ISDB-T



DTTB-09-51

El sistema de radiodifusión de multimedia ISDB-T utiliza esencialmente la misma arquitectura de multiplexación que el resto de la familia ISDB-T, esto es, los sistemas MPEG-2 (véase [9.6], [9.7]). En esta capa son multiplexados y transportados los contenidos de radiodifusión en tiempo real y/o el contenido de difusión por ficheros.

En la Figura 9.52 se presenta la pila de protocolos del sistema de radiodifusión de multimedia ISDB-T. El contenido de radiodifusión en tiempo real se transmite con arreglo al mismo protocolo que el utilizado en la familia ISDB-T. El contenido de difusión por ficheros se transporta por el protocolo Internet (IP) en el TS MPEG-2 o la sección DSM-CC del TS MPEG-2.

FIGURA 9.52
Pila de protocolos del sistema de radiodifusión de multimedia ISDB-T

Aplicación IP	Difusión por ficheros (1)		Radiodifusión en tiempo real	
	FLUTE/AL-FEC	Sección (incluidos DSM-CC)	PES	
UDP/IP				
ROHC o Recomendación UIT-R BT.1869				
ULE				
TS MPEG-2				
Capa física				

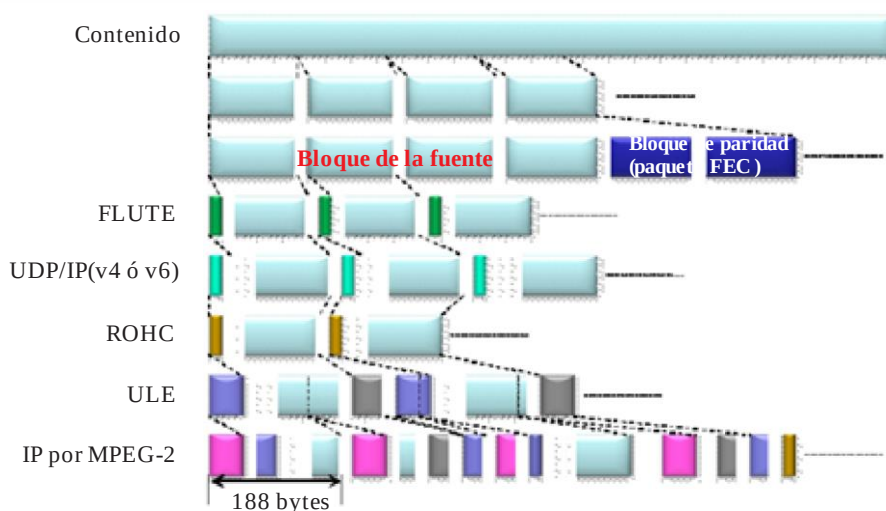
NOTA 1: La difusión por ficheros es admitida por el Sistema multimedia F (véase [9.35])

DTTB-09-52

En la Figura 9.53 se observa la secuencia de transmisión del contenido de difusión por ficheros transportado por IP. Todo tipo de contenido de difusión por ficheros, como secuencias audiovisuales, libros electrónicos y periódicos, se divide en paquetes de longitud fija con paquetes adicionales de corrección de errores directa (FEC) para el protocolo de suministro de ficheros por transporte unidireccional (FLUTE), descrito en RFC 3926 (el sistema de multidifusión IP de los proyectos de colaboración 3GPP y 3GPP2) [9.39]. Una vez eliminada la redundancia del encabezamiento IP con el modo ROHC unidireccional (*ROHC U-Mode*) (RFC 3095, [9.40]) o el mecanismo de compresión de encabezamiento descrito en la Recomendación UIT-R BT.1869 [9.2], se forman paquetes TS MPEG-2 con encapsulado ligero unidireccional (ULE), como se indica en RFC 4326 [9.41].

FIGURA 9.53

Secuencia de transmisión de la difusión por ficheros por IP

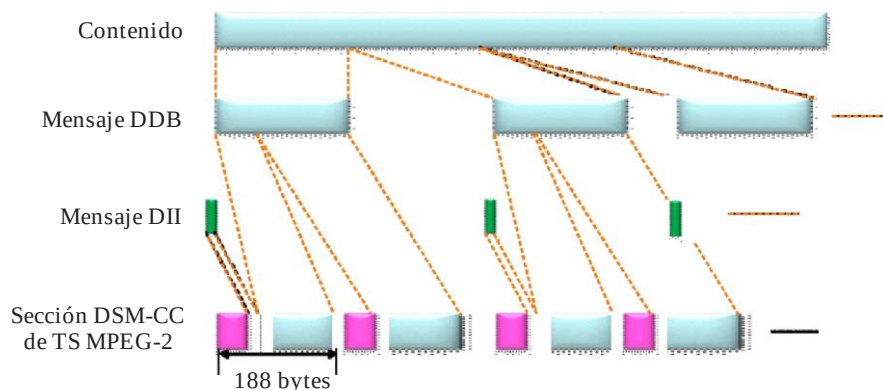


DTTB-09-53

En la Figura 9.54 se observa la secuencia de transmisión del contenido de difusión por ficheros transportado a través de la sección DSM-CC de un TS MPEG-2. Los mensajes bloques de datos de descarga construidos a partir del contenido requerido se transportan en forma de secciones DSM-CC.

FIGURA 9.54

Secuencia de transmisión de la difusión por ficheros a través de secciones DSM-CC



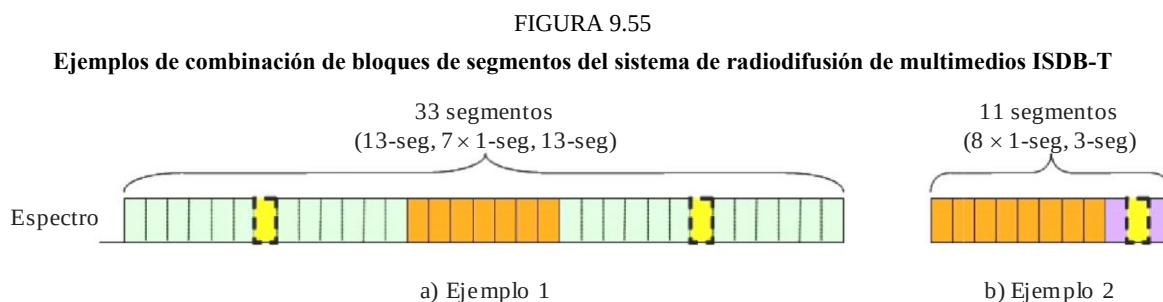
DDB: Bloque de datos de descarga
DII: Indicación de información de descarga

DTTB-09-54

9.5.2 Principales tecnologías del sistema ISDB-T y su extensión de radiodifusión de multimedios

Transmisión con segmentación de banda. El sistema ISDB-T utiliza la modulación MDFO con segmentación de banda de frecuencias radioeléctricas, BST-MDFO. El sistema ISDB-T consta de 13 segmentos MDFO, cada uno de los cuales tiene un ancho de banda de $B/14$ MHz (siendo B el ancho de banda de un canal de televisión terrenal, es decir, un canal de 6, 7 u 8 MHz según la región), de forma que un segmento ocupa un ancho de banda de $6/14$ MHz (428,57 kHz), $7/14$ MHz (500 kHz) u $8/14$ MHz (571,29 kHz). Uno o más segmentos forman un grupo de segmentos. Los parámetros de transmisión de la técnica de modulación de las portadoras MDFO, las velocidades del código de corrección de errores interno y la longitud del entrelazado de tiempo se pueden especificar independientemente para cada grupo de segmentos. Un grupo de segmentos es la unidad básica de la prestación de servicios de radiodifusión.

Combinaciones de bloques de segmentos. El número de segmentos del sistema de radiodifusión de multimedios ISDB-T se puede elegir según la aplicación y el ancho de banda disponible. El espectro se forma combinando composiciones básicas de 1 segmento, 3 segmentos y/o 13 segmentos sin bandas de guarda. En la Figura 9.55 se observan dos ejemplos de espectro de transmisión que combinan varios bloques de segmentos.



DTTB-09-55

Transmisión jerárquica y recepción parcial. El sistema admite la transmisión jerárquica de hasta tres capas (A, B y C). Se pueden establecer parámetros de transmisión en cada una de estas capas. El sistema ISDB-T consta de 13 segmentos que se dividen y son asignados a las capas. Cada capa tiene de 1 a 13 segmentos, pero el número total de segmentos para todas las capas es siempre 13. Por ejemplo, cuando un organismo de radiodifusión quiere prestar un servicio de un segmento para receptores de mano, el segmento central puede asignarse a la capa A y los otros 12 segmentos a la capa B o a las capas B y C. En casos como éste, los receptores de mano pueden recibir el segmento central sólo parcialmente. Esto se llama recepción parcial y significa que un receptor sólo puede escoger parte del ancho de banda de transmisión. La recepción parcial reduce el consumo de energía del receptor de mano porque utiliza una frecuencia baja del reloj del sistema.

Tecnologías de entrelazado. Se utilizan cuatro tipos de tecnologías de entrelazado:

- El entrelazador de bytes se sitúa entre los codificadores externos e internos. Aleatoriza los errores en ráfaga de la salida del decodificador Viterbi.
- El entrelazador de bits se sitúa entre la codificación convolucional y la correlación. Aleatoriza los errores en los símbolos de la constelación antes de la decodificación Viterbi.
- El entrelazador de tiempo se sitúa a la salida de la correlación. Aleatoriza los errores en ráfaga del dominio del tiempo, causados principalmente por el ruido impulsivo y el desvanecimiento durante la recepción móvil/portátil.
- El entrelazador de frecuencia se sitúa a la salida del entrelazador de tiempo. Aleatoriza los errores en ráfaga del dominio de la frecuencia, causados principalmente por la interferencia por trayectos múltiples, la interferencia entre portadoras, etc.

Sistemas MPEG-2. El sistema ISDB-T utiliza sistemas MPEG-2 para encapsular trenes de datos, lo cual permite transmitir simultáneamente varias formas de contenido digital, en particular sonido, texto e imágenes fijas. Comparte características comunes y mantiene la interoperatividad con otros sistemas que utilizan sistemas MPEG-2, como ISDB-S, ISDB-C, ISDB-T_{SB} e ISDB-Tmm. En Japón, el sistema ISDB-T utiliza la codificación de vídeo MPEG-2 y la codificación avanzada de audio MPEG-2 (AAC) para los principales programas de televisión y la codificación avanzada de vídeo MPEG-4 (AVC MPEG-4) para el servicio One-Seg. En América del Sur, en cambio, el sistema ISDB-T utiliza AVC MPEG-4 y AAC MPEG-4 para los principales programas de televisión.

Recepción con diversidad para el sistema ISDB-T. Para llevar a cabo una prueba, Japan Broadcast Corporation (NHK) ha elaborado un prototipo de receptor con diversidad de 4 derivaciones con una combinación máxima de relaciones (MRC, *maximal ratio combining*) para cada portadora. Se realizaron experimentos en condiciones reales en el área de Nagoya para comparar la cobertura de la radiodifusión de TVAD terrenal digital para recepción móvil y fija con un receptor con diversidad. Evaluado a un porcentaje de recepción del 95%, la recepción móvil de TVAD era de hecho viable en un contorno de recepción fija de más de 75 dB μ V/m para una recepción de 4 derivaciones y más de 80 dB μ V/m para una recepción de 2 derivaciones. Los resultados obtenidos utilizando un vehículo móvil mostraron una atenuación considerable de la señal recibida en comparación con los obtenidos en la recepción fija. Esto se debía a que las antenas de recepción móvil estaban a tres metros sobre el nivel del suelo, mientras que la altura de las antenas de recepción fija era de diez metros; las ondas directas en dirección de las antenas de recepción móvil eran mucho más propensas a quedar bloqueadas. La intensidad de campo de la recepción móvil recibida se redujo en hasta 15 dB si se la compara con la intensidad de campo de la recepción fija calculada. Para una información más completa, véase el Informe UIT-R BT.2139 [9.94].

9.5.3 Capas física y de enlace del sistema ISDB-T

En la multiplexación, la familia ISDB utiliza sistemas MPEG-2 en calidad de capa de enlace, lo cual significa que tiene una interfaz de tren de transporte entramada común. Para la capa física, la modulación y la corrección de errores son diferentes dependiendo del medio de transmisión. El sistema ISDB-T adopta una modulación MDFO con segmentación y una codificación de corrección de errores concatenada de un código convolucional y el código Reed-Solomon. La familia ISDB adopta la misma codificación de la fuente.

La capa física del sistema de radiodifusión de multimedios ISDB-T tiene afinidad con la familia ISDB-T, es decir, un segmento ISDB-T, ISDB-T_{SB} e ISDB-T. El sistema es flexible respecto a su utilización de segmentos. Como se observa en la Figura 9.49, la utilización del espectro para la radiodifusión de multimedios puede ser más eficaz si se combinan algunos bloques de 13 segmentos, 3 segmentos y 1 segmento sin bandas de guarda. Con esta característica, los receptores pueden demodular un bloque de 1 segmento o demodular sólo los bloques centrales de 3 ó 13 segmentos, de forma que los recursos de soportes físicos y soportes lógicos de los receptores de la familia ISDB-T pueden utilizarse para hacer receptores de radiodifusión de multimedios ISDB-T para la recepción móvil.

9.5.4 Calidad de funcionamiento del sistema ISDB-T

Las Recomendaciones UIT-R BT.1306 [9.33] y UIT-R BT.1368 [9.42] describen características del sistema, como modulación, capacidad, parámetros de transmisión e intensidad de campo mínima.

La Recomendación UIT-R BT.1833 [9.35] describe el servicio One-Seg.

Zona de cobertura local y amplia. El sistema de radiodifusión de multimedios ISDB-T puede dar cobertura local a una zona utilizando un transmisor o a una zona amplia con una red monofrecuencia (SFN) utilizando varios transmisores. De esta forma se evitan traspasos de frecuencia complejos.

Bajo consumo de energía. El terminal de mano utilizado en la radiodifusión de multimedios ISDB-T puede recibir y decodificar señales ISDB-TSB y el segmento central de señales ISDB-T. Dado que estos anchos de banda son estrechos, el terminal de mano utiliza una frecuencia baja del reloj y su consumo de energía es bajo.

Ancho de banda flexible. El sistema de radiodifusión de multimedios ISDB-T puede adaptar su ancho de banda combinando varios bloques de segmentos básicos de acuerdo con el ancho de banda de canal radioeléctrico asignado.

Varios programas por segmento. Se pueden transmitir varios programas por segmento. Por ejemplo, cuando los parámetros de transmisión son modulación MDP-4, velocidad de codificación de corrección de errores (FEC) 2/3 y relación de intervalo de guarda de 1/8, se pueden transmitir en un segmento diez programas audio (32 kbit/s/programa) o dos programas con sonido ambiente 5,1 (160 kbit/s/programa). Por otra parte, varios proveedores de servicios de radiodifusión pueden transmitir programas en un segmento al mismo tiempo.

9.5.5 Resumen de los parámetros del sistema

En el Cuadro 9.41 se resumen las características del sistema ISDB (véase el Informe UIT-R BT.2295-1 [9.43]).

CUADRO 9.41

Principales características del sistema ISDB

Características	Familia ISDB-T
Modos de recepción: – Fija – Portátil – Portátil en dispositivos de mano – Móvil	+ + + +
Velocidades de datos netas	n × a) 0,281 a 1,787 Mbit/s b) 0,328 a 2,085 Mbit/s c) 0,374 a 2,383 Mbit/s
Eficacia del espectro (bit/s/Hz)	0,66-4,17
Redes monofrecuencia	Admitidas
Tipos de radiodifusión: – sonora – multimedios – televisión	+ + +
Tipos de datos/servicios de transmisión	Vídeo, audio, datos
Bandas de frecuencias	Ondas métricas, ondas decimétricas
Ancho de banda de canal	1/14 × n de a) 6 MHz b) 7 MHz c) 8 MHz n ≥ 1 ¹
Ancho de banda utilizado	Separación entre subportadoras + 1/14 × n × a) 6 MHz b) 7 MHz c) 8 MHz n ≥ 1 ¹
Número de segmentos	n ≥ 1 ¹
Número de subportadoras por segmento	108 (modo 1) 216 (modo 2) 432 (modo 3)
Separación entre portadoras	a) 3,968 kHz (modo 1) ² , 1,984 kHz (modo 2), 0,992 kHz (modo 3) b) 4,629 kHz (Modo 1), 2,314 kHz (modo 2), 1,157 kHz (modo 3) c) 5,291 kHz (modo 1), 2,645 kHz (modo 2), 1,322 kHz (modo 3)
Duración activa de un símbolo	a) 252 μs (modo 1) ² , 504 μs (modo 2), 1 008 μs (modo 3) b) 216 μs (modo 1), 432 μs (modo 2), 864 μs (modo 3) c) 189 μs (modo 1), 378 μs (modo 2), 756 μs (modo 3)

CUADRO 9.41 (fin)

Características	Familia ISDB-T
Duración/relación del intervalo de guarda	1/32, 1/16, 1/8, 1/4
Duración de trama	204 símbolos MDFO
Sincronización de tiempo/frecuencia	Portadoras piloto
Métodos de modulación	MDP-4D, MDP-4, MAQ-16, MAQ-64
FEC interna	Código convolucional, velocidad principal 1/2 con 64 estados. Eliminación de bits de paridad a velocidades de 2/3, 3/4, 5/6, 7/8
Entrelazado interno	Entrelazado de frecuencia: entrelazado interno de segmentos y entre segmentos Entrelazado de tiempo: entrelazado convolucional de símbolos Símbolos 0, 380, 760, 1 520, 3 040 (modo 1) ² símbolos 0, 190, 380, 760, 1 520 (modo 2) Símbolos 0, 95, 190, 380, 760 (modo 3)
FEC externa	RS (204, 188, T = 8)
Entrelazado externo	Entrelazado convolucional de bytes, I = 12
Aleatorización de datos/dispersión de energía	PRBS
Transmisión jerárquica	+
Señalización de parámetros de transmisión	Portadoras piloto TMCC

NOTA 1 – El número de segmentos «n» está determinado por el ancho de banda disponible.

NOTA 2 – Los modos 1, 2 y 3 pueden seleccionarse mediante la escala de la red monofrecuencia (SFN) y los tipos de recepción de servicios, tales como recepción fija o móvil. El modo 1 se puede utilizar para una sola operación de transmisión o para una red monofrecuencia pequeña. Este modo es adecuado para la recepción móvil. El modo 3 se puede utilizar para redes monofrecuencia extensas. Este modo es adecuado para la recepción fija. El modo 2 ofrece un compromiso adicional entre el tamaño de la zona de transmisión y las capacidades de la recepción móvil. El modo debe seleccionarse teniendo en cuenta la frecuencia radioeléctrica aplicada, la escala de las SFN y el tipo de recepción de servicios.

9.5.6 Balance de enlace

Los criterios de planificación del sistema ISDB-T se describen como Sistema C en [9.42].

En el Cuadro 9.42 se enumeran ejemplos de balances de enlace del sistema de radiodifusión de multimedios ISDB-T. Para consultar descripciones de los elementos del balance de enlace, véase la Recomendación UIT-R BS.1660 [9.44].

En el caso de la recepción en dispositivos de mano (en exteriores), MAQ-16 y una velocidad de codificación 1/2, el valor de la intensidad de campo necesaria es de 0,71 mV (57 dB(μV/m)) o mayor para el modo 1 segmento, y de 1,12 mV (61 dB(μV/m)) o superior para el modo 3 segmentos. Téngase en cuenta que el valor de la intensidad de campo es el valor correspondiente a una altura de la antena de recepción de 4 m sobre el nivel del suelo.

CUADRO 9.42 (fin)

Elementos	Recepción móvil			Recepción en dispositivos de mano (en exteriores)			Recepción fija		
Factor de corrección de cobertura (corrección del valor mediano de variación) (dB)	4,8	4,8	4,8	4,8	4,8	4,8	0	0	0
Intensidad de campo necesaria ($h_2=1,5\text{m}$) ($\text{dB}\mu\text{V/m}$)	44,3	46,0	49,6	48,5	50,2	53,8			
Factor de corrección de altura en recepción (de 1,5 m a 4m) (dB)	2,3	2,3	2,3	2,3	2,3	2,3			
Intensidad de campo necesaria ($h_2=4\text{m}$) ($\text{dB}\mu\text{V/m}$)	46,6	48,3	51,9	50,8	52,5	56,1	37,1	38,8	43,7
Factor de corrección para cambiar la señal de un segmento a señal de tres segmentos (dB)	4,8	4,8	4,8	4,8	4,8	4,8	4,8	4,8	4,8
Intensidad de campo necesaria para señal de tres segmentos ($h_2=4\text{m}$) ($\text{dB}\mu\text{V/m}$)	51,4	53,1	56,7	55,6	57,3	60,9	41,9	43,6	48,5

9.5.7 Ejemplos de posible utilización del sistema ISDB

Se enumeran a continuación ejemplos típicos de aplicaciones ISDB-T (véase también la Figura 9.56):

- **Programas de TVAD:** Los usuarios pueden visualizar imágenes de elevada calidad con formato de imagen 16×9 y sonido de calidad CD. El sistema ISDB-T también soporta un sonido ambiente multicanal 5.1.
- **Numerosos programas de TVDN:** En un canal se pueden transmitir ocho programas de televisión de definición normalizada como máximo.
- **EPG (Guía electrónica de programas):** Con esta guía los usuarios pueden consultar los programas de televisión y seleccionarlos para planificar su grabación.
- **Radiodifusión de datos:** Con esta aplicación se obtiene información a la carta mediante la interacción del usuario con el mando a distancia. Permite el acceso a noticias, condiciones de tráfico, pronósticos meteorológicos, recetas, guías turísticas y juegos educativos.
- **Acceso a Internet:** Todos los receptores de televisión ISDB-T pueden conectarse a Internet para acceder a informaciones suplementarias. Los receptores más modernos también admiten la TVIP.
- **Recepción móvil de TVAD:** Los programas de TVAD transmitidos por el sistema ISDB-T pueden visualizarse en receptores móviles. Están actualmente en venta en el mercado diversos tipos de receptores de automóviles.
- **Servicio One-Seg – Servicio de televisión para dispositivos de mano/receptores portátiles:** Ya está disponible el servicio de televisión One-Seg para teléfonos celulares o receptores de televisión portátiles. Los teléfonos con servicio One-Seg también pueden recibir datos a través de su funcionalidad comunicaciones. Para este tipo de recepción, se están estudiando nuevos servicios de radiodifusión de datos conectados a la red que combinan transmisión de datos e información obtenida a través de una red de comunicaciones. Los receptores One-Seg contarán también con una función de encendido automático para recibir alertas del sistema de radiodifusión de alerta temprana (EWBS, *early warning broadcasting system*) en situaciones de catástrofe.

FIGURA 9.56
Aplicaciones ISDB-T típicas



DTTB-09-56

En la Figura 9.57 se observa la imagen de servicio del sistema de radiodifusión de multimedia ISDB-T. Se pueden transmitir diversas señales (vídeo, audio y datos) a terminales móviles/de mano. Los usuarios pueden escuchar música en el aire o después de descargarla en cualquier lugar y a todo momento. Además, pueden acceder a Internet gracias a la capacidad de comunicación inalámbrica del sistema.

FIGURA 9.57
Imagen de servicio del sistema de radiodifusión de multimedia ISDB-T



DTTB-09-57

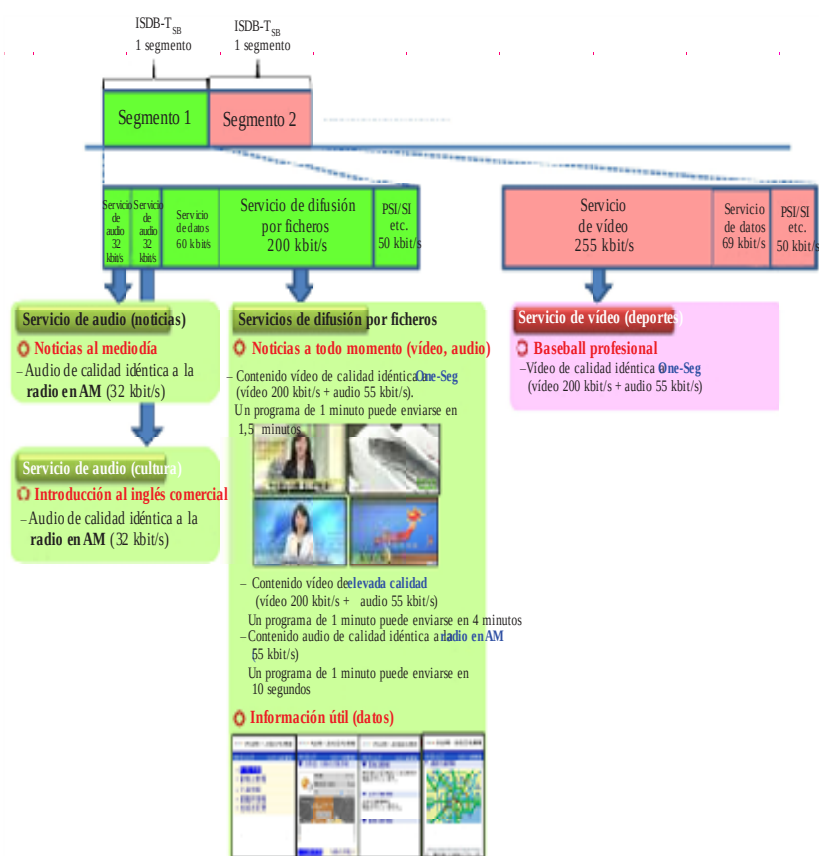
Las ventajas singulares ofrecidas por segmentos ISDB-T en un sistema de radiodifusión de multimedios facilitan la prestación de los siguientes servicios para terminales de mano.

9.5.8 Ejemplos de servicios de 1 ó 3 segmentos

Ejemplos de servicios. En la Figura 9.58 se muestran ejemplos de servicios de 1 segmento. Varios servicios de audio con datos, difusión por ficheros e informaciones PSI/SI son multiplexados en el segmento 1. Las PSI/SI comprenden dos tipos de guías electrónicas de programas (EPG): la EPG para servicios de audio y la EPG para servicios de difusión por ficheros. Los servicios de audio tienen la misma calidad que los programas de radio en AM (modulación de amplitud) (32 kbit/s). Las noticias, las previsiones meteorológicas y otras informaciones actualizadas son transmitidas por el servicio de difusión por ficheros. En cambio, el segmento 2 se puede utilizar para transmitir un servicio de vídeo cuya calidad es idéntica a la del servicio One-Seg.

FIGURA 9.58

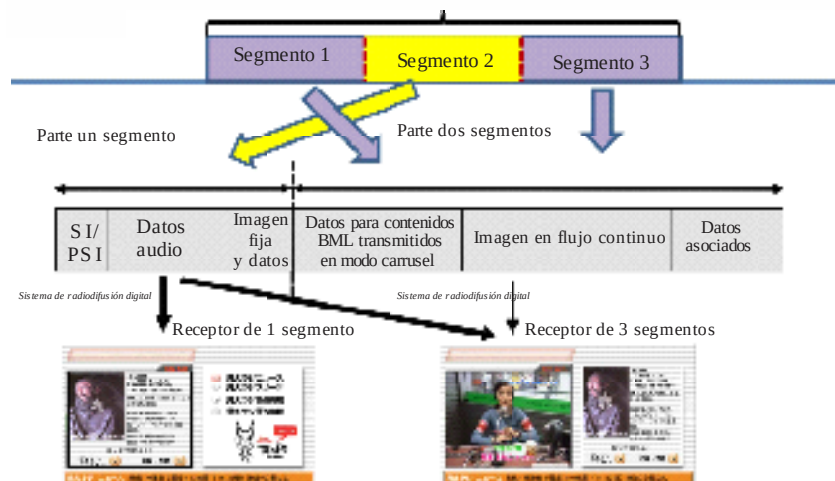
Ejemplo de servicio de 1 segmento



DTTB-09-58

Receptor de 1 segmento y receptor de 3 segmentos. En la Figura 9.59 se muestra un ejemplo de la diferencia de contenido visual observada entre un receptor de 1 segmento y un receptor de 3 segmentos. En este ejemplo, el programa del sistema ISDB-T_{SB} (3 segmentos) se compone de datos audio, imágenes en flujo continuo, PSI/SI y otros datos. Los datos audio, las imágenes fijas y la PSI/SI se transmiten en el segmento 2. Los datos para el contenido en lenguaje de etiquetado para la radiodifusión (BML) transmitidos en modo carrusel, las imágenes en flujo continuo y los datos asociados se transmiten en el segmento 1 y el segmento 3. Un receptor de 1 segmento puede recibir audio, imágenes fijas y datos (véase la parte superior de la Figura 9.59), mientras que un receptor de 3 segmentos puede recibir imágenes en flujo continuo, audio y contenido BML (véase la parte inferior de la Figura 9.59).

FIGURA 9.59
Relación entre un receptor de 3 segmentos y un receptor de 1 segmento
ISDB-T_{SB} de 3 segmentos



ISDB-T_{SB} de 3 segmentos

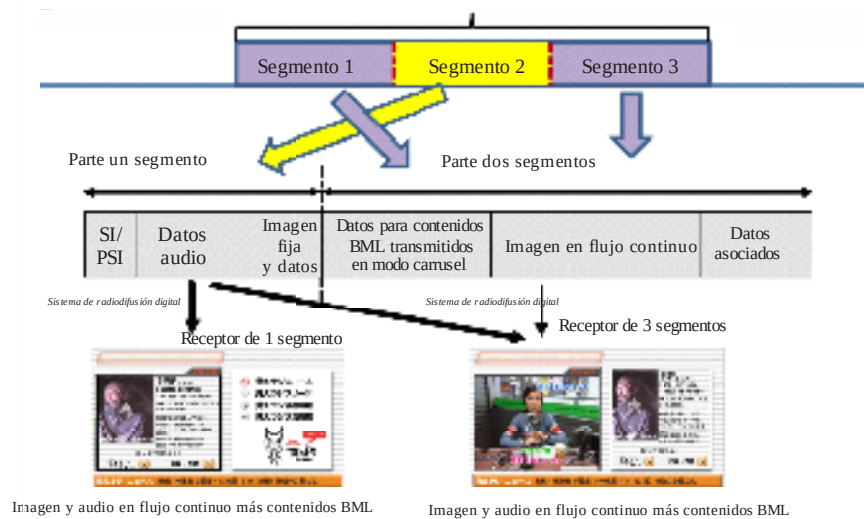


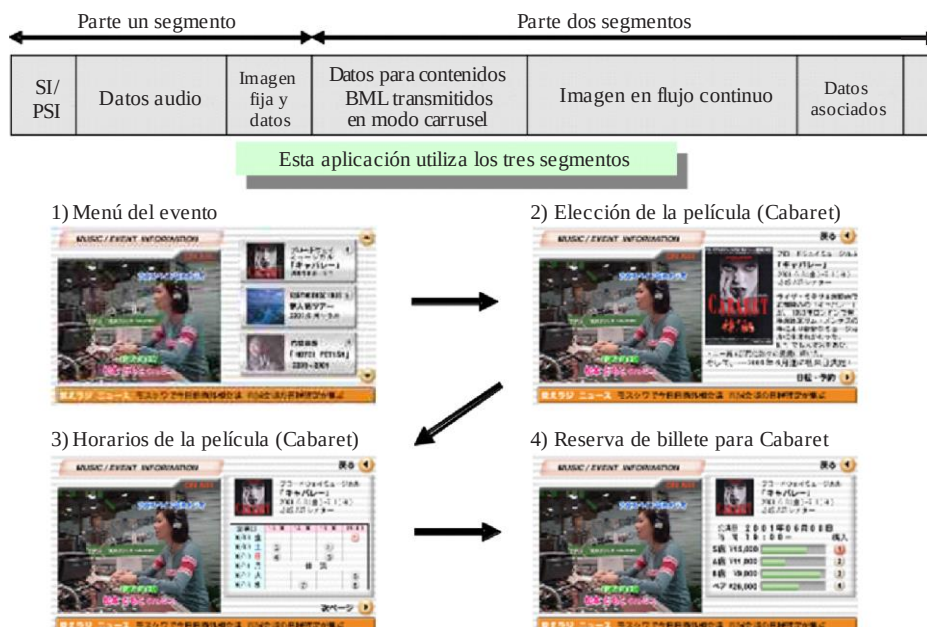
Imagen y audio en flujo continuo más contenidos BML

Imagen y audio en flujo continuo más contenidos BML

DTTB-09-59

Servicio de radiodifusión interactiva para receptor de mano conectado a una red de comunicación. Las aplicaciones interactivas también son importantes para los receptores de mano. En la Figura 9.60 se muestra un ejemplo utilizando la capacidad interactiva que ofrecen las redes de telecomunicaciones. En este caso, el menú del evento, la información sobre películas y los horarios de las películas se presentan utilizando contenidos BML transmitidos en modo carrusel. Asimismo, la reserva de billete se realiza por una red de comunicación.

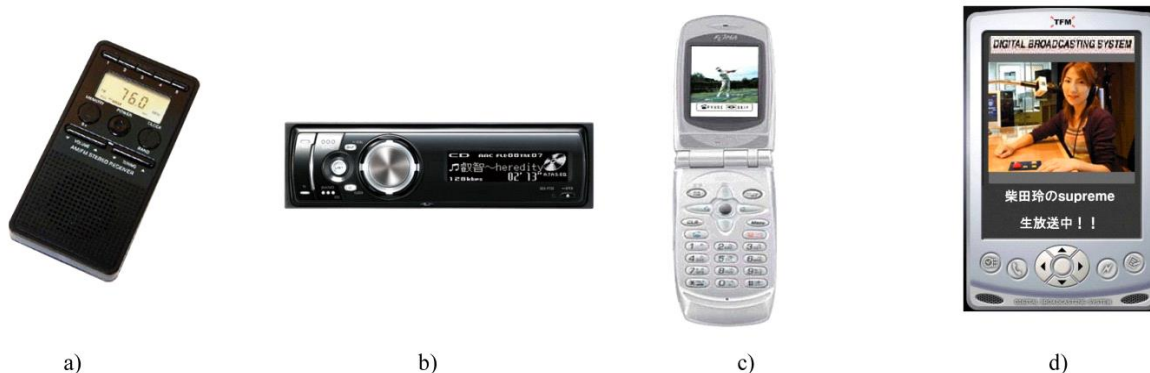
FIGURA 9.60

Ejemplo de aplicación de radiodifusión interactiva utilizando una red de comunicación

DTTB-09-60

Varios tipos de receptores portátiles y móviles. En la Figura 9.61 se muestran imágenes de receptores corrientes y una breve explicación sobre ellos.

FIGURA 9.61

Algunos tipos de receptores

DTTB-09-61

- a) Modelo sencillo de radio de bolsillo: recepción sonora únicamente.
- b) Radio de bolsillo/radio para automóviles con capacidad de visualización simplificada de pocas líneas de caracteres.
- c) Teléfono celular.
- d) Agenda digital personal (PDA).

En este Manual se tienen también en cuenta otros tipos de receptores.

- a) Receptor estereofónico de canal 5.1 para sistemas de sonido en automóviles.
- b) Receptor de sonido digital fijo para sistemas de sonido estéreo de alta fidelidad.

- c) Receptor de tarjeta PCMCIA para dispositivos de tipo caja abierta como las PDA y los ordenadores portátiles.

9.5.9 Ejemplos de servicios de 1 ó 13 segmentos

Un servicio corriente sería una combinación de difusión por ficheros y radiodifusión en tiempo real. En las Figuras 9.62 y 9.63 se muestran ejemplos de ambos casos.

FIGURA 9.62
Ejemplo de difusión por ficheros



DTTB-09-62

FIGURA 9.63
Ejemplo de radiodifusión multicanal en tiempo real

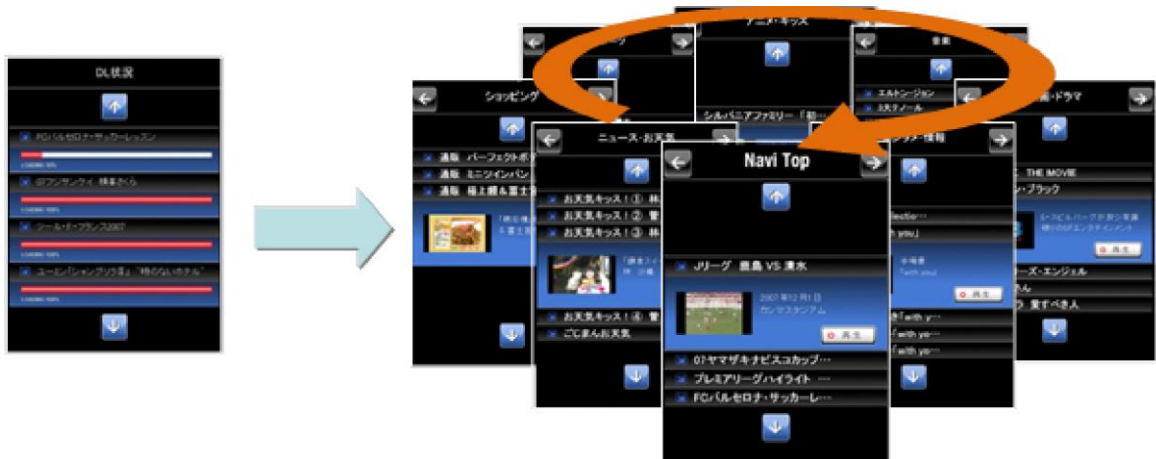


DTTB-09-63

Con un ordenador de bolsillo en condiciones de recibir la radiodifusión de multimedia ISDB-T, el usuario, gracias a la facilidad de navegación de ese dispositivo, puede acceder al servicio de radiodifusión en tiempo real y a los datos almacenados que ofrece la difusión por ficheros. En la Figura 9.64 se muestra un ejemplo de servicio de difusión por ficheros. Las imágenes a la izquierda y a la derecha de esta Figura indican respectivamente el porcentaje de descarga y las instrucciones de navegación para que el usuario pueda acceder a los datos.

FIGURA 9.64

Ejemplo de servicio de difusión por ficheros en un ordenador de bolsillo



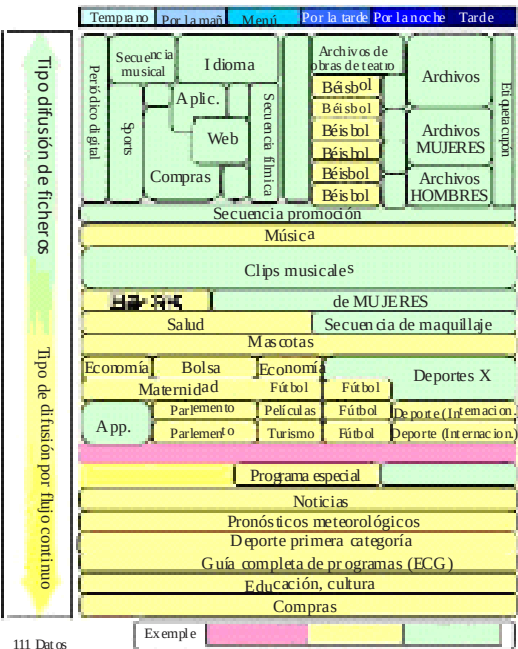
DTTB-09-64

En la Figura 9.65 se muestra un ejemplo de organización de programas. La radiodifusión de multimedia ISDB-T puede ofrecer una gran variedad de contenido, desde noticias, deportes y películas hasta música, novelas, precios de acciones bursátiles y juegos.

FIGURA 9.65

Ejemplos de organización de programas

Ejemplo de servicio de asignación



111 Datos

Exemple

Ejemplo de fácil navegación para acceder a contenidos



Ejemplo de servicio de difusión por ficheros



DTTB-09-65

9.6 Sistemas DTMB y DTMB-A

La DTMB (radiodifusión de multimedios terrenal digital) fue desarrollada y ratificada por la Administración de Normalización de la República Popular de China, como GB20600-2006 «Estructura de formación de trama, codificación de canal y modulación para el sistema de radiodifusión de televisión terrenal digital» [9.45].

El sistema DTMB se ha diseñado para asegurar un servicio de radiodifusión de vídeo, sonido y datos fiable y de calidad de funcionamiento elevada a todos los receptores fijos, portátiles, móviles y de mano. Gracias a la adopción de tecnologías como MDFO síncrona en el dominio del tiempo (TDS-MDFO) y códigos de corrección de errores concatenados que combinan el código de verificación de paridad de baja densidad (LDPC) y el código BCH, el sistema DTMB reúne las ventajas de gran eficacia en la utilización del espectro, amplia cobertura, alta movilidad y, además, puede combatir intensamente la interfaz multitrayecto.

El sistema DTMB reúne una amplia variedad de parámetros de transmisión tales como combinación del modo constelación, duración del intervalo de guardia, código de canal interno, etc. Como la interfaz de datos admitida por este sistema es flexible, se pueden transmitir todos los trenes de datos con una estructura TS, en particular MPEG-2, MPEG-4/H.264, AVS y DRA. Una vez aplicada la conversión, también se pueden admitir otras estructuras de datos. La norma DTMB puede admitir la recepción fija o móvil y la recepción en interiores o en exteriores de servicios de televisión de alta definición (TVAD), de televisión de definición normalizada (TVDN) o de multimedios. El ancho de banda del sistema DTMB utilizado en China es de 8 MHz, pero este sistema admite también anchos de banda de 6 MHz y 7 MHz. Por ello, se puede utilizar en diferentes países con modos de ancho de banda diferentes. Los datos y las figuras que se indican en esta sección corresponden al sistema con un ancho de banda de canal de 8 MHz.

Una variante más reciente y más eficaz del sistema DTMB es el sistema DTMB-Avanzada (DTMB-A), definido como Sistema E en [9.33]. La norma nacional correspondiente es la norma china GD/J 068-2015 «Estructura de formación de trama, codificación de canal y modulación para el sistema de radiodifusión de multimedios terrenal digital avanzada (DTMB-A)» [9.46]. Esta variante asegura mayor eficacia que el sistema DTMB respecto a la inmunidad al ruido y a las interferencias debido a los métodos de corrección de errores avanzada, de entrelazado y de correlación de constelaciones. Esas mejoras amplían las capacidades del sistema hasta la TVAD y la radiodifusión de datos con posibilidad de funcionar en redes monofrecuencia y multifrecuencia.

Puede hallarse una información más completa sobre la implantación de la DTTB en China en [9.162].

9.6.1 Modelo de arquitectura

En la Figura 9.66 se muestra un ejemplo de la pila de protocolos utilizada en el sistema DTMB. El protocolo básico para la transmisión de información audiovisual por medios físicos es el tren de transporte MPEG-2.

FIGURA 9.66
Ejemplo de pila de protocolos del sistema DTMB

Aplicación (reproducción, grabación, etc.)						
AVC MPEG-4	Vídeo MPEG-4	Audio MPEG-4	AC-3, DTS	Subtítulos, teletexto	EPG, ESG	
				PSI	SI	
PES MPEG-2			Sección MPEG-2			
Tren de transporte						
Capa física DTMB (LDPC, MAQ-M, etc.)						

La norma DTMB soporta una gama de velocidades binarias (es decir, velocidades de datos de carga útil del sistema) de 4,813 Mbit/s a 32,486 Mbit/s. En la planificación de frecuencias/redes es importante conocer las velocidades binarias necesarias para diferentes servicios. Puesto que la calidad de vídeo depende del algoritmo de compresión, la relación de compresión, el número de etapas en cascada de la compresión y la elección de la velocidad de datos deberían basarse en la consideración integral de la cadena completa de captura, grabación, edición y modulación.

Las velocidades binarias corrientes para normas de calidad de imagen y normas de codificación de vídeo y audio diferentes pueden consultarse en el Capítulo 3.

El sistema DTMB-A admite velocidades binarias más altas por canal de radiodifusión (hasta 49,31 Mbit/s en un canal de 8 MHz), con uno o varios conductos por canal para la aplicación del modo de codificación y modulación variables (VCM). Este tipo de protección diferenciada de servicios permite una mejor utilización de los canales para diferentes tipos de servicios (desde la recepción fija hasta la televisión móvil). Mejora además la calidad de servicio del sistema respecto al número de programas de televisión o multimedia por canal, o a la calidad audiovisual del contenido transmitido (dependiendo del compromiso del sistema requerido).

9.6.2 Principales tecnologías de los sistemas DTMB/DTMB-A

En comparación con otras normas de radiodifusión de televisión terrenal digital, en el sistema DTMB se adoptan las principales tecnologías siguientes para mejorar la calidad de funcionamiento del sistema:

Encabezamiento de trama PN: Para lograr la sincronización del sistema así como la estimación y la ecualización de canal, secuencias del código de ruido pseudoaleatorio (PN) especialmente diseñadas son insertadas como los intervalos de guarda en el sistema DTMB. Utilizando las secuencias PN, un receptor puede lograr una sincronización rápida y robusta, y una estimación de canal sumamente eficaz. La ecualización del dominio de la frecuencia es también muy simple. El encabezamiento de trama PN se puede utilizar además como secuencia de acondicionamiento en un ecualizador de dominio del tiempo. Debido a la ausencia de pilotos en el cuerpo de la trama de datos, aumenta también la eficacia del espectro en el sistema DTMB.

A continuación se describen con más detalle las ventajas que supone utilizar una secuencia PN y sus características:

- Se puede utilizar una secuencia PN insertada como el intervalo de guarda para lograr la sincronización del sistema y la estimación/ecualización de canal. De esa forma, no se necesitan pilotos y aumenta la eficacia del espectro.
- La secuencia PN se transmite con tecnología de espectro ensanchado: una autocorrelación perfecta y una ganancia de espectro ensanchado pueden hacer más robusta la sincronización. Por otra parte, la correlación se realiza en el dominio del tiempo y, por lo tanto, la sincronización será muy rápida.
- Una ventaja de la autocorrelación y la aleatoriedad de la secuencia PN conocida es que la estimación de canal del sistema DTMB sólo guarda relación con la trama en curso. Por ello, no será difícil cumplir los requisitos de la recepción móvil de alta velocidad.
- Puesto que en el receptor se tiene conocimiento de la secuencia PN, la interferencia causada por ella en el cuerpo de la trama puede eliminarse teóricamente mediante una operación de correlación efectuada después de la sincronización y la estimación de canal. Tras ese tratamiento, se puede obtener la misma señal del cuerpo de la trama con la señal MDFO rellena de ceros. Se ha comprobado teóricamente que la calidad de funcionamiento del sistema con intervalo de guarda relleno de ceros es idéntica a la del intervalo de guarda de extensión cíclica en las mismas condiciones del canal.

La supertrama DTMB-A contiene un canal de sincronización específico utilizado para la adquisición rápida de señal, la sincronización de temporización bruta y la estimación de desplazamiento de la frecuencia portadora. La información piloto es transmitida por el método MDP-2D en un símbolo MDFO con dos prefijos cíclicos.

Codificación avanzada de canales: Los códigos externos e internos utilizados en la norma DTMB son los códigos BCH y LDPC, respectivamente. La longitud de la palabra de código del código LDPC es de 7 488 bits. Hay tres velocidades de codificación FEC (BCH+LDPC) en el sistema: 0,4 (7488, 3008), 0,6 (7488, 4512) y 0,8 (7488, 6016). La velocidad de codificación 0,4 tiene la redundancia más alta pero la fiabilidad de transmisión más elevada. Sería conveniente aplicar este modo a canales con muchas perturbaciones. En cambio, una velocidad de codificación 0,8 tiene baja redundancia pero una capacidad de protección contra errores poco elevada. La velocidad de codificación 0,6 es una opción de compromiso.

El código BCH externo contribuye a la adaptación de la velocidad y reduce el nivel de errores del sistema. A través de pruebas experimentales se ha observado que el nivel de errores del sistema DTMB es inferior a 1×10^{-12} .

La protección contra errores en el sistema DTMB-A está basada también en los códigos LDPC/BCH, pero tiene una longitud de trama codificada diferente (una longitud de trama codificada de trama corta con 15 360 bits y una longitud de trama codificada de trama larga con 61 440 bits). Las posibles variantes de la velocidad de codificación son 1/2 (30 720, 30 512), 2/3 (40 960, 40 752) y 5/6 (51 200, 50 992) con corrección de errores de hasta 13 bits erróneos posible.

Protección de la información del sistema: La información del sistema es una parte importante de la trama de señal, que se transmite en los símbolos del cuerpo de la trama. Cada trama de señal contiene 36 símbolos de información del sistema que se utilizan para facilitar la información de demodulación y decodificación necesaria, incluidos modos de correlación de constelaciones, velocidades del LDPC, modos de entrelazado y opciones de subportadoras (portadora única o multiportadora). El receptor puede reconocer el modo del sistema utilizando la información del sistema automáticamente.

En los sistemas DTMB, la información del sistema se transmite utilizando la tecnología de espectro ensanchado de código Walsh para asegurar la recuperación fiable de la información del sistema en condiciones de utilización del canal rigurosas.

El sistema DTMB-A utiliza el código LDPC a una velocidad de 2/3 para la protección del canal de descripción de trama de sistema especial y la correlación MDP-4 para una mayor robustez.

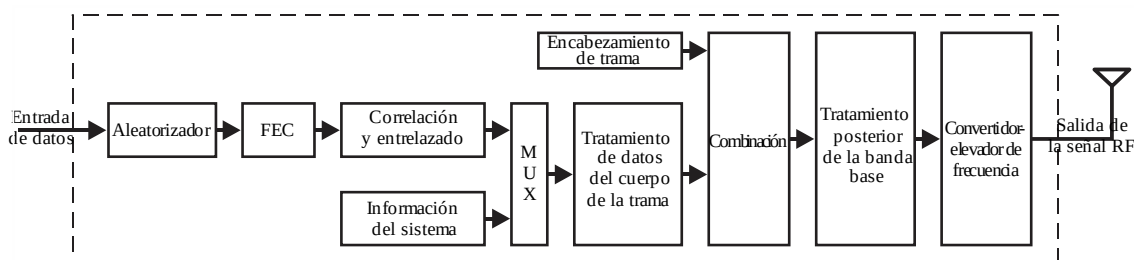
9.6.3 Capa física del sistema DTMB

En el sistema DTMB se aplicará secuencialmente al tren de datos de entrada el siguiente tratamiento en banda base:

- Aleatorización
- FEC
- Correlación de constelaciones
- Entrelazado
- Múltiplex de bloques de datos básicos e información del sistema
- Combinación del cuerpo de la trama y el encabezamiento de trama para formar la trama de señal
- Utilización del tratamiento posterior de la banda base para generar la señal de banda base

Tras este tratamiento, la señal de banda base será convertida-elevada a una señal RF en la banda de ondas métricas o decimétricas. En la Figura 9.67 se presenta el diagrama en bloques del sistema de transmisión DTMB.

FIGURA 9.67

Diagrama en bloques del sistema de transmisión DTMB

DTTB-09-67

Puesto que está diseñado para que los servicios de televisión terrenal digital funcionen en el marco de la actual atribución de espectro en ondas métricas y decimétricas a transmisiones analógicas, el sistema debe asegurar la suficiente protección contra niveles elevados de interferencia en el mismo canal (CCI) y de interferencia en el canal adyacente (ACI) causados por los servicios de televisión analógica existentes.

9.6.4 Calidad de funcionamiento del sistema DTMB

En resumen, se pueden elegir los siguientes parámetros en el sistema DTMB:

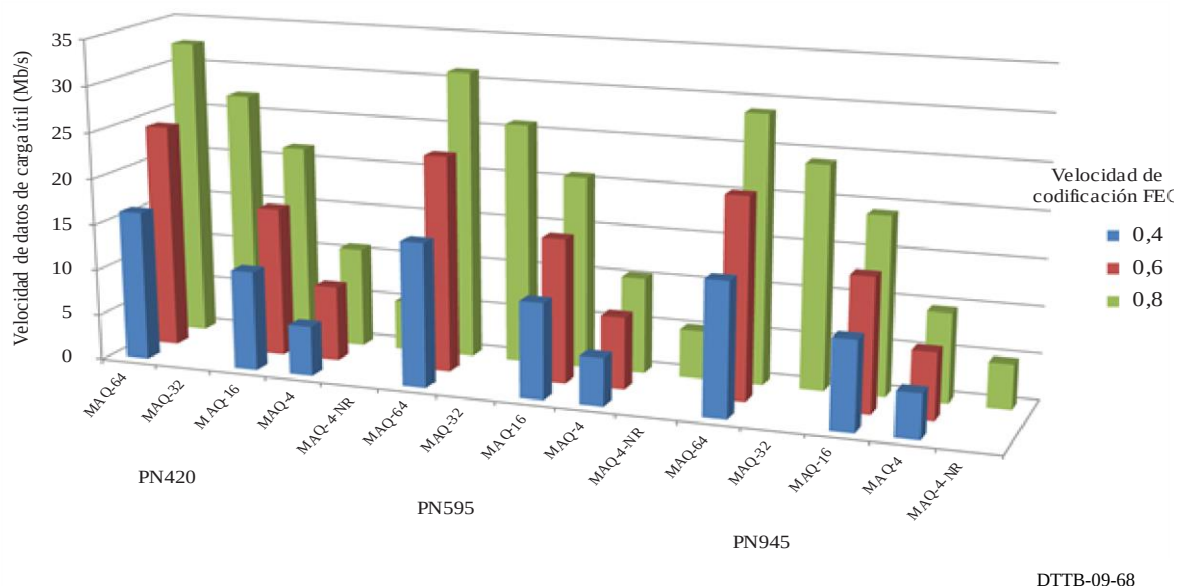
- Número de portadoras radiadas
 - DTMB: 1 portadora o 3 780 portadoras;
 - DTMB-A: 4 096, 8 192 ó 32 768 portadoras.
- Reducción de la relación entre potencia máxima y potencia media (PAPR) para DTMB-A: extensión de constelación activa (ACE) especial facultativa para la constelación MDAP.
- Velocidades de código de canal interno y de código FEC:
 - DTMB: 0,4: 3009/7488; 0,6: 4512/7488; 0,8: 6016/7488;
 - DTMB-A: 1/2, 2/3 y 5/6.
- Modos de constelación:
 - DTMB: MAQ-64: 6 bit/Hz, MAQ-32: 5 bit/Hz, MAQ-16: 4 bit/Hz, MAQ-4: 2 bit/Hz y MAQ-4-NR: 1 bit/Hz;
 - DTMB-A (específicos para cada canal de servicio): MDP-4: 2 bit/Hz, MDAP-16: 4 bit/Hz, MDAP-64: 6 bit/Hz, MDAP-256: 8 bit/Hz.
- Factor de caída del símbolo modulado en DTMB-A: 0,05 y 0,025.
- Duración del intervalo de guarda:
 - DTMB: 1/9: 55,6 μ s, 1/6: 78,7 μ s, 1/4: 125 μ s;
 - DTMB-A: 1/128, 1/64, 1/32, 1/16, 1/8 y 1/4 (dependiendo del modo MDFO y del factor de caída; para más detalles, véase [9.33]).
- Duración total del símbolo (trama de señal):
 - DTMB: 555,6 μ s, 578,7 μ s, 625 μ s;
 - DTMB-A: 610-4467 μ s (para más detalles, véase [9.33]).
- Cabecera de trama del sistema DTMB: 420, 595, 945 μ s.
- Profundidad de entrelazado en el dominio del tiempo para DTMB: 240, 720.
- Entrelazado específico para DTMB-A: Entrelazado de bits y permuta de bits, entrelazado de símbolos de modulación, entrelazado de tiempo para canal de servicio específico.
- Flexibilidad de DTMB-A: DTMB-A utiliza el concepto trama de extensión. La trama de extensión se puede utilizar como señales nulas o para servicios de enlace ascendente.

- Diversidad de transmisión de DTMB-A: En futuras mejoras de la calidad de funcionamiento del receptor, se podrán utilizar modos de una antena y dos antenas. El sistema DTMB-A utiliza una configuración MISO 2x1 opcional con codificación de Alamouti en el dominio espacio-frecuencia.

Estos parámetros podrán combinarse llegado el caso para indicar el compromiso necesario entre la inmunidad al ruido y la velocidad binaria neta en la red T-DMB.

En la norma DTMB se utilizan cinco modos de constelación diferentes para requisitos de transmisión diferentes, esto es, MAQ-64, MAQ-32, MAQ-16, MAQ-4 y MAQ-4-NR, con 6 bits, 5 bits, 4 bits, 2 bits y 1 bit por símbolo de constelación, respectivamente. Para la correlación MAQ-4-NR, que es equivalente al modo MAQ-4, se adopta la codificación NR antes de la correlación MAQ-4. En comparación con el modo de constelación MAQ-4 para el modo de encabezamiento de trama dado y velocidad de codificación FEC, la velocidad de datos de carga útil para MAQ-4-NR equivale a la mitad, MAQ-16 se duplica y para MAQ-64 se triplica la carga útil a la de la constelación MAQ-4, respectivamente. Para una velocidad de codificación FEC dada y las mismas condiciones de utilización del canal, la capacidad contra la interferencia de MAQ-4 es la mejor y la de MAQ-64, la más desfavorable. En la Figura 9.68 se indica la velocidad de carga útil del sistema DTMB para todos los modos.

FIGURA 9.68
Velocidades de datos de carga útil del sistema DTMB



Las constelaciones para el sistema DTMB-A están basadas en correlaciones MDP-4 y MDP-M ($M = 16, 64, 256$) con la posibilidad de un valor diferente de M seleccionado para cada subcanal (conducto) separado. Este tipo de operación se conoce como codificación y modulación variables (VCM) y es utilizada para la transmisión diferenciada de diferentes servicios. Se puede utilizar el modo estándar (sin transmisión diferenciada) para la modulación en codificación y modulación constantes (CCM).

La velocidad de codificación FEC 0,4 tiene la redundancia más alta y la mejor fiabilidad de transmisión. Este modo es adecuado para canales con muchas perturbaciones. En cambio, una velocidad de codificación FEC 0,8 tiene una redundancia más pequeña y una capacidad de protección contra errores más baja. El mismo concepto se aplica a las velocidades del LDPC en el sistema DTMB-A. En total, el sistema DTMB-A ofrece mejores características de error que el sistema DTMB, pero con algoritmos de sistema y requisitos de soporte físico más complejos.

En los sistemas DTMB, el encabezamiento de trama aplica secuencias PN, que pueden utilizarse para una sincronización rápida y una estimación/ecualización de canal muy eficaz. Hay tres opciones de longitud del encabezamiento de trama para tratar canales multitrayecto. Un encabezamiento de trama más largo puede ayudar a combatir ecos más largos, pero disminuirá la velocidad de datos de carga útil del sistema. El encabezamiento de trama más largo es adecuado para el funcionamiento de SFN de gran zona de cobertura.

La estructura de la supertrama del sistema DTMB-A es más compleja que la del sistema DTMB con un encabezamiento específico (llamado canal de sincronización). Esa complejidad tiene como finalidad aumentar la precisión de la sincronización del receptor y proporcionar medios adicionales para la identificación y el descubrimiento de la señal DTMB-A en un canal radioeléctrico. En el canal de sincronización, dos secuencias PN específicas tras la modulación MDP-2D son convertidas en el dominio del tiempo. Este método aumenta la fiabilidad del receptor.

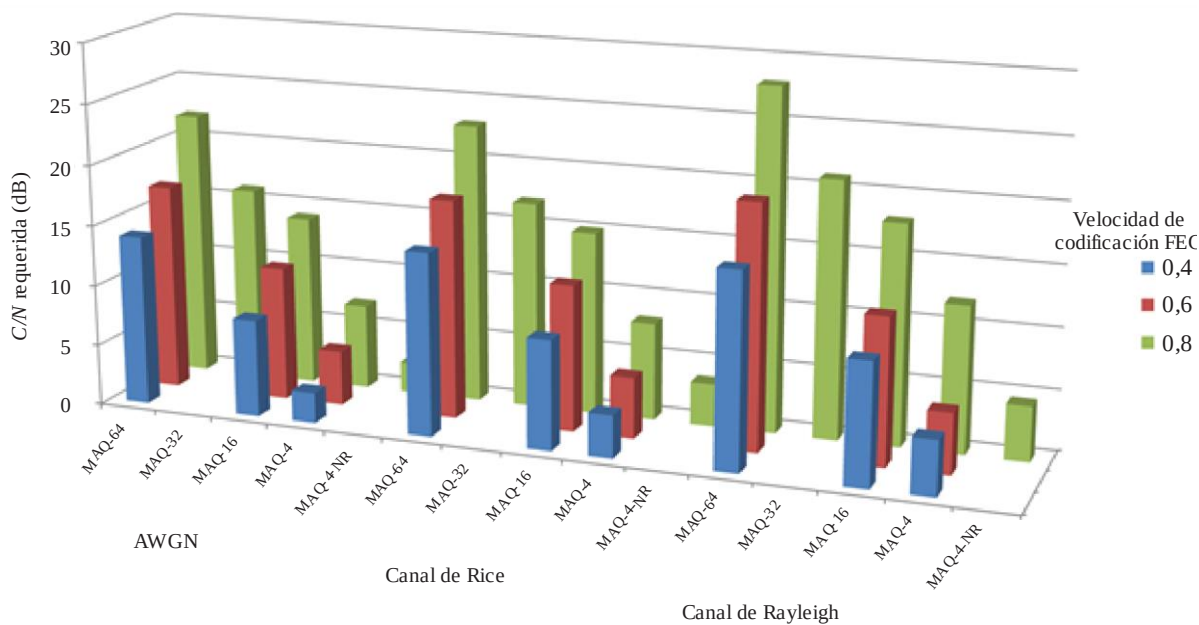
El entrelazado en el dominio del tiempo mejora la capacidad de combatir la interferencia causada por los impulsos. El entrelazado de símbolos en el dominio del tiempo se realiza en numerosos bloques de símbolos de datos. El entrelazado convolucional basado en símbolos de constelación se utiliza para el entrelazado en el dominio del tiempo. Hay dos modos de entrelazado en el dominio del tiempo con diferentes parámetros de profundidad de entrelazado M (capacidad de almacenamiento temporal del módulo de retardo básico) para el mismo número de ramas de entrelazado $B=52$. El modo con $M=720$ corresponde al entrelazado largo; $M=240$, al entrelazado corto. El modo de entrelazado largo es adecuado para grandes ráfagas de errores de transmisión. La interferencia de impulsos severa o el desvanecimiento por trayectos múltiples causarán grandes ráfagas de errores de transmisión.

Las etapas de entrelazado en el sistema DTMB-A son más complejas debido a bloques de datos de gran longitud y a la necesidad de una transmisión de datos fiable en condiciones de variación del canal en frecuencia y en tiempo. Hay tres etapas de entrelazado: entrelazado y permutación de bits después de la codificación FEC, entrelazado entre símbolos y en el interior del símbolo de símbolos MDP-4 o MDAP-M modulados y entrelazado de tiempo para la generación de conductos en modos servicio único y multiservicio.

Los sistemas DTMB y DTMB-A tienen una calidad de recepción satisfactoria, tanto en canales con ruido gaussiano blanco aditivo (AWGN) como en canales con desvanecimiento por trayectos múltiples, que pueden hallarse en situaciones de propagación por trayectos múltiples complicadas y en las SFN.

En la Figura 9.69 y el Cuadro 9.43 se ilustran los umbrales C/N para el sistema DTMB en canales AWGN, de Rice y de Rayleigh. En el Cuadro 9.44 se observan los umbrales C/N para el sistema DTMB-A en los mismos tres canales. En los Cuadros 9.45 y 9.46 se indican los canales de Rice y de Rayleigh, respectivamente, utilizados para obtener estas cifras.

FIGURA 9.69
Umbral C/N para el sistema DTMB



DTTB-09-69

CUADRO 9.43
Umbral C/N para el sistema DTMB

Constelación	Velocidad de codificación FEC	Umbral C/N (dB)		
		AWGN	Canal de Rice	Canal de Rayleigh
MAQ-4	0,4	2,5	3,5	4,5
MAQ-16	0,4	8,0	9,0	10,0
MAQ-64	0,4	14,0	15,0	16,0
MAQ-4	0,6	4,5	5,0	7,0
MAQ-16	0,6	11,0	12,0	14,0
MAQ-64	0,6	17,0	18,0	20,0
MAQ-4-NR	0,8	2,5	3,5	4,5
MAQ-4	0,8	7,0	8,0	12,0
1 MAQ-16	0,8	14,0	15,0	18,0
MAQ-32	0,8	16,0	17,0	21,0
MAQ-64	0,8	22,0	23,0	28,0

CUADRO 9.44

Umbral C/N para el sistema DTMB-A

Constelación	Velocidad de codificación FEC	Número de portadora	Longitud LDPC	Caudal (Mbit/s)	Umbral portadora/ruido (dB)		
					AWGN	Canal de Rice	Canal de Rayleigh
MDP-4	1/2	4K	61440	6,66	1,2	1,6	3,7
MDAP-64	2/3	4K	61440	26,69	13,3	14,1	16,8
MDAP-64	2/3	4K	15360	26,69	13,7	14,4	17,1
MDAP-256	2/3	32K	61440	39,41	17,9	18,2	21,2
MDAP-256	5/6	32K	61440	49,31	22,4	22,8	27,4

CUADRO 9.45

Modelo de canal de Rice para el sistema DTMB

Trayecto	Amplitud relativa (dB)	Retardo (μ s)	Fase (grado)
Trayecto principal	0	0	0
Eco 1	-19,2	0,518650	336,0
Eco 2	-36,2	1,003019	278,2
Eco 3	-26,4	5,422091	195,9
Eco 4	-21,8	2,751772	127,0
Eco 5	-23,1	0,602895	215,3
Eco 6	-35,6	1,016585	311,1
Eco 7	-27,9	0,143556	226,4
Eco 8	-26,1	3,324886	330,9
Eco 9	-19,3	1,935570	8,8
Eco 10	-22,0	0,429948	339,7
Eco 11	-20,5	3,228872	174,9
Eco 12	-23,0	0,848831	36,0
Eco 13	-24,3	0,073883	122,0
Eco 14	-26,7	0,203952	63,0
Eco 15	-27,9	0,194207	198,4
Eco 16	-23,8	0,924450	210,0
Eco 17	-30,1	1,381320	162,4
Eco 18	-24,5	0,640512	191,0
Eco 19	-23,1	1,368671	22,6

CUADRO 9.46

Modelo de canal de Rayleigh para el sistema DTMB

Trayecto	Amplitud relativa (dB)	Retardo (μ s)	Fase (grado)
1	-7,8	0,518650	336,0
2	-24,8	1,003019	278,2
3	-15,0	5,422091	195,9
4	-10,4	2,751772	127,0
5	-11,7	0,602895	215,3
6	-24,2	1,016585	311,1
7	-16,5	0,143556	226,4
8	-25,8	0,153832	62,7
9	-14,7	3,324886	330,9
10	-7,9	1,935570	8,8
11	-10,6	0,429948	339,7
12	-9,1	3,228872	174,9
13	-11,6	0,848831	36,0
14	-12,9	0,073883	122,0
15	-15,3	0,203952	63,0
16	-16,5	0,194207	198,4
17	-12,4	0,924450	210,0
18	-18,7	1,381320	162,4
19	-13,1	0,640512	191,0
20	-11,7	1,368671	22,6

Para la recepción móvil, la elección de los modos de correlación y las velocidades de codificación FEC dependen de la calidad de funcionamiento del sistema en el canal multitrayecto dinámico con desplazamiento de frecuencia debido al efecto Doppler. La C/N requerida y el desplazamiento de frecuencia debido al efecto Doppler correspondiente en un canal dinámico para combinaciones de modos de correlación de constelaciones y velocidades de codificación FEC para el sistema DTMB se indican en el Cuadro 9.47, donde $(C/N)_{\min}$ es la C/N mínima para la recepción normal cuando la frecuencia Doppler es de 70 Hz, la frecuencia Doppler correspondiente es la frecuencia Doppler máxima para la recepción normal cuando la C/N es 3 dB más alta que la $(C/N)_{\min}$. En el Cuadro 9.48 se indica el modelo de canal dinámico.

CUADRO 9.47

Calidad de funcionamiento del sistema DTMB en un canal dinámico

Constelación	Velocidad de codificación FEC	$f_d = 70$ Hz (C/N) _{min} (dB)	f_d (Hz) para (C/N) _{min} + 3 dB	Velocidad (km/h) para (C/N) _{min} + 3 dB			
				65 MHz	200 MHz	500 MHz	700 MHz
MAQ-4	0,4	6	62	2692	875	350	250
MAQ-16	0,4	12	134	2226	724	290	207
MAQ-4	0,6	10	148	2459	799	320	228
MAQ-16	0,6	17	116	1927	626	251	179
MAQ-4-NR	0,8	6	162	2692	875	350	250
MAQ-4	0,8	14	123	2044	664	266	190

CUADRO 9.48

Modelo de canal dinámico para el sistema DTMB

	Ganancia (dB)	Retardo (μs)	Tipo Doppler
1	-3	0	Rice
2	0	0,2	Rice
3	-2	0,5	Rice
4	-6	1,6	Rice
5	-8	2,3	Rice
6	-10	5,0	Rice

Calidad de funcionamiento del sistema DTMB-A: La C/N requerida en un canal AWGN del sistema DTMB-A corresponde a la gama 0,62-21,08 dB para diferentes combinaciones de modulación (MDP-4, MDAP-M) y códigos de canal (1/2, 2/3, 5/6). Estos valores se aplican a una $BER = 1 \times 10^{-5}$ y un ancho de banda de 7,56 MHz. En «*Field test report of Evolution System for DTMB*» [9.47] puede hallarse información adicional relativa a la calidad de funcionamiento del sistema DTMB-A.

9.6.5 Resumen de los parámetros del sistema

En el Cuadro 9.49 se resumen las características del sistema DTMB (véase también [9.43]) y en el Cuadro 9.50, las características del sistema DTMB-A.

CUADRO 9.49

Principales características del sistema DTMB

Características	DTMB
Modos de recepción: – Fija – Portátil – Portátil en dispositivos de mano – Móvil	+ + + +
Velocidades de datos netas	Según modulación, código y encabezamiento de trama a) 3,610-24,436 Mbit/s b) 4,211-28,426 Mbit/s c) 4,813-32,486 Mbit/s
Eficacia del espectro (bit/s/Hz)	0,64-4,30
Redes monofrecuencia	Admitidas
Tipos de radiodifusión: – sonora – multimedios – televisión	+ +
Tipos de datos/servicios de transmisión	Vídeo, audio, datos
Bandas de frecuencias	Ondas métricas, ondas decimétricas
Ancho de banda de canal	a) 6 MHz b) 7 MHz c) 8 MHz
Ancho de banda utilizado	a) 5,67 MHz b) 6,62 MHz c) 7,56 MHz
Número de segmentos	1
Número de subportadoras por segmento	1 (modo portadora única), 3 780 (modo multiportadora)
Separación entre portadoras	Modo multiportadora: a) 1,5 kHz b) 1,75 kHz c) 2,0 kHz
Duración activa de un símbolo	a) 0,176 μ s (modo portadora única) 666,67 μ s (modo multiportadora) b) 0,151 μ s (modo portadora única) 571,43 μ s (modo multiportadora) c) 0,132 μ s (modo portadora única) 500 μ s (modo multiportadora)
Duración/relación del intervalo de guarda	Encabezamiento de trama 1/9, 1/6, 1/4 del cuerpo de la trama: a) 74,07, 104,94, 166,67 μ s b) 63,49, 89,95, 142,86 μ s c) 55,56, 78,70, 125,00 μ s
Duración de trama	a) 740,74, 771,60, 833,33 μ s b) 634,92, 661,38, 714,29 μ s c) 555,56, 578,70, 625,00 μ s
Sincronización de tiempo/frecuencia	Secuencia PN como encabezamiento de la trama de señal
Métodos de modulación	MAQ-4-NR, MAQ-4, MAQ-16, MAQ-32, MAQ-64
FEC interna	Código LDPC 0,4 (7 488, 3 008), 0,6 (7 488, 4 512), 0,8 (7 488, 6 016)
Entrelazado interno	En el dominio de la frecuencia en el interior de una trama de señal (modo multiportadora)
FEC externa	BCH (762, 752) obtenida de BCH (1 023, 1 013)
Entrelazado externo	Entrelazado convolucional en el dominio del tiempo, número de ramas de entrelazado B = 52, profundidad de entrelazado M = 240, 720
Aleatorización de datos/dispersión de energía	PRBS
Transmisión jerárquica	–
Señalización de parámetros de transmisión	Transportada por 36 símbolos de información del sistema por trama de señal

CUADRO 9.50

Principales características del sistema DTMB-A

Características	DTMB-A
Modos de recepción: – Fija – Portátil – Portátil en dispositivos de mano – Móvil	+ + + +
Velocidades de datos netas	Según modulación, código y encabezamiento de trama: a) 3,75-37 Mbit/s b) 4,38-43,1 Mbit/s c) 5,0-49,31 Mbit/s
Eficacia del espectro (bit/s/Hz)	2-8 (sin codificación FEC)
Redes monofrecuencia	Admitidas
Tipos de radiodifusión: – sonora – multimedios – televisión	+ +
Tipos de datos/servicios de transmisión	Vídeo, audio, data
Bandas de frecuencias	ondas métricas, ondas decimétricas
Ancho de banda de canal	a) 6 MHz b) 7 MHz c) 8 MHz
Ancho de banda utilizado	a) 5,67 MHz (factor de caída de 0,05); 5,83 MHz (factor de caída de 0,025) b) 6,62 MHz (factor de caída de 0,05); 6,81 MHz (factor de caída de 0,025) c) 7,56 MHz (factor de caída de 0,05); 7,78 MHz (factor de caída de 0,025)
Número de segmentos	Configurable
Número de subportadoras por segmento	4096 (modo 4k), 8192 (modo 8k), 32678 (modo 32K)
Separación entre portadoras (véase Nota 1)	a) 1 846 Hz con factor de caída de 0,05, 1 899 Hz con factor de caída de 0,025 b) 923 Hz con factor de caída de 0,05, 949 Hz con factor de caída de 0,025 c) 231 Hz con factor de caída de 0,05, 237 Hz con factor de caída de 0,025
Duración activa de un símbolo (véase Nota 1)	a) 541,80 μ s con factor de caída de 0,05, 526,63 μ s con factor de caída de 0,025 b) 1444,80 μ s con factor de caída de 0,05, 1404,34 μ s con factor de caída de 0,025 c) 5779,19 μ s con factor de caída de 0,05, 5617,37 μ s con factor de caída de 0,025
Duración/relación del intervalo de guarda (véase Nota 1)	a) 1/8, 1/4, 1/2: 67,7, 135, 271 μ s con factor de caída de 0,05 65,8 μ s, 132 μ s, 263 μ s con factor de caída de 0,025 b) 1/16, 1/8, 1/4: 67,7, 135, 271 μ s con factor de caída de 0,05 65,8 μ s, 132 μ s, 263 μ s con factor de caída de 0,025 c) 1/64, 1/32, 1/16: 67,7, 135, 271 μ s con factor de caída de 0,05 65,8 μ s, 132 μ s, 263 μ s con factor de caída de 0,025

CUADRO 9.50 (fin)

Características	DTMB-A
Duración de supertrama	La supertrama comienza por un canal de sincronización de supertrama y un canal de control para la señalización de canales de servicio. Cada supertrama tiene un número configurable de tramas de señal de datos, de una duración máxima de 250 μ s
Sincronización de tiempo/frecuencia	Canal de sincronización de supertrama y símbolos PN-MC duales de cada trama de señal
Métodos de modulación	MDP-4, MDAP-16, MDAP-64, MDAP-256 específicas para cada canal de servicio
FEC interna	Código LDPC 1/2 (30720, 30512), 2/3 (40960, 40752) y 5/6 (51200, 50992)
Entrelazado interno	Entrelazado de bits y permutación de bits para cada canal de servicio
FEC externa	Código BCH con tamaños de bloque de 61 440 ó 15 360 bits
Entrelazado externo	Entrelazado de tiempo por separado para cada canal de servicio
Aleatorización de datos/dispersión de energía	PRBS
Transmisión jerárquica	—
Señalización de parámetros de transmisión	La señalización del canal de servicio se transporta por el canal de control de la supertrama. La longitud de la trama de señal para el canal de control es de 4 096 y la longitud del símbolo PM-MC es de 1 024, con modulación MDP-4 y codificado en 15 360 bits con código LDPC de 2/3 con eliminación de bits de paridad para una señal MDFO

NOTA 1 –Los valores indicados corresponden a un ancho de banda de 8 MHz. Para otros anchos de banda, véase [9.33].

9.6.6 Balance de enlace

Los criterios de planificación de los sistemas DTMB y DTMB-A se describen como Sistemas D y E en [9.42].

En los Cuadros 9.51 y 9.52 se observan los balances de enlace típicos de los sistemas DTMB y DTMB-A.

CUADRO 9.51

Valor mediano mínimo de la densidad de flujo de potencia y valor mediano mínimo de la intensidad de campo equivalente en la banda IV para probabilidades de emplazamientos del 70% y del 95%

(Condiciones de recepción: fija en exteriores, zonas urbanas, banda IV)

Frecuencia	f (MHz)	500				
C/N mínima requerida por sistema	C/N (dB)	2	8	14	20	26
Potencia mínima de la señal a la entrada del receptor	$P_{s\text{ mín}}$ (dBW)	-126,2	-120,2	-114,2	-108,2	-102,2
Tensión mínima equivalente a la entrada del receptor (75 Ω)	$U_{s\text{ mín}}$ (dB μ V)	13	19	25	31	37
Pérdidas en el cable	L_f (dB)	3				
Ganancia de la antena relativa al dipolo de media onda	G (dBd)	10				
Abertura efectiva de la antena	A_a (dBm ²)	-3,3				
Densidad de flujo de potencia mínima en el emplazamiento de recepción	$\Phi_{\text{mín}}$ (dBW/m ²)	-119,9	-113,9	-107,9	-101,9	-95,9
Intensidad de campo mínima equivalente en el emplazamiento de recepción	$E_{\text{mín}}$ (dB μ V/m)	26	32	38	44	50
Margen para el ruido artificial	P_{mmn} (dB)	0				
Pérdidas debida a la altura	L_h (dB)	0				
Probabilidad de emplazamientos: 70%						
Factor de corrección de emplazamientos	C_l (dB)	2,9				
Valor mediano mínimo de la densidad de flujo de potencia a 10 m sobre el nivel del suelo para el 50% del tiempo y el 50% de emplazamientos	Φ_{med} (dBW/m ²)	-117,0	-111,0	-105,0	-99,0	-93,0
Valor mediano mínimo de la intensidad de campo equivalente a 10 m sobre el nivel del suelo para el 50% del tiempo y 50% de emplazamientos	E_{med} (dB μ V/m)	29	35	41	47	53
Probabilidad de emplazamientos: 95%						
Factor de corrección de emplazamientos	C_l (dB)	9				
Valor mediano mínimo de la densidad de flujo de potencia a 10 m sobre el nivel del suelo para el 50% del tiempo y el 50% de emplazamientos	Φ_{med} (dBW/m ²)	-110,9	-104,9	-98,9	-92,9	-86,9
Valor mediano mínimo de la intensidad de campo equivalente a 10 m sobre el nivel del suelo para el 50% del tiempo y 50% de emplazamientos	E_{med} (dB μ V/m)	35	41	47	53	59

CUADRO 9.52

Valor mediano mínimo de la densidad de flujo de potencia y valor mediano mínimo de la intensidad de campo equivalente en la banda V para probabilidades de emplazamientos del 70% y del 95%

(Condiciones de recepción: fija en exteriores, zonas urbanas, banda V)

Frecuencia	f (MHz)	700				
C/N mínima requerida por sistema	C/N (dB)	2	8	14	20	26
Potencia mínima de la señal a la entrada del receptor	P_s mín (dBW)	-126,2	-120,2	-114,2	-108,2	-102,2
Tensión mínima equivalente a la entrada del receptor (75 Ω)	U_s mín (dB μ V)	13	19	25	31	37
Pérdidas en el cable	L_f (dB)	5				
Ganancia de la antena relativa al dipolo de media onda	G (dBd)	12				
Abertura efectiva de la antena	A_a (dBm ²)	-4,2				
Densidad de flujo de potencia mínima en el emplazamiento de recepción	$\Phi_{\text{mín}}$ (dBW/m ²)	-117,0	-111,0	-105,0	-99,0	-93,0
Intensidad de campo mínima equivalente en el emplazamiento de recepción	$E_{\text{mín}}$ (dB μ V/m)	29	35	41	47	53
Margen para el ruido artificial	P_{mmn} (dB)	0				
Pérdidas debida a la altura	L_h (dB)	0				
Probabilidad de emplazamientos: 70%						
Factor de corrección de emplazamientos	C_i (dB)	2,9				
Valor mediano mínimo de la densidad de flujo de potencia a 10 m sobre el nivel del suelo para el 50% del tiempo y el 50% de emplazamientos	Φ_{med} (dBW/m ²)	-114,1	-108,1	-102,1	-96,1	-90,1
Valor mediano mínimo de la intensidad de campo equivalente a 10 m sobre el nivel del suelo para el 50% del tiempo y 50% de emplazamientos	E_{med} (dB μ V/m)	32	38	44	50	56
Probabilidad de emplazamientos: 95%						
Factor de corrección de emplazamientos	C_i (dB)	9				
Valor mediano mínimo de la densidad de flujo de potencia a 10 m sobre el nivel del suelo para el 50% del tiempo y el 50% de emplazamientos	Φ_{med} (dBW/m ²)	-108,0	-102,0	-96,0	-90,0	-84,0
Valor mediano mínimo de la intensidad de campo equivalente a 10 m sobre el nivel del suelo para el 50% del tiempo y 50% de emplazamientos	E_{med} (dB μ V/m)	38	44	50	56	62

En la norma GB/T2666-2011 «*Implementation Guidelines for transmission system of digital terrestrial television broadcasting*» (Directrices de aplicación para el sistema de transmisión de radiodifusión de televisión terrenal digital) [9.184] se describe en detalle la metodología para establecer el balance de enlace en diferentes modalidades de implantación de redes.

9.6.7 Ejemplos de utilización del sistema DTMB

En numerosas ciudades del territorio continental de China, entre ellas Beijing y Shanghai, ya se han implantado redes de radiodifusión DTMB. Este sistema también se utiliza en otros países como, por ejemplo, Cuba, Laos, Camboya, Hong Kong y Macao. Para adaptarse a sus necesidades, los organismos de radiodifusión han optado por parámetros y modos de transmisión diferentes.

Red DTMB de Beijing: Hay 4 canales radioeléctricos en Beijing. En el canal con frecuencia central de 666 MHz, con una velocidad binaria total de 21,658 Mbit/s, se transmiten 6 programas de definición normalizada (DN). Los canales centrados en 674 MHz y 482 MHz transmiten sendos programas de alta definición (AD). La velocidad binaria es de 20,791 Mbit/s. Estos tres canales utilizan MAQ-16 y una velocidad de codificación FEC 0,8, en tanto que el encabezamiento de trama del sistema es diferente. Todos los programas están codificados en MPEG2. Otro canal, centrado en 546 MHz, está consagrado a la recepción móvil; transmite 5 programas DN codificados con compresión de norma audiovisual (AVS).

Red DTMB de Hong Kong: Utiliza una constelación MAQ-64, con una velocidad de codificación FEC 0,6 y 945 PN como encabezamiento de trama, y una velocidad de datos de 21,658 Mbit/s en todos los canales.

Para atender a diferentes necesidades de los usuarios y economizar recursos de banda inalámbrica, se transmite una combinación flexible de programas AD y DN en un solo canal. Por ejemplo, el canal de 586 MHz transmite 1 programa AD y 2 programas DN, mientras que el canal de 602 MHz transmite 1 programa AD y 3 programas DN. El modo SFN se implementa en ambos canales indicados, cuyos programas, en su totalidad, están codificados en H.264.

El modo MFN también se aplica en Hong Kong, transmitiéndose varios programas con codificación H.264 en esos canales.

Red DTMB de Shanghai: En Shanghai, el canal con frecuencia central de 802 MHz utiliza MAQ-32, velocidad de codificación FEC 0,8 y encabezamiento de trama de 595 PN. La velocidad binaria es de 25,989 Mbit/s. Se utiliza la tecnología de codificación de vídeo AVS: se transmiten simultáneamente 16 programas DN como máximo.

En el canal de 706 MHz se utiliza una combinación de parámetros de MAQ-16, velocidad de codificación FEC 0,6, encabezamiento de trama de 945 PN y velocidad binaria de 14,438 Mbit/s. Este canal es utilizado principalmente para aplicaciones comerciales, como televisión móvil, televisión en edificios y subterráneos, tableros electrónicos de anuncios para autobuses (*electronic bus-boards*) y servicio de difusión de datos. Algunos de los programas se transmiten con CA. En este canal se utilizan diferentes sistemas de codificación de vídeo, entre ellos MPEG-2 y AVS.

9.7 Radiodifusión de Multimedia Terrenal Digital (T-DMB)

La radiodifusión de multimedia terrenal digital (T-DMB) es el sistema ampliado compatible con el sistema de Radiodifusión Sonora Digital A, que permite la prestación de servicios de vídeo utilizando redes T-DAB para receptores de mano en un entorno móvil. En [9.35] se denomina Sistema Multimedia A.

El sistema T-DMB puede dar cobertura a una amplia zona con un solo transmisor debido a que, por lo general, se utiliza la banda de ondas métricas que requiere una intensidad de campo utilizable relativamente más baja. La intensidad de campo poco elevada requiere, por consiguiente, una potencia del transmisor menor y reduce el costo de mantenimiento. Si ya se han instalado redes T-DAB únicamente para servicios de audio, se pueden utilizar redes T-DMB sin necesidad de reemplazar los transmisores T-DAB. Para disponer de aplicaciones de vídeo y de datos, así como de vídeo digital, hay que instalar sólo un multiplexor de conjunto, incluido un codificador de vídeo. Puede resultar económico prestar servicios T-DMB por transmisores T-DAB. El sistema T-DMB proporciona servicios multimedia además de servicios de audio.

9.7.1 Modelo de arquitectura y modelo de pila de protocolos

En el Cuadro 9.53 se presenta la pila de protocolos del sistema T-DMB.

CUADRO 9.53

Pila de protocolos del sistema T-DMB

Visualización e interacción del usuario				
Composición y reproducción				
Capa de compresión (AVC MPEG-4, ER-BSAC MPEG-4 o HE AAC MPEG-4)	Descriptor de objeto	Información de descripción de escena	Datos de objetos audiovisuales	Información ascendente
Encapsulado (capa de sincronización MPEG-4)				
Capa de suministro		TS (PES) MPEG-2		
Codificación externa (código RS y entrelazador)				
Modo tren de T-DAB (ETSI EN 300 401)				

El servicio multimedia se compone de tres capas: la capa de compresión de contenido, la capa de sincronización y la capa de transporte. La compresión de vídeo utiliza AVC MPEG-4; los datos de audio pueden codificarse utilizando ER-BSAC MPEG-4, HE-AAC MPEG-4 o MUSICAM.

Los contenidos MPEG-4 son encapsulados por el TS MPEG-2, como se indica en el Cuadro 9.53. Para sincronizar el contenido audiovisual, en el tiempo y en el espacio, se aplica la norma ISO/CEI 14496-1 SL (*Sync Layer*) en la capa de sincronización. En la capa de transporte indicada en la norma ETSI TS 102 428 [9.138] se aplican algunas restricciones adecuadas para la multiplexación de datos audiovisuales comprimidos. Véanse las Recomendaciones UIT-R BT.1833 [9.35], UIT-R BT.2016 [9.139], UIT-R BT.2054 [9.23] y UIT-R BT.2055 [9.122], así como el Informe UIT-R BT.2049 [9.132].

La información de estos servicios audiovisuales es multiplexada en un TS MPEG-2, aplicándose la codificación de canal externo del código Reed-Solomon para obtener una recepción de vídeo de buena calidad (con respecto al mecanismo de protección contra errores, véase la norma ETSI TS 102 427 [9.140]). Pueden hallarse otras informaciones útiles sobre el sistema T-DMB en [9.164-9.175].

9.7.2 Principales tecnologías

Las principales tecnologías del sistema T-DMB son la implementación de servicios de vídeo por el transmisor T-DAB y la corrección de errores adicional para una recepción fiable.

Compatibilidad con el sistema DAB (EN 300 401) [9.141]

- Puesto que es totalmente compatible con versiones anteriores del sistema DAB, el sistema T-DMB se puede instalar utilizando la infraestructura de transmisión DAB existente sin introducir ninguna modificación.
- El servicio de vídeo T-DMB puede coexistir con los servicios de radiocomunicaciones DAB utilizando MUSICAM, ER-BSAC MPEG-4 o HE AAC MPEG-4 en el mismo conjunto.

Sólida protección contra errores directa para una recepción robusta en entornos móviles de alta velocidad

- El sistema T-DMB aplica un método adicional de corrección de errores directa para garantizar la recepción móvil de alta velocidad de la señal de vídeo.
- Gracias a la utilización de dos consabidos mecanismos de protección contra errores para el sistema de televisión digital, el código RS y el entrelazador convolucional, se puede obtener una recepción estable del servicio T-DMB incluso en un tren de alta velocidad a 300 km por hora.

Sistema multimedia con una utilización eficaz de bits

- El sistema T-DMB se basa en tecnologías de compresión de multimedia eficaces, como las normas ISO/CEI 14496-10 AVC e ISO/CEI 14496-3 ER-BSAC o ISO/CEI 14496-3 HE AAC, para optimizar el número de servicios de vídeo en un conjunto [9.142-9.143].
- Mecanismos de encapsulado y multiplexación cuidadosamente diseñados que se basan en trenes en paquetes SL de ISO/CEI 14496-1 [9.144] y TS MPEG-2 de ISO/CEI 13818-1 [9.7] añaden una sobrecarga mínima al empaquetado y la multiplexación.

9.7.3 Capas física y de enlace

El sistema T-DMB proporciona servicios multimedia, en particular vídeo, audio, datos auxiliares y servicios interactivos, a través del sistema T-DAB descrito en la Recomendación UIT-R BS.1114 [9.145]. El sistema T-DMB, una extensión del sistema T-DAB, utiliza las mismas capas física y de enlace que este último y puede ofrecer servicios interactivos en conexión con las redes móviles mediante la utilización de protocolos IP, como MOT, IPDC y otros.

9.7.4 Calidad de funcionamiento del sistema

Hay un compromiso entre calidad de funcionamiento y capacidad. La calidad de funcionamiento del sistema depende de la FEC, el tamaño de la FFT y la banda de frecuencias utilizada. El sistema T-DMB es más fiable cuando funciona en la banda de ondas métricas que cuando funciona en la banda de ondas decimétricas, pues la banda de ondas métricas requiere intensidades de campo más bajas que la banda de ondas decimétricas.

La recepción casi sin errores (QEF) del servicio de vídeo requiere las características de la BER de 1×10^{-8} después del decodificador. Es posible que el sistema T-DMB obtenga una recepción de vídeo estable si se aplican el código externo Reed-Solomon (188, 204) y el entrelazado convolucional. La República de Corea llevó a cabo una prueba sobre el terreno con el fin de estimar la calidad del funcionamiento del sistema T-DMB para la recepción de vídeo en movimiento. Antes de hacerlo, se realizaron pruebas de evaluación de calidad subjetiva en un laboratorio para hallar el valor umbral de calidad objetiva no suficiente para la obtención de una buena calidad. Se interpretó que el resultado de la prueba de laboratorio era aceptable para una buena recepción de vídeo cuando la tasa de errores en los bits era inferior a 2×10^{-4} antes del decodificador. En la prueba sobre el terreno se examinó si la BER medida cumplía el umbral de tasa de errores obtenido en la prueba de laboratorio, llegándose a la conclusión de que en el sistema T-DMB se observaba una recepción de vídeo de buena calidad.

9.7.5 Resumen de los parámetros del sistema

En el Cuadro 9.54 se definen las características de los sistemas T-DMB/AT-DMB (véase también el Informe UIT-R BT.2295-1 [9.43]).

CUADRO 9.54

Principales características de los sistemas T-DMB y AT-DMB

Características	T-DMB, AT-DMB
Modos de recepción: – Fija – Portátil – Portátil en dispositivos de mano – Móvil	+ + + +
Velocidades de datos netas	T-DMB: 0,576 a 1,728 Mbit/s AT-DMB: 0,864 a 2,304 Mbit/s a MDP-2 sobre MDP-4D AT-DMB: 1,152 a 2,88 Mbit/s a MDP-4 sobre MDP-4D
Eficacia del espectro (bit/s/Hz)	T-DMB: 0,38-1,13 AT-DMB: 0,56-1,88
Redes monofrecuencia	Admitidas

CUADRO 9.54 (fin)

Características	T-DMB, AT-DMB
Tipos de radiodifusión: – sonora – multimedios – televisión	+ + +
Tipos de datos/servicios de transmisión	Vídeo, audio, data
Bandas de frecuencias	ondas métricas, ondas decimétricas
Ancho de banda de canal	1,712 MHz
Ancho de banda utilizado	1,536 MHz
Número de segmentos	1
Número de subportadoras por segmento	192; 384; 768; 1 536
Separación entre portadoras	a) 8 kHz b) 4 kHz c) 2 kHz d) 1 kHz
Duración activa de un símbolo	a) 156 μ s b) 312 μ s c) 623 μ s d) 1 246 μ s
Duración/relación del intervalo de guarda	a) 31 μ s b) 62 μ s c) 123 μ s d) 246 μ s
Duración de supertrama	96 ms; 48 ms; 24 ms
Sincronización de tiempo/frecuencia	Símbolo nulo y símbolo de referencia de frecuencia central y de fase
Métodos de modulación	T-DMB: MDP-4D AT-DMB: MDP-4D; MDP-2 sobre MDP-4D; MDP-4 sobre MDP-4D
FEC interna	T-DMB: Código de convolución (1/4 a 3/4) AT-DMB: Código de convolución + código Turbo (1/4 a 1/2)
Entrelazado interno	Entrelazado de tiempo y entrelazado de frecuencia
FEC externa	Código RS (204, 188, T=8) para servicio de vídeo y servicio de vídeo modulable
Entrelazado externo	Entrelazado convolucional para servicio de vídeo y servicio de vídeo modulable
Aleatorización de datos/dispersión de energía	PRBS a 16 bits
Transmisión jerárquica	–
Señalización de parámetros de transmisión	Símbolo de referencia de fase

9.7.6 Balance de enlace

El sistema T-DMB se implanta en el sistema de transmisión T-DAB con parámetros de planificación descritos en la Recomendación UIT-R BS.1660. El modo de transmisión I permite una SFN regional y un servicio T-DMB en la banda de ondas métricas. El sistema T-DMB admite una velocidad de datos neta de 1,729 Mbit/s en un conjunto de 1,536 MHz; por consiguiente, están disponibles tres o cuatro canales de vídeo, incluidas aplicaciones de datos auxiliares.

Las intensidades de campo utilizables del servicio T-DMB en la banda III son comparables con los valores correspondientes al sistema T-DAB descritos en la Recomendación UIT-R BS.1660. El documento muestra que es apropiado para asegurar una buena recepción de vídeo con una intensidad de campo de 59 dB(μ V/m) basada en una FEC 1/2 durante el 99% del tiempo a 1,5 m de altura de la antena receptora. En lugares densamente poblados, tal vez sean necesarios reemisores complementarios para compensar zonas de sombra, como subsuelos o interiores en espacios urbanos. Las redes T-DMB con un transmisor principal de alta potencia y varios reemisores complementarios de baja potencia proporcionan un método más eficaz para multimedios móviles que las redes de transmisión densas que sólo tienen numerosos transmisores de baja potencia.

9.7.7 Ejemplos de posible utilización del sistema T-DMB

El sistema T-DMB ofrece diversos servicios de datos auxiliares, como la guía electrónica de programas (EPG), el sitio web de radiodifusión (BWS) y los servicios de información del Grupo de Expertos en Protocolos de Transporte (TPEG), así como servicios audiovisuales. Este sistema tiene su origen en el concepto de actividad de radiodifusión, pues da cobertura a una amplia zona con una baja potencia en la banda de ondas métricas. Sin embargo, puede ofrecer también servicios interactivos en conexión con las redes móviles. En Corea, la recepción de contenido audiovisual es gratuita; no obstante, se deben pagar los servicios de datos auxiliares, en particular las aplicaciones interactivas. El pago puede efectuarse cada vez que el usuario accede a una aplicación o cuando se adquieren receptores a cuyo costo se aplica una tasa inicial.

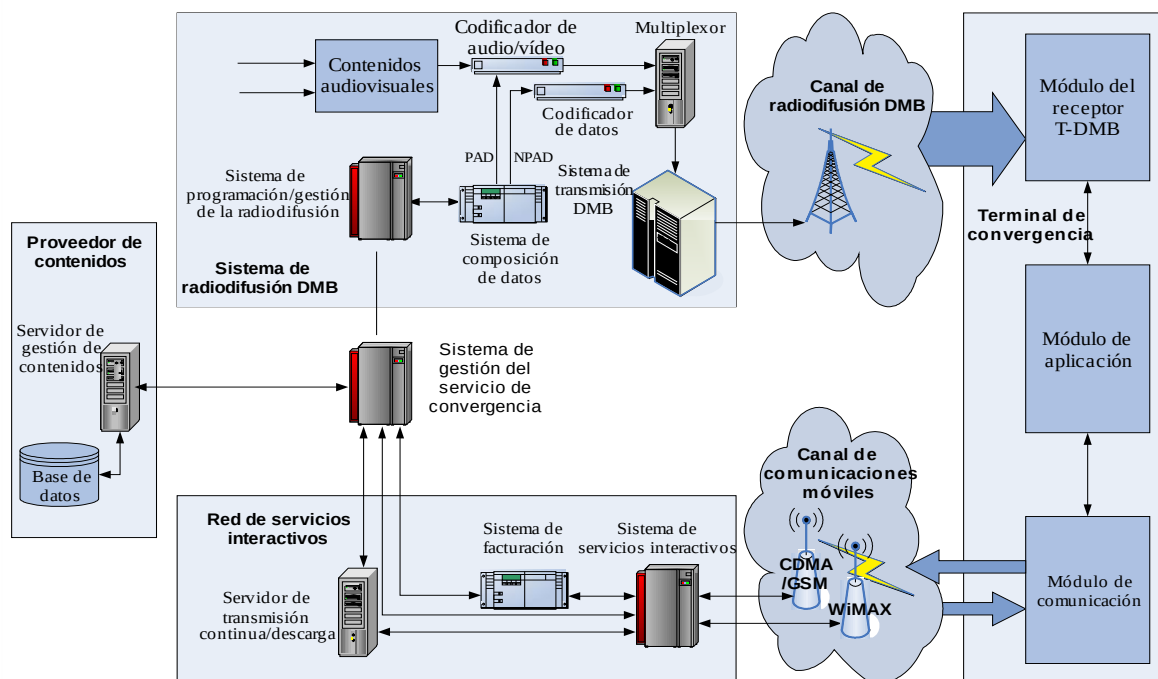
Noticias en tiempo real para dispositivos de mano. El sistema T-DMB puede transmitir diversos contenidos (noticias, operaciones bursátiles, informaciones de programas, datos sobre el tráfico, pronósticos meteorológicos, deportes y otros) utilizando el protocolo MOT definido en el sistema T-DAB. La información se actualiza cada 15 a 30 minutos. El BWS permite además que los usuarios tengan acceso al servicio web similar a Internet sin canal de retorno a través del mismo protocolo MOT. El receptor T-DMB debería admitir navegadores web compatibles con el formato HTML 4.0. La aplicación MOT Slideshow utiliza principalmente tramas audio X-PAD para suministrar una serie de datos como, por ejemplo, información de programas *still-cut*, cubiertas de álbumes, mapas simples, anuncios publicitarios, etc.

Información de tráfico en tiempo real en un vehículo. La aplicación TPEG da información en tiempo real sobre congestión de tráfico, estado de las carreteras, ubicación de gasolineras, etc., en relación con la navegación cartográfica por señales GPS, y permite hallar las rutas más rápidas. Los datos TPEG constan de mensajes sobre el tráfico en carreteras (RTM, *Road Traffic Message*), puntos de interés (POI, *Point of Interest*), información sobre congestión y tiempo de viaje (CTT, *Congestion and Travel-Time Information*) y resumen de informaciones CTT (CTT-SUM, *CTT Summary Information*).

Servicios interactivos. El servicio T-DMB puede ofrecer servicios interactivos mediante la combinación de servicios audiovisuales transmitidos por el canal de radiodifusión y servicios de datos transmitidos por el canal de comunicaciones móviles, como se observa en la Figura 9.70.

FIGURA 9.70

Modelo de servicio interactivo del sistema T-DMB



9.7.8 Sistema T-DMB Avanzado

Para aumentar la eficacia del sistema T-DMB en materia de utilización del espectro, se elaboró el sistema T-DMB Avanzado, conocido como AT-DMB, que garantiza la compatibilidad con sistemas T-DMB anteriores utilizando el mecanismo de modulación jerárquica. Teniendo en cuenta diversos modelos comerciales, el sistema AT-DMB define dos modos: el modo B, que utiliza la correlación de símbolos MDP-2 sobre MDP-4D y el modo Q, que utiliza la correlación de símbolos MDP-4 sobre MDP-4D. La modulación jerárquica de modo B ofrece una mejor calidad de funcionamiento en un entorno móvil, pero aumenta sólo hasta una vez y media la velocidad de datos efectiva del sistema T-DMB. En cambio, la modulación jerárquica de modo Q duplica como máximo la velocidad de datos efectiva del sistema T-DMB, pero no garantiza una elevada calidad de funcionamiento en un entorno móvil. Por consiguiente, la modulación jerárquica de modo Q es más ventajosa en un entorno de recepción fija y en un entorno de baja velocidad.

9.8 Sistema RAVIS

El sistema de radiodifusión de multimedios terrenal digital RAVIS (sistema de información audiovisual en tiempo real) está diseñado para ser utilizado en bandas de ondas métricas de radiodifusión terrenal. La gama de frecuencias utilizada por el sistema RAVIS permite implantar la radiodifusión local. Al mismo tiempo, el radio de cobertura del transmisor tiene la longitud suficiente para asegurar la recepción en lugares situados a gran distancia.

El diseño del sistema RAVIS asegura la transmisión de numerosos programas sonoros o de vídeo de alta calidad con varios canales de acompañamiento sonoro y otros servicios de radiodifusión de datos (relacionados o no con programas sonoros y de vídeo). La prestación de estos servicios debería efectuarse en diversas condiciones como, por ejemplo, durante la conducción en entornos urbanos de alta densidad, en terrenos boscosos y montañosos, en zonas de agua; es decir, se debe ofrecer una recepción fiable en movimiento, en ausencia de visibilidad directa de las antenas transmisoras y en caso de propagación de la señal por trayectos múltiples.

El sistema RAVIS está contemplado en los Informes UIT-R BT.2049 [9.132], BS.2214 [9.133] y BT.2295-1 [9.43].

9.8.1 Modelo de arquitectura y modelo de pila de protocolos

Los requisitos de servicio básicos del sistema RAVIS son los siguientes:

- Gran eficacia espectral del sistema;
- Recepción móvil de vídeo, audio y otros servicios fiable a velocidades de hasta 200 km por hora;
- Retardo corto de comienzo de recepción o recuperación de la recepción tras una interrupción en condiciones complejas (por ejemplo, al abandonar un túnel donde la recepción de la señal quedó interrumpida);
- Radiodifusión de vídeo de alta calidad con tamaños de trama de hasta 720×576 , velocidades de trama de hasta 25 fps y numerosos canales de acompañamiento sonoro;
- Radiodifusión de audio de alta calidad, en particular sonido estéreo de calidad CD y sonido multicanal 5.1;
- Servicios de datos adicionales relacionados o no con programas de vídeo o sonoros, tales como:
 - mensajes de texto;
 - imágenes fijas;
 - diapositivas;
 - información sobre el tráfico, datos meteorológicos, noticias locales, etc.;
 - guía electrónica de programas (EPG).
- Acceso condicional a los servicios;
- Servicio fiable de alerta en situaciones de emergencia;
- Funcionamiento de SFN, incluidas las utilizadas en autopistas y ferrocarriles.

El receptor del sistema debería permitir la recepción de nuevos programas digitales y programas de estaciones de radiodifusión FM analógicas con detección automática del tipo de programa.

Las principales perspectivas de utilización del sistema RAVIS corresponden, hasta el momento, al códec de audio HE-AAC (incluidas técnicas de sonido ambiente MPEG, SBR, PS) y a los códecs de vídeo H.264/AVC, H.265/HEVC. El codificador de audio HE-AAC asegura sonido estéreo de alta calidad a 32 kbit/s y los codificadores de vídeo H.264/AVC, H.265/HEVC ofrecen señales de vídeo de alta calidad con definición de televisión normalizada y velocidad de trama de 25 fps a una velocidad binaria aproximada de 500 kbit/s.

En el sistema de transmisión RAVIS se definen la capa física y otros elementos de capas de protocolo inferiores de la interconexión de sistemas abiertos (OSI) utilizados.

Los componentes esenciales de la capa de aplicación son aplicaciones audio y audiovisuales en tiempo real y algunos servicios complementarios, como la guía electrónica de programas. La capa de presentación comprende la codificación de la fuente. La multiplexación de datos de audio, de vídeo y datos complementarios se realiza en la capa de enlace utilizando el tren de transporte MPEG-2 o el contenedor de transporte RAVIS.

En la Figura 9.71 se facilita un ejemplo de la pila de protocolos del sistema RAVIS.

FIGURA 9.71

Pila de protocolos del sistema RAVIS

Capa de aplicación	Aplicación audio y vídeo en tiempo real	Guía electrónica de programas
Capa de presentación	H.264/MPEG-4 AVC, H.265/MPEG-H HEVC (vídeo) HE-AAC (audio)	XML, HTML, JSON
Capa de enlace	Tren de transporte MPEG-2, contenedor de transporte RAVIS	
Capa física	Capa física RAVIS (BCH, LDPC, MAQ-M, MDFO)	

DTTB-09-71

9.8.2 Principales tecnologías

El sistema ofrece tres canales de transmisión de datos lógicos. Aparte del canal de servicio principal, el sistema RAVIS prevé canales de datos con mayor fiabilidad de transmisión: canal de baja velocidad binaria (~12 kbit/s) y canal de datos fiable (~5 kbit/s). Estos canales adicionales pueden utilizarse, por ejemplo, para alertas en situaciones de emergencia.

El sistema RAVIS permite varios niveles de modulación MAQ y diversas velocidades de codificación de canal en el canal de servicio principal, utilizados para lograr el equilibrio óptimo entre velocidad binaria y fiabilidad (protección contra la interferencia).

El canal de servicio principal está diseñado para la transmisión de datos de vídeo y audio. La velocidad binaria máxima en este canal lógico es de unos 900 kbit/s. El canal de baja velocidad binaria, de aproximadamente 12 kbit/s, está diseñado para la transmisión de información con mayor fiabilidad, por ejemplo, para alertas vocales en situaciones de emergencia. El canal de datos fiable, cuya velocidad binaria es de unos 5 kbit/s, está diseñado para datos auxiliares con alta fiabilidad. El canal de baja velocidad binaria y el canal de datos fiable aseguran mayor protección contra la interferencia y, por consiguiente, una cobertura más amplia y un aumento de la estabilidad de recepción en comparación con el canal de servicio principal.

En el Cuadro 9.55 se indican las velocidades binarias de datos digitales en un solo canal radioeléctrico para todas las combinaciones de parámetros de modulación y velocidades FEC.

CUADRO 9.55

Velocidades binarias de datos digitales en el sistema RAVIS

Constelación	Velocidad FEC	Velocidad binaria del tren de datos (kbit/s)		
		canal de 100 kHz	canal de 200 kHz	canal de 250 kHz
MDP-4	1/2	80	160	200
	2/3	100	210	270
	3/4	120	240	300
MAQ-16	1/2	150	320	400
	2/3	210	420	530
	3/4	230	470	600
MAQ-64	1/2	230	470	600
	2/3	310	630	800
	3/4	350	710	900

El canal de servicio principal puede utilizar la modulación MDP-4, MAQ-16 ó MAQ-64, y velocidades de codificación FEC $R = 1/2$, $2/3$ ó $3/4$. El canal de baja velocidad binaria utiliza la modulación MDP-4 y la velocidad de codificación FEC $R = 1/2$. El canal de datos fiable utiliza la modulación MDP-2 y la velocidad de codificación FEC $R = 1/2$.

Las portadoras piloto y las portadoras con parámetros de transmisión de señal (portadoras de servicio) se insertan en un tren multiplexado de símbolos MDFO. Esas portadoras aseguran la sincronización, la corrección de la distorsión del canal y la transmisión de información adicional (incluidos parámetros de modulación y codificación de canales, disponibilidad de canales de datos lógicos, etc.) para el lado recepción.

Aunque no es obligatoria, se recomienda la reducción de la relación entre potencia máxima y potencia media.

En la Figura 9.72 se observa el diagrama en bloques funcionales del transmisor RAVIS, y en la Figura 9.67, el diagrama en bloques funcionales del receptor RAVIS.

FIGURA 9.72

Diagrama en bloques funcionales del transmisor RAVIS

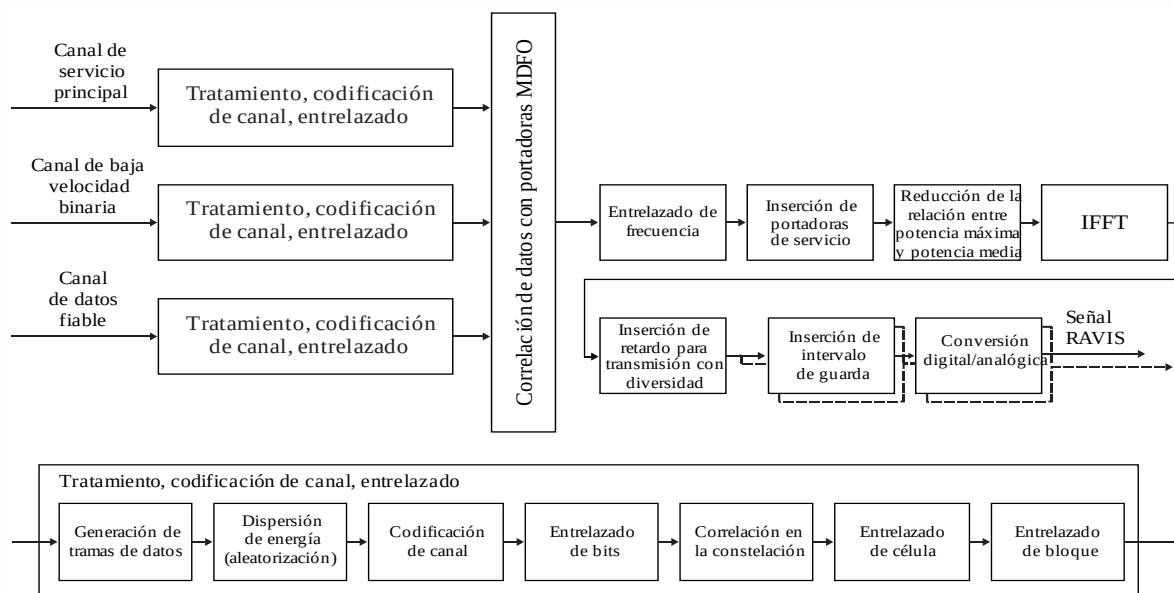
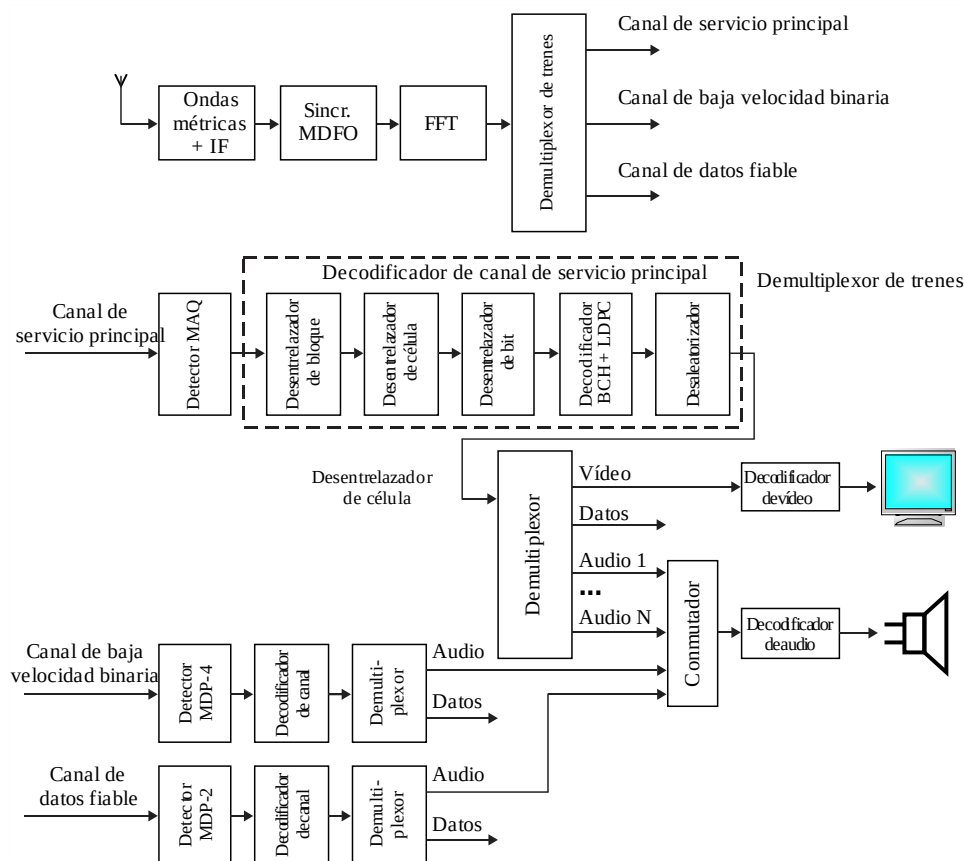


Figura 9.73

Diagrama en bloques funcionales del receptor RAVIS

DTTB-09-72

La selección de la banda de frecuencias y del concepto de radiodifusión tiene algunas ventajas:

- posibilidad de utilizar redes monofrecuencia y redes multifrecuencia;
- radiodifusión de numerosos programas de sonido estéreo de alta calidad o un tren de vídeo con acompañamiento de sonido estéreo en una ciudad utilizando sólo un transmisor;
- capacidad de localizar la radiodifusión de un solo programa, es decir, la misma frecuencia es utilizada para transmitir diferentes programas en varias ciudades.

9.8.3 Capas física y de enlace

En la capa física del sistema RAVIS, la codificación de canal y la técnica de modulación MDFO se definen como bloque funcional para la adaptación de datos del codificador de la fuente a las características del canal de transmisión. Los trenes de datos de todos los canales lógicos están sujetos a las siguientes transformaciones:

- generación de trama de datos;
- dispersión de energía de la trama de datos;
- codificación externa (código de bloque BCH);
- codificación interna (código de bloque LDPC);
- entrelazado de bits;
- correlación de bits con células de la constelación de modulación;
- entrelazado de célula;
- entrelazado de bloque;

- correlación de canales lógicos con células MDFO;
- entrelazado de frecuencia e inserción de portadoras de servicio;
- reducción de la relación entre potencia máxima y potencia media;
- IFFT;
- inserción de intervalo de guarda, generación de la señal MDFO completa.

En la capa de enlace, se puede efectuar la multiplexación de los datos de la fuente codificados aplicando diversos formatos, incluidos paquetes de longitud fija (en particular, TS MPEG-2) y paquetes de longitud variable (en particular, contenedor de transporte RAVIS o GSE), o tren de datos no estructurado.

9.8.4 Calidad de funcionamiento del sistema

Se llevó a cabo una simulación de los modos de recepción fija, portátil y móvil de la señal RAVIS utilizándose modelos de canal de la norma ETSI ES 201 980 (Anexo B.2) [9.146] para evaluar la relación portadora/ruido mínima requerida $(C/N)_{\min}$ (para una BER = 10^{-4} después del decodificador de canal) para diversos tipos de modulación y velocidades de codificación del canal de servicio principal. Los modelos de canal y el modo de recepción fueron, respectivamente, los siguientes: canal 7 (AWGN)/recepción fija, canal 8 (zonas urbanas)/recepción portátil y canal 11 (terreno montañoso)/recepción móvil. En el Cuadro 9.56 se indican los resultados obtenidos para un ancho de banda de canal de 250 kHz.

CUADRO 9.56

Valores de la $(C/N)_{\min}$ de la señal RAVIS con ancho de canal de 250 kHz, canal de servicio principal

Modelo de canal/ modo de recepción	$(C/N)_{\min}$ (dB)								
	MDP-4			MAQ-16			MAQ-64		
	R = 1/2	R = 2/3	R = 3/4	R = 1/2	R = 2/3	R = 3/4	R = 1/2	R = 2/3	R = 3/4
Canal 7 (AWGN)/ recepción fija	1,1	3,3	4,2	6,4	9,1	10,2	10,8	14,0	15,4
Canal 8 (zonas urbanas)/ recepción portátil	6,4	9,4	11,5	12,5	14,9	17,0	16,2	19,4	22,0
Canal 11 (terreno montañoso)/recepción móvil	5,5	8,6	9,8	10,4	13,2	15,6	14,7	17,9	20,5

9.8.5 Resumen de los parámetros del sistema

En el Cuadro 9.57 se definen las principales características del sistema RAVIS (véase también el Informe UIT-R BT.2295-1 [9.43]).

CUADRO 9.57

Principales características del sistema RAVIS

Características	RAVIS
Modos de recepción: – Fija – Portátil – Portátil en dispositivos de mano – Móvil	+ + + +
Velocidades de datos netas	Según modulación y velocidad de codificación para diferentes anchos de banda de canal: a) 100 kHz-75-341 kbit/s b) 200 kHz-155-703 kbit/s c) 250 kHz-196-888 kbit/s
Eficacia del espectro (bit/s/Hz)	0,77-3,64
Redes monofrecuencia	Admitidas
Tipos de radiodifusión: – sonora – multimedios – televisión	+ +
Tipos de datos/servicios de transmisión	Vídeo, audio, imágenes fijas, presentaciones, datos de tráfico, etc.
Bandas de frecuencias	ondas métricas, bandas I y II
Ancho de banda de canal	a) 100 kHz b) 200 kHz c) 250 kHz
Ancho de banda utilizado	a) 96,0 kHz b) 185,6 kHz c) 246,2 kHz
Número de segmentos	1
Número de subportadoras por segmento	a) 215 b) 439 c) 553
Separación entre portadoras	4000/9 Hz
Duración activa de un símbolo	2,25 ms
Duración/relación del intervalo de guarda	1/8
Duración de trama	103,78125 ms (41 símbolos MDFO)
Sincronización de tiempo/frecuencia	Intervalo de guarda/portadoras piloto
Métodos de modulación	MDP-4, MAQ-16, MAQ-64
FEC interna	Código LDPC con velocidades de codificación aproximadas 1/2, 2/3, 3/4
Entrelazado interno	Entrelazado de bits, de célula, de tiempo y de frecuencia
FEC externa	BCH (n, k, t); n, k dependen del ancho de banda de canal, velocidad de codificación LDPC; capacidad de corrección de errores t = 10 errores (para el canal de servicio principal)
Entrelazado externo	–
Aleatorización de datos/dispersión de energía	PRBS a 16 bits
Transmisión jerárquica	–
Señalización de parámetros de transmisión	4 subportadoras por símbolo MDFO, 41 bits por trama MDFO

9.8.6 Balance de enlace

En el Informe UIT-R BS.2214 [9.133], que presenta ejemplos de balance de enlace para el sistema RAVIS, se indica la metodología de cálculo y los resultados del cálculo de los valores medianos mínimos de la intensidad de campo para diversos modos de transmisión RAVIS (banda de radiodifusión, ancho de banda de canal, tipo de modulación, velocidad de codificación) y diversos tipos de recepción (fija, portátil en interiores y exteriores, portátil en dispositivos de mano en interiores y exteriores, móvil).

9.9 Tecnología MediaFLO

La única finalidad de este apartado es completar la información disponible.

La tecnología móvil de radiodifusión de multimedios **Forward Link Only (FLO)** fue diseñada para el suministro de información y actividades recreativas de alta calidad, en particular transmisión directa de vídeo y audio, medios de «difusión de secuencias» (*clipcasting*), difusión de datos IP y servicios interactivos.

La tecnología FLO se describe en la Recomendación UIT-R BT.1833 [9.35] como Sistema Multimedios M del UIT-R.

El sistema MediaFLO fue retirado por sus iniciadores, poniéndose fin a todos los servicios en marzo de 2011.

Bibliografía del Capítulo 9

- [9.1] **UIT-R**, Recomendación UIT-R BT.1209-1, *Métodos múltiplex de servicio para la radiodifusión de televisión terrenal digital*
- [9.2] **UIT-R**, Recomendación UIT-R BT.1869, *Esquema de multiplexación de paquetes de longitud variable en los sistemas de radiodifusión de multimedios digitales*
- [9.3] **UIT-R**, Recomendación UIT-R BT.1437, *Requisitos de usuario para la codificación digital de transmisiones de múltiples programas de televisión*
- [9.4] **UIT-T**, Recomendación UIT-T J.180, *Requisitos de usuario para la multiplexión estadística de varios programas en un canal de transmisión*
- [9.5] **UER** Technical Report 35, *An Introduction to Time Frequency Slicing*
- [9.6] **UIT-T**, Recomendación UIT-T H.222.0, *Information technology – Generic coding of moving pictures and associated audio information: Systems* (Tecnología de la información – Codificación genérica de imágenes en movimiento e información de audio asociada) (publicada únicamente en inglés)
- [9.7] **ISO/CEI** 13818-1 – *Information technology – Generic coding of moving pictures and associated audio information: Systems*
- [9.8] **ETSI** EN 302 755 v.1.3.1 – *Digital Video Broadcasting (DVB); Frame structure channel coding and modulation for a second generation digital terrestrial television broadcasting system (DVB-T2)*
- [9.9] **UIT-R**, Recomendación UIT-R BO.1784, *Sistema de radiodifusión digital por satélite (televisión, sonido, datos) con configuración flexible*
- [9.10] **UIT-R**, Recomendación UIT-R BT.1207, *Métodos de acceso a las señales de radiodifusión de televisión terrenal digital*
- [9.11] **UIT-R**, Recomendación UIT-R BT.1300-3, *Métodos múltiplex de servicio, transporte e identificación para la radiodifusión de televisión digital terrenal*
- [9.12] **ISO/CEI** 23008-1 – *High efficiency coding and media delivery in heterogeneous environments – Part 1: MPEG media transport (MMT)*
- [9.13] **UIT-R**, Informe UIT-R BT.1223, *Un enfoque basado en un modelo estratificado para la televisión digital*
- [9.14] **UIT-R**, Recomendación UIT-R BT.1434, *Protocolos independientes de la red para sistemas interactivos*

- [9.15] **UIT-R**, Recomendación UIT-R BT.807, *Modelo de referencia para la radiodifusión de datos*
- [9.16] **ISO** 7498-1 Information technology – Open Systems Interconnection – Basic Reference Model: The Basic Model
- [9.17] **UIT-R**, Informe UIT-R BT.2342, *Production, emission and exchange of closed captions for all worldwide language character sets (latin and non-latin)* (Producción, emisión e intercambio de leyendas codificadas u ocultas para los juegos de caracteres de todos los idiomas del mundo (latinos y no latinos)) (publicado únicamente en inglés)
- [9.18] **UIT-R**, Recomendación UIT-R BT.653, *Sistemas de teletexto*
- [9.19] **UIT-R**, Recomendación UIT-R BT.470, *Sistemas de televisión analógica convencional*
- [9.20] **UIT-R**, Recomendación UIT-R BT.1301, *Servicio de datos en la radiodifusión de televisión digital*
- [9.21] **ETSI** EN 300 472 – *Digital Video Broadcasting (DVB); Specification for conveying ITU-R System B Teletext in DVB bitstreams*
- [9.22] **ISO/CEI** 13818-6: Information technology – Generic coding of moving pictures and associated audio information – Part 6: Extensions for DSM-CC
- [9.23] **UIT-R**, Recomendación UIT-R BT.2054, *Multiplexing and transport schemes in multimedia broadcasting systems for mobile reception* (Mecanismos de multiplexación y transporte en los sistemas de radiodifusión de multimedios para recepción móvil) (publicada únicamente en inglés)
- [9.24] **UIT-R**, Recomendación UIT-R BT.1887, *Transporte de paquetes IP en los trenes de transporte MPEG-2 en la radiodifusión multimedios*
- [9.25] **UIT-R**, Recomendación UIT-R BT.1299, *Elementos básicos de una familia mundial común de sistemas de radiodifusión de televisión digital terrenal*
- [9.26] **CENELEC** EN 50083-9 Cabled distribution systems for television, sound and interactive multimedia signals Part 9: Interfaces for CATV/SMATV headends and similar professional equipment for DVB/MPEG-2 transport streams
- [9.27] **UIT-R**, Recomendación UIT-R BT.1436, *Sistemas de transmisión para servicios interactivos de televisión por cable*
- [9.28] **UIT-T**, Recomendación UIT-T J.112, *Sistemas de transmisión para servicios interactivos de televisión por cable*
- [9.29] **ETSI** EN 301 192 – *Digital Video Broadcasting (DVB); DVB specification for data broadcasting*
- [9.30] **ETSI** TR 101 202 – *Digital Video Broadcasting (DVB); Implementation guidelines for Data Broadcasting*
- [9.31] **ARIB** STD-B24 – *Data coding and transmission specification for digital broadcasting. Association of Radio Industries and Businesses*
- [9.32] **UIT-R**, Recomendación UIT-R BT.956, *Data broadcasting systems: Signal and service quality field trials and theoretical studies* (Sistemas de radiodifusión de datos: calidad de la señal y del servicio, pruebas prácticas y estudios teóricos) (publicada únicamente en inglés)
- [9.33] **UIT-R**, Recomendación UIT-R BT.1306, *Métodos de corrección de errores, de configuración de trama de datos, de modulación y de emisión para la radiodifusión de televisión digital terrenal*
- [9.34] **UIT-R**, Recomendación UIT-R BT.1877, *Métodos de corrección de errores, de configuración de trama de datos, de modulación y de emisión para la segunda generación de sistemas de radiodifusión de televisión digital terrenal*
- [9.35] **UIT-R**, Recomendación UIT-R BT.1833, *Radiodifusión de aplicaciones multimedios y de datos para recepción móvil mediante receptores de bolsillo*
- [9.36] **ETSI** EN 300 744 – *Digital Video Broadcasting (DVB); Framing structure, channel coding and modulation for digital terrestrial television*

- [9.37] **ETSI** EN 301 701 – *Digital Video Broadcasting (DVB); OFDM modulation for microwave digital terrestrial television*
- [9.38] **UIT-R**, Recomendación UIT-R BS.1114, *Sistemas de radiodifusión sonora digital terrenal para receptores en vehículos, portátiles y fijos en la gama de frecuencias 30-3 000 MHz*
- [9.39] **IETF** RFC 3926 FLUTE – *File Delivery over Unidirectional Transport*
- [9.40] **IETF** RFC 3095 – *RObust Header Compression (ROHC): Framework and four profiles: RTP, UDP, ESP, and uncompressed*
- [9.41] **IETF** RFC 4326 – *Unidirectional Lightweight Encapsulation (ULE) FOr transmission of IP datagrams over an MPEG-2 Transport Stream (TS)*
- [9.42] **UIT-R**, Recomendación UIT-R BT.1368, *Criterios para la planificación, incluidas las relaciones de protección, de los servicios de televisión digital terrenal en las bandas de ondas métricas/decimétricas*
- [9.43] **UIT-R**, Informe UIT-R BT.2295-1, *Digital terrestrial broadcasting systems* (Sistemas de radiodifusión terrenal digital) (publicado únicamente en inglés)
- [9.44] **UIT-R**, Recomendación UIT-R BS.1660, *Bases técnicas para la planificación de la radiodifusión sonora digital terrenal en la banda de ondas métricas*
- [9.45] **Norma nacional china** GB20600-2006 – *Estructura de formación de trama, codificación de canal y modulación para el sistema de radiodifusión de televisión terrenal digital*
- [9.46] **Norma nacional china** GD/J 068-2015 – *Estructura de formación de trama, codificación de canal y modulación para el sistema de radiodifusión de multimedios terrenal digital avanzada (DTMB-A)*
- [9.47] **Radio Television Hong Kong et al.** – *Field test report of Evolution System for DTMB* – disponible en http://www.ofca.gov.hk/filemanager/ofca/en/content_669/tr201307_01.pdf
- [9.48] **ATSC** Norma A/53, Parte 1:2013, *Digital Television System*
- [9.49] **ATSC** Norma A/53, Parte 2:2011, *RF/Transmission System Characteristics*
- [9.50] **ATSC** Norma A/53, Parte 3:2013, *Service Multiplex and Transport Subsystem Characteristics*
- [9.51] **ATSC** Norma A/53, Parte 4:2009, *MPEG-2 Video System Characteristics*
- [9.52] **ATSC** Norma A/53, Parte 5:2014, *AC-3 Audio System Characteristics*
- [9.53] **ATSC** Norma A/53, Parte 6:2013, *Enhanced AC-3 Audio System Characteristics*
- [9.54] **ATSC** Norma A/153 Parte 1:2013, *ATSC Mobile DTV System*
- [9.55] **ATSC** Norma A/153 Parte 2:2011, *RF/Transmission System Characteristics*
- [9.56] **ATSC** Norma A/153 Parte 3:2013, *Service Multiplex and Transport Subsystem Characteristics*
- [9.57] **ATSC** Norma A/153 Parte 4:2009, *Announcement*
- [9.58] **ATSC** Norma A/153 Parte 5:2009, *Application Framework*
- [9.59] **ATSC** Norma A/153 Parte 6:2011, *Service Protection*
- [9.60] **ATSC** Norma A/153 Parte 7:2012, *AVC and SVC Video System Characteristics*
- [9.61] **ATSC** Norma A/153 Parte 8:2012, *HE AAC Audio System Characteristics*
- [9.62] **ATSC** Norma A/153 Parte 9:2013, *Scalable Full Channel Mobile Mode*
- [9.63] **ATSC** Norma A/153 Parte 10:2013, *Mobile Emergency Alert System*
- [9.64] **ATSC** Norma A/110:2011, *ATSC Standard for Transmitter Synchronization*
- [9.65] **ATSC** Práctica Recomendada A/74:2010, *Receiver Performance Guidelines*
- [9.66] **ATSC** Práctica Recomendada A/174:2011, *Mobile Receiver Performance Guidelines*

- [9.67] **ATSC** Norma A/107:2015, *ATSC 2.0 Standard*
- [9.68] **ATSC** Norma A/103:2014, *Non-Real-Time Delivery*
- [9.69] **ATSC** Norma A/105:2015, *Interactive Services*
- [9.70] **Richer, Mark S.** Next Generation DTV: ATSC 3.0., 2015, *ITU International Symposium on the Digital Switchover* – disponible en https://www.itu.int/en/ITU-R/GE06-Symposium-2015/Session4/402%20%20Richer_ATSC%203_ITU%20Symp.pdf
- [9.71] **ATSC** Norma A/300:2017, *ATSC 3.0 System*
- [9.72] **ATSC** Norma A/321:2016, *System Discovery and Signaling*
- [9.73] **ATSC** Norma A/322:2017, *Physical Layer Protocol*
- [9.74] **ATSC** Norma A/324:2018, *Scheduler/Studio to Transmitter Link*
- [9.75] **ATSC** Norma A/330:2016, *Link-Layer Protocol*
- [9.76] **ATSC** Norma A/331:2019, *Signaling, Delivery, Synchronization, and Error Protection*
- [9.77] **ATSC** Norma A/332:2017, *Service Announcement*
- [9.78] **ATSC** Norma A/333:2017, *Service Usage Reporting*
- [9.79] **ATSC** Norma A/334:2016, *Audio Watermark Emission*
- [9.80] **ATSC** Norma A/335:2016, *Video Watermark Emission*
- [9.81] **ATSC** Norma A/336:2017, *Content Recovery in Redistribution Scenarios*
- [9.82] **ATSC** Norma A/337:2018, *Application Signaling*
- [9.83] **ATSC** Norma A/338:2017, *Companion Device*
- [9.84] **ATSC** Norma A/341:2018, *Video – HEVC*
- [9.85] **ATSC** Norma A/342 Part 1:2017, *Audio Common Elements*
- [9.86] **ATSC** Norma A/342 Part 2:2017, *AC-4 System*
- [9.87] **ATSC** Norma A/342 Part 3:2017, *MPEG-H System*
- [9.88] **ATSC** Norma A/343:2017, *ATSC Standard: Captions and Subtitles*
- [9.89] **ATSC** Norma A/344:2017, *ATSC 3.0 Interactive Content*
- [9.90] **ATSC** Norma A/360:2018, *ATSC 3.0 Security and Service Protection*
- [9.91] **ENENSYS** Benefits of using multiple PLP in DVB-T2, disponible en <http://www.enensys.com/documents/whitePapers/ENENSYS%20Technologies%20-%20Benefits%20of%20using%20multiple%20PLP%20in%20DVB-T2.pdf>
- [9.92] **DVB** India Launches Free DVB-T2 Mobile TV Service – Disponible en https://www.dvb.org/news/india-launches-free-dvb_t2-mobile-tv-service/country/india
- [9.93] **DVB** Digital Video Broadcasting (DVB); Next Generation broadcasting system to Handheld, physical layer specification (DVB-NGH) DVB Document A160
- [9.94] **UIT-R**, Informe UIT-R BT.2139, *Diversity reception of digital terrestrial television broadcasting signals* (Recepción con diversidad de las señales de radiodifusión de televisión terrenal digital) (publicado únicamente en inglés)
- [9.95] **UIT-R**, Recomendación UIT-R BT.2074-0, *Configuración de servicio, protocolo de transporte de los medios e información de señalización para los sistemas de radiodifusión MMT*
- [9.96] **ISO/CEI** 13818-11:2004 – *Information technology – Generic coding of moving pictures and associated audio information – Part 11: IPMP on MPEG-2 systems*

- [9.97] **ETSI** TS 102 823 – *Digital Video Broadcasting (DVB); Specification for the carriage of synchronized auxiliary data in DVB transport streams*
- [9.98] **ETSI** TS 102 006 – *Digital Video Broadcasting (DVB); Specification for System Software Update in DVB Systems.*
- [9.99] **ETSI** EN 300 743 – *Digital Video Broadcasting (DVB); Subtitling systems*
- [9.100] **UPnP Forum** UPnP Device Architecture v1.1, octubre de 2008.
- [9.101] **UPnP Forum** <http://www.upnp.org/> A partir del 1 de enero de 2016, el Foro UPnP forma parte de la Open Connectivity Foundation (OCF). <http://openconnectivity.org/upnp>
- [9.102] **ISO/CEI** 29341-1 – *UPnP Device Architecture Version 1.0*, noviembre de 2008.
- [9.103] **Sattler, Fabian** Interoperabilitätstests vernetzter Multimediakomponenten auf Basis von UPnP A/V/DLNA zur Übertragung von Rundfunkinhalten im Heimnetzwerk, Diplomarbeit Hochschule Deggendorf für angewandte Wissenschaften, Fakultät Elektro- und Medientechnik; junio de 2010 – disponible únicamente en alemán.
- [9.104] **IETF** Simple Service Discovery Protocol/1.0. October 1999, ftp://ftp.pwg.org/pub/pwg/ipp/new_SSDP/draft-cai-ssdp-v1-03.txt
- [9.105] **Multimedia over Coax Alliance** The Standard for Home Entertainment Networks over Coax. November 2009 Available at http://www.mocalliance.org/industry/brochure/MoCA_Brochure.pdf
- [9.106] **ETSI** TS 102 771 – *Digital Video Broadcasting (DVB); Generic Stream Encapsulation (GSE) implementation guidelines*
- [9.107] **ETSI** TR 102 831 – *Digital Video Broadcasting (DVB); Implementation guidelines for a second generation digital terrestrial television broadcasting system (DVB-T2)*
- [9.108] **ATSC** A/58 – *Práctica recomendada; Harmonization with DVB SI in the use of the ATSC digital television standard*
- [9.109] **ATSC** Norma A/65B – *Program and system information protocol for terrestrial broadcast and cable Revision B*
- [9.110] **ATSC** Norma A/53C – *Digital television standard Revision C*, including Amendment No. 1 (July 2004) and Corrigendum No. 1 (marzo de 2005)
- [9.111] **ATSC** Práctica Recomendada A/58 – *Harmonization with DVB SI in the use of the ATSC digital television standard*
- [9.112] **ATSC** Práctica Recomendada A/54A – *Guide to the use of the ATSC digital television standard*
- [9.113] **ETSI** TS 101 162 – *Digital video broadcasting (dvb); allocation of service information (si) codes for digital video broadcasting (dvb) systems*
- [9.114] **ETSI** ETS 300 468 – *Digital video broadcasting (dvb); specification for Service Information (SI) in dvb systems*
- [9.115] **ETSI** TR 101 211 – *Digital video broadcasting (dvb); guidelines on implementation and usage of dvb service information*
- [9.116] **ETSI** TS 101 154 – *Digital Video Broadcasting (DVB); Specification for the use of Video and Audio Coding in Broadcasting Applications based on the MPEG-2 Transport Stream*
- [9.117] **ARIB** STD-B10 – *Service information for digital broadcasting system*
- [9.118] **ARIB** STD-B32 – *Video coding, audio coding and multiplexing specifications for digital broadcasting*
- [9.119] **ARIB** TR-B14 – *Operational guidelines for digital terrestrial television broadcasting*
- [9.120] **ATSC** – *Norma A/90 ATSC data broadcast standard*

- [9.121] **ARIB** B24 – *Data Coding and Transmission Specification for Digital Broadcasting*
- [9.122] **UIT-R** Recomendación UIT-R BT.2055 – *Elementos de contenido en los sistemas de radiodifusión de multimedios para recepción móvil*
- [9.123] **ETSI** EN 302 583 – *Digital Video Broadcasting (DVB); Framing Structure, channel coding and modulation for Satellite Services to Handheld devices (SH) below 3 GHz*
- [9.124] **ETSI** TS 102 585 – *Digital Video Broadcasting (DVB); System Specifications for Satellite services to Handheld devices (SH) below 3 GHz*
- [9.125] **ETSI** TS 102 470-2 – *Digital Video Broadcasting (DVB); IP Datacast: Program Specific Information (PSI)/Service Information (SI); Part 2: IP Datacast over DVB-SH*
- [9.126] **ETSI** TS 102 584 – *Digital Video Broadcasting (DVB); Guidelines for Implementation for Satellite Services to Handheld devices (SH) below 3GHz*
- [9.127] **ETSI** TS 102 585 – *Digital Video Broadcasting (DVB); System Specifications for Satellite services to Handheld devices (SH) below 3 GHz*
- [9.128] **ETSI** TS 102 592-2 – *Digital Video Broadcasting (DVB); IP Datacast: Electronic Service Guide (ESG); Implementation Guidelines; Part 2: IP Datacast over DVB-SH*
- [9.129] **ETSI** TS 102 611-2 – *Digital Video Broadcasting (DVB); IP Datacast: Implementation Guidelines for Mobility; Part 2: IP Datacast over DVB-SH (see part 1 in DVB-H references)*
- [9.130] **ETSI** TS 102 772 – *Digital Video Broadcasting (DVB); Specification of Multi-Protocol Encapsulation – inter-burst Forward Error Correction*
- [9.131] **ETSI** EN 302 304 – *Digital Video Broadcasting (DVB); Transmission System for Handheld Terminals (DVB-H)*
- [9.132] **UIT-R**, Informe UIT-R BT.2049, *Radiodifusión de aplicaciones multimedios y de datos para recepción móvil*
- [9.133] **UIT-R**, Informe UIT-R BS.2214, *Planning parameters for terrestrial digital sound broadcasting systems in VHF bands* (Parámetros de planificación para sistemas de radiodifusión sonora digital terrenal en bandas de ondas métricas) (publicado únicamente en inglés)
- [9.134] **ETSI** TR 102 377 – *Digital Video Broadcasting (DVB); Implementation guidelines for DVB handheld services*
- [9.135] **UIT-R**, Informe UIT-R BT.2254, *Frequency and network planning aspects of DVB-T2* (Aspectos relativos a la planificación de frecuencias y redes de DVB-T2) (publicado únicamente en inglés)
- [9.136] **UIT-R**, Informe UIT-R BT.2343, *Collection of field trials of UHDTV over DTT networks* (Conjuntos de pruebas sobre el terreno de la TVUAD en redes TDT) (publicado únicamente en inglés)
- [9.137] **Greene, K.** DVB-T2-Lite profile tech standard approved: Transmissions are go!, disponible en <http://www.bbc.co.uk/blogs/researchanddevelopment/2011/07/dvb-t2-lite-profile-tech-stand.shtml>
- [9.138] **ETSI** TS 102 428 – *Digital Audio Broadcasting (DAB); DMB video service; User Application Specification*
- [9.139] **UIT-R**, Recomendación UIT-R BT.2016, *Métodos de corrección de errores, configuración de la trama de datos, modulación y emisión para la radiodifusión terrenal de multimedios a efectos de la recepción móvil mediante receptores manuales en las bandas de ondas métricas/decimétricas*
- [9.140] **ETSI** TS 102 427 – *Digital Audio Broadcasting (DAB); Data Broadcasting – MPEG-2 TS Streaming*
- [9.141] **ETSI** EN 300 401 – *Radio Broadcasting Systems; Digital Audio Broadcasting (DAB) to mobile, portable and fixed receivers*
- [9.142] **ISO/CEI** 14496-3 – *Information Technology – Coding of audio-visual objects: Part 3: Audio*

- [9.143] **UIT-T**, Recomendación UIT-T H.264, norma ISO/CEI 14496-10: *Information Technology – Coding audio-visual objects: Part 10: Advanced Audio Coding* (Tecnología de la información – Codificación de objetos audiovisuales: Parte 10: Codificación de audio avanzada) (publicada únicamente en inglés)
- [9.144] **ISO/CEI 14496-1** – *Information technology Coding of audio-visual objects Part 1: Systems*
- [9.145] **UIT-R**, Recomendación UIT-R BS.1114, *Sistemas de radiodifusión sonora digital terrenal para receptores en vehículos, portátiles y fijos en la gama de frecuencias 30-3 000 MHz*
- [9.146] **ETSI ES 201 980** – *Digital Radio Mondiale (DRM); System Specification*
- [9.147] **UIT-R**, Informe UIT-R BT.1210, *Estrategia de protección contra errores para servicios de radiodifusión de datos*
- [9.148] **UIT-R**, Informe UIT-R BT.1225, *Sistemas y servicios de radiodifusión de datos en un entorno de TVAD*
- [9.149] **ETSI TS 102 606** – *Digital Video Broadcasting (DVB); Generic Stream Encapsulation (GSE) Protocol*
- [9.150] **CENELEC EN 50221** – *Common Interface Specification for Conditional Access and other Digital Video Broadcasting Decoder Applications*
- [9.151] **ETSI TS 101 699** – *Digital Video Broadcasting (DVB); Extensions to the Common Interface Specification*
- [9.152] **ETSI TR 101 891** – *Digital Video Broadcasting (DVB); Professional Interfaces: Guidelines for the implementation and usage of the DVB Asynchronous Serial Interface (ASI)*
- [9.153] **UIT-R**, Recomendación UIT-R BT.1206, *Límites de conformación del espectro para la radiodifusión de televisión terrenal*
- [9.154] **UIT-R**, Recomendación UIT-R BT.1208, *Codificación vídeo para la radiodifusión de televisión terrenal digital*
- [9.155] **UIT-R**, Recomendación UIT-R BS.1115, *Codificación de audio a baja velocidad binaria*
- [9.156] **UIT-R**, Recomendación UIT-R BT.1699, *Armonización de los formatos de aplicaciones declarativas para la televisión interactiva*
- [9.157] **UIT-R**, Recomendación UIT-R BT.1774, *Utilización de las infraestructuras de radiodifusión por satélite y terrenal para alertar a la población, mitigar los efectos de las catástrofes y facilitar las operaciones de socorro*
- [9.158] **UIT-R**, Informe UIT-R BT.2035, *Directrices y técnicas para la evaluación de sistemas de radiodifusión de televisión terrenal incluida la determinación de sus zonas de cobertura*
- [9.159] **UIT-R**, Informe UIT-R BT.2075, *Protection requirements for terrestrial television broadcasting services in the 620-790 MHz band against potential interference from GSO and non-GSO broadcasting-satellite systems and networks* (Requisitos de protección de los servicios de radiodifusión terrenal de televisión en la banda 620-790 MHz contra la posible interferencia procedente de los sistemas y redes de radiodifusión OSG y no OSG) (publicado únicamente en inglés)
- [9.160] **ETSI TS 102 773** – *Digital Video Broadcasting (DVB); Modulator Interface (T2-MI) for a second generation digital terrestrial television broadcasting system (DVB-T2)*
- [9.161] **ETSI EN 302 307** – *Second Generation Framing Structure, Channel Coding and Modulation Systems for Broadcasting, Interactive Services, News Gathering and other Broadband Satellite Applications*
- [9.162] **UIT-R** Informe UIT-R BT-2140 – *Transition from analogue to digital terrestrial broadcasting* (Transición de la radiodifusión terrenal analógica a la digital) (publicado únicamente en inglés)
- [9.163] Balyar, V., Gofaizen, O. *Performance comparison of digital terrestrial television systems in DVB-T/DVB-T2 standards.* – Digital Technologies. – 17 p. – 2012.

- [9.164] **ETSI** TR 101 497 – *Digital Audio Broadcasting (DAB); Rules of Operation for the Multimedia Object Transfer Protocol*
- [9.165] **ETSI** TS 101 759 – *Digital Audio Broadcasting (DAB); Data Broadcasting – Transparent Data Channel (TDC)*
- [9.166] **ETSI** ES 201 735 – *Digital Audio Broadcasting (DAB); Internet Protocol (IP) Datagram Tunnelling*
- [9.167] **ETSI** TS 101 499 – *Digital Audio Broadcasting (DAB); MOT Slide Show; User Application Specification*
- [9.168] **ETSI** TS 101 498-1 – *Digital Audio Broadcasting (DAB); Broadcast Website; Part 1: User Application Specification*
- [9.169] **ETSI** TS 101 498-2 – *Digital Audio Broadcasting (DAB); Broadcast Website; Part 2: Basic Profile Specification*
- [9.170] **ETSI** EN 301 234 – *Digital Audio Broadcasting (DAB); Multimedia Object Transfer (MOT) Protocol*
- [9.171] **ETSI** TS 102 371 – *Digital Audio Broadcasting (DAB); Transportation and Binary Encoding Specification for DAB Electronic Programme Guide (EPG)*
- [9.172] **ETSI** TS 102 818 – *Digital Audio Broadcasting (DAB); XML Specification for DAB Electronic Programme Guide (EPG)*
- [9.173] **Telecommunications Technology Association of Korea** TTA.KO-07.0070 – *Specification of the Advanced Terrestrial Digital Multimedia Broadcasting (AT-DMB) to mobile, portable and fixed reception*
- [9.174] **Kim, K.-Y., Lee, G.S., Lim, J.S., Lee, S.I., and Kim, D.G.** *Efficient Generation of Scalable Transport Stream for High Quality in T-DMB Service* ETRI Journal, vol.31, no.1: febrero de 2009, pp.65-67
- [9.175] **IEEE** *Transactions on Broadcasting: Field Trials for Terrestrial Digital Multimedia Broadcasting System (T-DMB)* Jan. 2007
- [9.176] **ETSI** TS 101 190 – *Digital Video Broadcasting (DVB); Implementation guidelines for DVB terrestrial services; Transmission aspects*
- [9.177] **ETSI** TS 101 191 – *Digital Video Broadcasting (DVB); DVB mega-frame for Single Frequency Network (SFN) synchronization*
- [9.178] **Le Floch, B., Alard, M., and Berrou, C.** *Coded Orthogonal Frequency Division Multiplex* Proc. IEEE, vol. 83, no. 6, junio de 1986, pp. 587–592
- [9.179] **Abdel Nour, C. and Douillard, C.** *Rotated QAM Constellations to Improve BICM Performance for DVB-T2* Proc. ISSSTA, agosto de 2008, pp. 354–59
- [9.180] **Han, S.H. and Lee, J.H.** *An Overview of Peak-to-Average Power Ratio Reduction Techniques for Multicarrier Transmission* IEEE Wireless Commun., vol. 12, no. 2, abril de 2005, pp. 56–65
- [9.181] **Mignone, V. and Morello, A.** *CD3-OFDM: A Novel Demodulation Scheme for Fixed and Mobile Receivers* IEEE Trans. Commun., vol. 44, no. 9, septiembre de 1996, pp. 1144–51
- [9.182] **Alamouti, S.M.** – *A Simple Transmit Diversity Technique for Wireless Communications* IEEE JSAC, vol. 16, no. 8, octubre de 1998, pp. 1451–58
- [9.183] www.igorfun.com/dvb-t/
- [9.184] **Norma nacional china** GB/T2666-2011 – *Implementation Guidelines for transmission system of digital terrestrial television broadcasting* (Directrices de aplicación para el sistema de transmisión de radiodifusión de televisión terrenal digital)
- [9.185] **ATSC** *Práctica Recomendada A/351 – Techniques for Signaling, Delivery and Synchronization*

CAPÍTULO 10

Interactividad y colaboración entre sistemas DTTB y otros sistemas distintos a los de radiodifusión

10.1 Aspectos generales y oportunidades de colaboración

Históricamente, la televisión ha sido un servicio destinado únicamente a la recepción y el televisor servía para presentar imágenes y señales sonoras, así como (a partir del decenio de 1980) datos adicionales, como el teletexto. Con la llegada de tecnologías digitales y de cálculo, los televisores ampliaron sus capacidades convirtiéndose en una interfaz de usuario más general para la selección y recuperación de contenido.

Durante años se ha mantenido la colaboración entre diferentes medios, como las redes de radiodifusión de televisión y las redes de telecomunicación bidireccionales. Esa colaboración no supone sustituir una red por otra sino crear un entorno en el que ambos sistemas puedan coexistir independientemente o de manera cooperativa.

En términos del UIT-R, la radiodifusión es un medio que transmite información unidireccional, como imagen, sonido y datos al público en general (número **1.38** del Reglamento de Radiocomunicaciones). Un servicio de telecomunicación, en cambio, prevé el suministro personalizado de los datos solicitados por los usuarios o, por extensión, sus sistemas.

La colaboración entre servicios de telecomunicación y servicios de radiodifusión favorece la posibilidad de interacción y personalización. En la actualidad, los usuarios esperan que ello ocurra independientemente del sitio en que se encuentran («en todo lugar») y del tiempo («a todo momento»). Por consiguiente, respecto a la interactividad, los aparatos de televisión modernos pueden conectarse a una red de telecomunicaciones, normalmente una red IP, y también a la red de radiodifusión.

10.2 Colaboración en la capa de servicio

La colaboración en la capa de servicio tiene lugar cuando el contenido de radiodifusión y el contenido IP están interconectados, como ocurre cuando la información adicional de una señal de radiodifusión se retransmite por Internet. Una aplicación típica de este tipo de colaboración son los sistemas IBB (sistemas integrados de radiodifusión y banda ancha) interactivos descritos en la sección 10.2.1.

La colaboración en la capa de servicio es una característica común de la evolución de las telecomunicaciones y de la radiodifusión. En cierta medida, está asociada al hecho de que muchos usuarios desean tener una aplicación que preste numerosos servicios diferentes como, por ejemplo, aplicaciones de radiodifusión de televisión y de multimedia.

10.2.1 Sistemas integrados de radiodifusión y banda ancha

Un tipo de colaboración de servicios es la tecnología IBB, mediante la cual el contenido de radiodifusión se transmite por una red de radiodifusión unidireccional y el contenido adicional (a menudo de multimedia) es recibido por redes de banda ancha bidireccionales. Optimiza la experiencia del usuario pues asegura servicios de elevada calidad, flexibles, interactivos y personalizados, como información suplementaria sobre programas de televisión (por ejemplo, una EPG) o servicios adicionales para grupos minoritarios y personas con necesidades especiales, etc. Uno de los principales atractivos es la radiodifusión no lineal, esto es, la visualización de los programas perdidos (*'catch-up TV'*).

La mayoría de los televisores actuales están equipados con sintonizadores de televisión para uno o más tipos de distribución de contenidos de radiodifusión (por cable, por satélite y terrenal) y prevén interfaces para redes IP (WLAN, Ethernet, etc.).

Los dos documentos principales sobre los sistemas IBB actuales publicados por el UIT-R son:

- Recomendación UIT-R BT.2075-0 [10.1] «Sistema integrado de radiodifusión-banda ancha»;

- Informe UIT-R BT.2267-5 [10.2] «Integrated broadcast-broadband systems» (Sistemas integrados de radiodifusión y banda ancha).

En estos documentos, se describen los siguientes sistemas IBB:

- HbbTV (sistema híbrido de radiodifusión de televisión y banda ancha).
- Hybridcast.
- Plataforma de televisión inteligente basada en el protocolo HTML5.
- Sistema integrado de radiodifusión y banda ancha basado en el soporte lógico intermedio (*middleware*) Ginga.
- Sistema integrado de radiodifusión y banda ancha basado en las mejoras de la radiodifusión de datos.

HbbTV (sistema híbrido de radiodifusión de televisión y banda ancha) es una norma ETSI que define una plataforma de tecnología abierta y neutra para las empresas, y combina de manera transparente servicios de televisión transmitidos por radiodifusión con servicios transmitidos por redes de banda ancha, permitiendo además tener acceso a servicios prestados únicamente por Internet a los usuarios que disponen de decodificadores y televisores conectados. La especificación HbbTV está basada en las normas y tecnologías web en vigor (OIPF (Open IPTV Forum), CEA, DVB y W3C). Esta norma describe las características y funcionalidades necesarias para la prestación de servicios de radiodifusión e Internet con gran número de funcionalidades. Utilizando la tecnología Internet estándar, permite la rápida elaboración de aplicaciones. Asimismo, define los requisitos mínimos que permiten simplificar la implantación en los dispositivos y dejar un cierto margen para la diferenciación, limitando de esa forma las inversiones que deben realizar los fabricantes de material electrónico para fabricar dispositivos que se ajusten a la norma.

Entre otras nuevas características se puede destacar la transmisión continua adaptable (conforme a la norma MPEG-DASH). Ya ha sido publicada la versión 2.0 basada en el protocolo HTML5.

Hybridcast, sistema IBB que utiliza el protocolo HTML5, ha sido normalizado en Japón para las versiones 1.0 y 2.0 en marzo de 2013 y junio de 2014, respectivamente. El sistema facilita la oferta de servicios gracias a una combinación de recursos y características de telecomunicación de banda ancha y de radiodifusión. En las especificaciones más recientes se han tenido en cuenta la mayoría de los requisitos indicados en las Recomendaciones UIT-R BT.2053 [10.3] y UIT-T J.205 [10.4], incluida la modalidad centrada en la radiodifusión. El sistema Hybridcast admite los protocolos HTML-5, MPEG-DASH, MMT y otros.

La **plataforma de televisión inteligente basada en el protocolo HTML5** es una norma de plataforma de televisión inteligente abierta que define los entornos de ejecución por la web para aplicaciones de televisión inteligente sobre la base de las tecnologías HTML5 más modernas. Se puede concebir e implantar una aplicación conforme a esta especificación aprovechando las características e interfaces HTML5, que ofrecerá al usuario la misma experiencia en receptores de televisión inteligente de diversos sistemas de radiodifusión, como los sistemas terrenales, por cable, por satélite y TVIP.

Ginga, que da soporte a los servicios colaborativos utilizando el trayecto de radiodifusión y distribución IP, es un entorno dinámico que admite diferentes protocolos de televisión interactiva.

El **sistema IBB basado en las mejoras de la radiodifusión de datos** es un sistema interactivo clásico. Para el suministro interactivo de datos se utiliza el canal de radiodifusión. Dado que el canal de radiodifusión es unidireccional, todo el contenido de televisión interactivo y no interactivo debe ser suministrado de forma simultánea. Un receptor selecciona los elementos necesarios de los datos suministrados con arreglo a las instrucciones del usuario final respecto a la presentación. Como los elementos de contenido que pueden ser suministrados están a veces limitados por el ancho de banda de transmisión disponible para la radiodifusión, son suministrados por un canal de banda ancha como Internet.

La **entrega de servicios y contenidos basada en IP por redes híbridas de radiodifusión/banda ancha** se especifica en la Norma ATSC A/331. La entrega de servicios en modo híbrido supone el transporte de uno o varios elementos de programa por un trayecto de banda ancha (Internet). Se especifican dos modos de explotación en modo híbrido: el que emplea ROUTE/DASH en el trayecto de radiodifusión y DASH sobre HTTP(S) en el trayecto de banda ancha; y el que utiliza MMTP/MPU en el trayecto de radiodifusión y DASH sobre HTTP(S) en el trayecto de banda ancha.

10.2.2 Soporte lógico intermedio

El soporte lógico intermedio (*middleware*) es un soporte lógico conectado al «sistema operativo» de un aparato de televisión que permite crear un entorno para que los usuarios utilicen aplicaciones informáticas proporcionadas por la señal de radiodifusión pero, principalmente, por una conexión IP. Este soporte lógico ofrece la posibilidad de recuperar, consumir, almacenar, editar y crear contenido adicional mediante la simple interacción de entornos de radiodifusión y otros entornos distintos, así como de redes sociales.

Algunos de los primeros sistemas que utilizan el soporte lógico intermedio son MHP/GEM y MHEG-5. Los sistemas más recientes utilizan un soporte lógico intermedio que admite los sistemas IBB descritos anteriormente. En la actualidad, ese tipo de soporte lógico, por lo general, es una parte integral de cualquier aparato de televisión conectado.

En el Capítulo 13 puede hallarse una información más completa sobre implementaciones de soporte lógico intermedio.

10.3 Características técnicas comunes

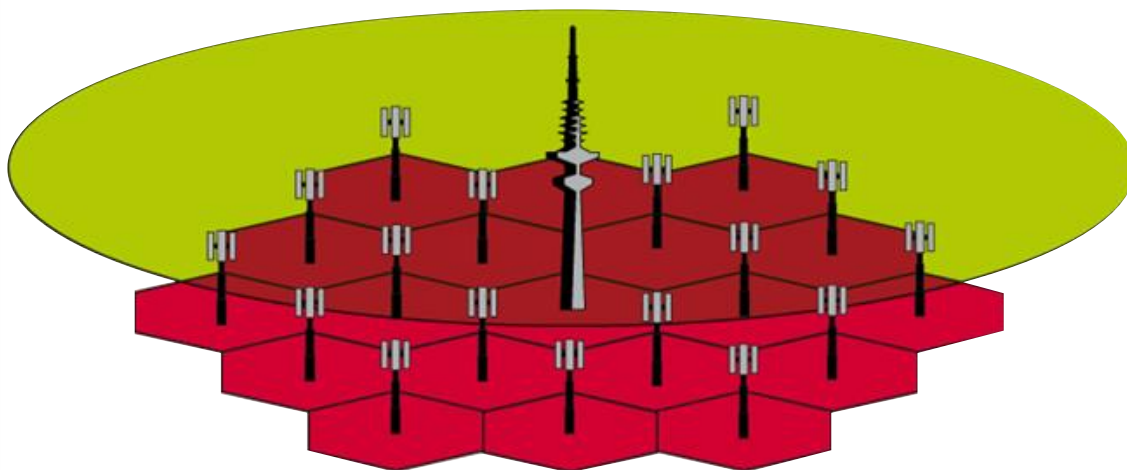
Las tecnologías comunes a las telecomunicaciones y la radiodifusión facilitan el interfuncionamiento entre estos sistemas, por ejemplo mediante la utilización de mecanismos de codificación de vídeo comunes. De esta forma, se logra la interacción efectiva en diferentes capas (física, de enlace, de aplicación, etc.) entre diferentes sistemas (por ejemplo, LTE y DTTB).

10.4 Colaboración a nivel de la red

El suministro de contenido de radiodifusión por una red de radiodifusión (DTTB) y por otra red distinta a la de radiodifusión (por ejemplo, eMBMS) puede estar o no bajo el control de la misma entidad. Dependiendo de la ubicación del contenido deseado (ya sea en la señal de radiodifusión o en la señal IP), el terminal utilizado por un usuario se conmuta a la red respectiva (véase la Figura 10.1). En otros casos, el contenido de radiodifusión puede ser transmitido simultáneamente en un red DTTB y en una red IP (como LTE) para permitir la recepción en zonas donde la señal de radiodifusión o la señal IP no se puede recibir adecuadamente.

El procedimiento de la red de control puede ser complicado con respecto a cuestiones de carácter reglamentario, económico y/o técnico, especialmente en el caso de diferentes operadores de servicio y de redes de radiodifusión o de otras redes distintas a la de radiodifusión.

FIGURA 10.1
Concepto de red combinada



DTTB-10-01

(Se presenta este diagrama por cortesía de la Universidad Técnica de Braunschweig)

Las formas más intensas de colaboración a nivel de la red entre la radiodifusión y el servicio móvil podrán desempeñar un papel más importante en el futuro. Hasta la fecha, no obstante, estos conceptos se hallan aún en etapa de desarrollo

En particular, la Universidad Técnica de Braunschweig (Brunswick, Alemania) ha llevado a cabo investigaciones sustanciales en este ámbito. Se indican a continuación dos de sus conceptos:

- Utilización de tramas de extensión futura (FEF) del tren de transporte MPEG-2: En las llamadas secciones privadas, el TS MPEG-2 permite la introducción de paquetes que no han sido aún identificados para una utilización concreta en la especificación TS MPEG-2. Paquetes de ese tipo deberían ser ignorados por los receptores de televisión existentes. Los paquetes no utilizados se reservan para un uso futuro (las ya mencionadas FEF). El paquete de esas FEF podría utilizarse para el transporte de contenido de radiodifusión en modo LTE. El multiplex MPEG transportará pues dos veces la señal de radiodifusión (multiplex en el tiempo): una vez como elementos convencionales del programa, y otra como señal IP. Un dispositivo móvil ligeramente modificado, como la computadora de una tableta, activará dichas FEF que aparecen de forma repetitiva y extraerá de esa manera el contenido de radiodifusión. La capacidad total se comparte entre la señal de radiodifusión convencional y la señal de tipo LTE. Existe sin embargo, en principio, la posibilidad de una recepción directa del contenido de radiodifusión con dispositivos de mano. Se han hecho pruebas de laboratorio de este sistema, que ha sido presentado en diversas ferias comerciales.
- «Solapamiento de torres»: La idea básica consiste en compartir de forma dinámica la infraestructura presentada en la Figura 10.1 para la prestación de servicios de radiodifusión. Esencialmente, representa un funcionamiento combinado de transmisores de potencia relativamente alta en una configuración de radiodifusión (células grandes, cada una de las cuales da servicio a una amplia zona de unos 50 a 70 km de diámetro) y de estaciones de base de potencia relativamente baja en una configuración de red móvil (células pequeñas, cada una de las cuales da servicio a una zona de unos pocos kilómetros). Los programas de gran audiencia se transmiten por la red de radiodifusión de alta potencia en tanto que los programas de poca audiencia utilizan la configuración de células pequeñas. La conmutación puede ser dinámica respecto al tiempo a medida que cambian los niveles de audiencia. Este concepto podría tener la ventaja de un cierto ahorro de espectro o, a su vez, un aumento de la capacidad de radiodifusión. [10.5].

Hay una opción técnica para la recepción de DTTB en teléfonos inteligentes y tabletas que consiste en utilizar un dispositivo de conversión de DTTB a IP asociado a un encaminador Wi-Fi.

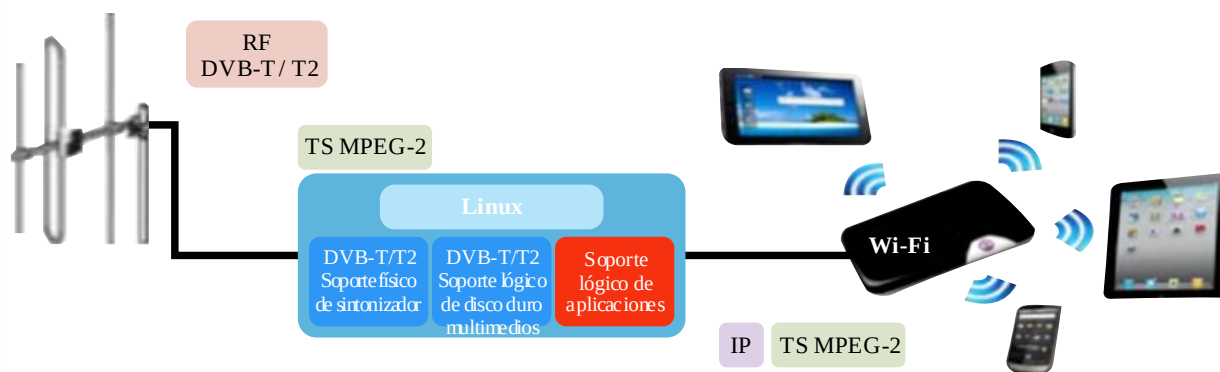
Se dispone de productos comerciales basados en el protocolo SAT/IP que distribuyen servicios DVB-S/S2 a dispositivos con conexión IP utilizando encaminadores Wi-Fi domésticos o el cableado Ethernet. Algunos de estos dispositivos también funcionan con DVB-T/T2.

En la CMR-15, la UER presentó una implementación de esta técnica, basada en el soporte lógico de fuente abierta (diferente de la arquitectura SAT/IP³⁸). Con UPnP (utilización inmediata) se puede tener acceso a más tipos de dispositivos de medios, independientemente de su sistema operativo. En la Figura 10.2 se ilustra el principio general. Puede hallarse una información más completa sobre redes domésticas en el Capítulo 9.

³⁸ La arquitectura SAT/IP utiliza también UPnP, pero información de tipo dispositivo patentado.

FIGURA 10.2

Principio de conversión DTT a IP para la distribución inalámbrica en el hogar



DTTB-10-02

10.5 Examen detallado sobre televisión interactiva

10.5.1 Aspectos relativos a la interactividad

El papel de la interactividad en la televisión moderna está aumentando sin cesar gracias a las tecnologías de telecomunicación y televisión digitales más recientes. Hay diferentes posibilidades de asegurar la interactividad: desde la implementación más simple hasta la máxima implementación de interactividad.

Las aplicaciones interactivas clásicas que ya funcionaban en la televisión analógica son el teletexto, la votación por SMS, etc. Los nuevos avances de la interactividad en televisión suponen la combinación de funcionalidades de la televisión digital e Internet (sistemas integrados de radiodifusión y banda ancha) (véase la sección 10.2).

No obstante, ese tipo de implementación de la interactividad es la etapa intermedia en el camino hacia la «verdadera» interactividad; la interacción de los usuarios se limita a las transacciones con proveedores de servicios interactivos que ya disponen del contenido estable con el que los usuarios interactuarán. En el futuro, se podrá tener en cuenta una implementación ampliada de la interactividad que permita a los usuarios finales interactuar con el contenido producido o crear su propio contenido. Sin embargo, en el momento de redactar el presente Manual, dicha interactividad ampliada se implementa sólo en raras ocasiones.

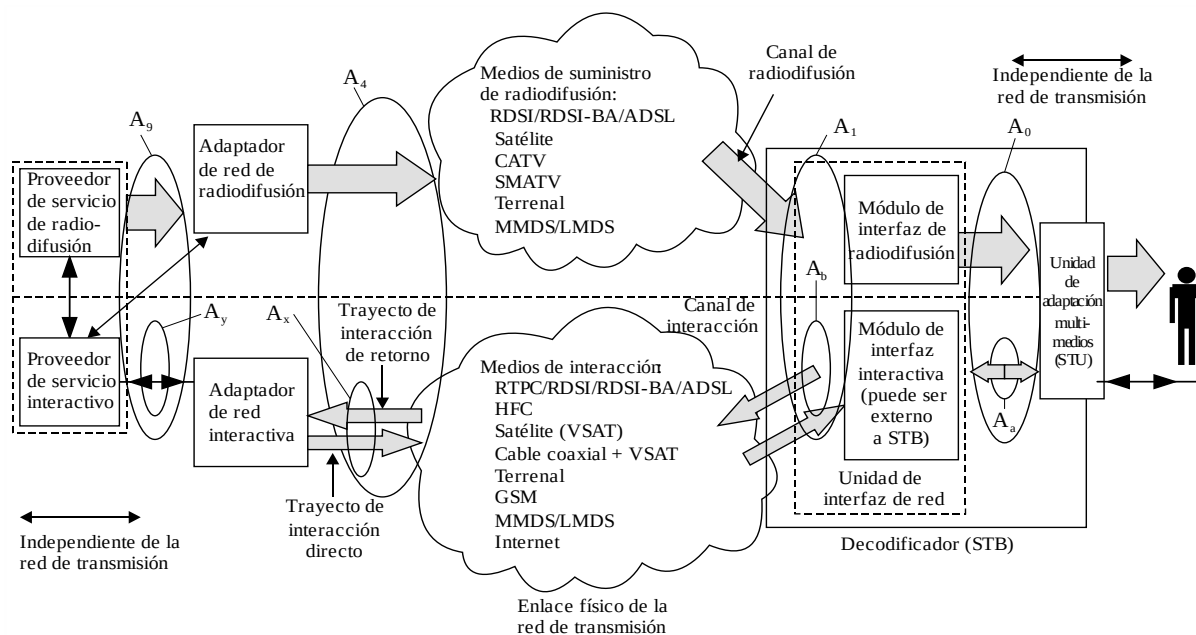
Una cuestión aparte es la posibilidad de implementación técnica del llamado canal de retorno o interactivo. Aunque esas tecnologías fueron elaboradas unos veinte años atrás (por ejemplo, DVB-RCT), no lograron una amplia difusión debido principalmente a la omnipresencia de Internet por las redes de banda ancha (alámbricas e inalámbricas). Por otra parte, un canal interactivo de retorno en el entorno terrenal exige la atribución de frecuencias radioeléctricas adicionales, que a raíz de la presencia de varios servicios de radiocomunicaciones (radiodifusión de televisión analógica y digital, radares, etc.) resulta un problema bastante complejo. En [10.3] se describen la introducción de tecnologías de televisión interactiva (incluidos los canales interactivos de retorno) y los resultados de las pruebas efectuadas en ellas para sistemas DVB, ATSC y ISDB en diferentes países.

10.5.2 Modelo de sistema interactivo

En la Recomendación UIT-R BT.1369 [10.6] se ofrecen orientaciones generales aplicables a una familia mundial común de sistemas destinados a la prestación de servicios de televisión interactivos al público y, en particular, se define un modelo de referencia para la televisión interactiva, modelo que se presenta en la Figura 10.3.

Este modelo prevé la presencia de dos tipos de canales: un canal interactivo directo, que se realizará a partir de un canal de radiodifusión, y un canal interactivo de retorno que puede realizarse a partir de otra red (por lo general, una red de telecomunicación) o en una red de radiodifusión con la identificación/asignación de ciertos recursos con fines interactivos, como se describe en la sección 10.5.1.

FIGURA 10.3

Modelo de referencia funcional para servicios de televisión interactivos

DTTB-10-03

(Este modelo se concibió en 1998 pero, en cuanto a los principios que lo rigen, sigue siendo válido. Hoy en día, el enlace físico para el canal de interacción se realiza principalmente mediante el acceso a redes IP de banda ancha (alámbricas e inalámbricas)).

Este modelo permite el entorno interactivo necesario para que la interacción del usuario y el proveedor de servicios interactivos se organice sobre la base de diferentes modalidades de suministro: terrenal, por cable y por satélite. En [10.6] se presenta un modelo flexible. En el momento de redactar el presente Manual, con respecto a la radiodifusión de televisión digital, el UIT-R define cierta posibilidad para el canal interactivo de retorno basada en redes RTPC/RDSI ((Rec. ITU-R BT.1435 [10.7]), DECT (Rec. ITU-R BT.1507 [10.8]), GSM (Rec. ITU-R BT.1508 [10.9]) y LMDS (Rec. ITU-R BT.1564 [10.10]). La universalidad del modelo se asegura gracias al concepto de protocolos de suministro independientes de la red. Los principios básicos de la utilización de este tipo de protocolos se definen en la Recomendación UIT-R BT.1434 [10.11].

En los sistemas IBB modernos, se ha mejorado el papel que cumple el canal de interacción de retorno para que funcione también como canal de interacción directo. Por ejemplo, a través del canal de interacción de retorno se puede suministrar una aplicación interactiva y un contenido a la carta desde los proveedores de servicios hasta un terminal. Esta función puede ser iniciada por un usuario o puede ser el resultado de la interacción entre la aplicación y el usuario. Esta utilización de canales es mucho más complicada. Para una utilización complicada como esta, la Recomendación UIT-R BT.2037 [10.12] define el sistema IBB y cuál debería ser su comportamiento. Por otra parte, en la Recomendación UIT-R BT.2053 [10.3] se determinan los requisitos técnicos de los sistemas IBB haciendo hincapié en una modalidad centrada en la radiodifusión, basada también en la utilización mejorada del canal de interacción de retorno.

10.5.3 Formato del contenido en sistemas interactivos

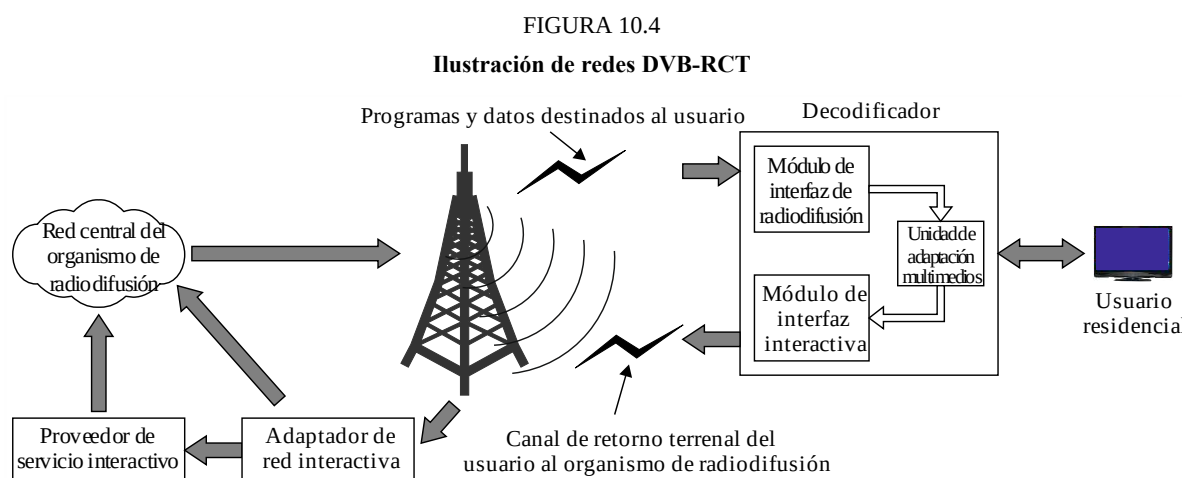
En relación con la elaboración y el intercambio internacional de aplicaciones multimedia interactivas, se definen formatos de aplicación comunes que permiten crear una base compartida para la organización de la gestión y el intercambio de contenidos en diferentes implementaciones de aplicaciones interactivas mediante la identificación de funcionalidades comunes entre los entornos de aplicación declarativos para la especificación de los lenguajes ACAP-X, BML y DVB-HTML propios de las aplicaciones de televisión interactiva. Los elementos comunes a estas tres normas se identifican como arquitectura de «núcleo común». El interés de esta arquitectura reside en que facilita a los autores de programas el intercambio internacional de aplicaciones de contenidos declarativos gracias a la utilización de esas normas.

Este núcleo común se define en la Recomendación UIT-R BT.1699-2 [10.13]. Para que sea posible la interacción entre diferentes plataformas interactivas, se han definido además un conjunto común de instrucciones (véase la Recomendación UIT-R BT.1722-2 [10.14]) y un entorno de aplicación común para servicios de televisión interactiva digital que consiste en la arquitectura básica del entorno, la estructura del motor de ejecución y la estructura de un motor de presentación (véase la Recomendación UIT-R BT.1889 [10.15]).

Para sistemas IBB modernos, la Recomendación UIT-R BT.2075 [10.1] facilita orientaciones e información técnica para la selección de un sistema IBB adecuado. Se presentan las diferencias y similitudes de diversos aspectos de los sistemas IBB, como los monomedios, el formato de aplicación y los tipos de aplicación.

10.5.4 Canal de interacción en el entorno terrenal

Para completar la información, se hace aquí referencia a la implementación de la interactividad a través del canal de retorno terrenal. Para la zona DVB, se especifica la DVB-RCT (radiodifusión de vídeo digital terrenal con canal de retorno) descrita en el Informe UIT-R BT.2025 [10.16]. El objetivo es que el receptor de radiodifusión utilice su antena receptora para establecer un enlace de información interactiva con el transmisor de radiodifusión. La sincronización de frecuencias DVB-RCT se obtiene a partir de la señal DVB-T de radiodifusión en tanto que la sincronización de tiempo es el resultado de la utilización de paquetes de gestión MAC transportados por el canal de radiodifusión. En la Figura 10.4 se observa el principio de interactividad.



DITB-10-04

La experiencia relativa a la implementación de sistemas interactivos por el entorno terrenal se describe en [10.16]. La introducción de este tipo de sistemas prevé la correspondiente planificación de frecuencias, algunos aspectos de los cuales se ponen de relieve en la Recomendación UIT-R BT.1832 [10.17] y en el Informe UIT-R BT.2025 [10.16].

Bibliografía del Capítulo 10

- [10.1] Recomendación **UIT-R** BT.2075 – *Sistema integrado de radiodifusión-banda ancha*
- [10.2] Informe **UIT-R** BT.2267 – *Integrated broadcast-broadband systems* (Sistemas integrados de radiodifusión y banda ancha) (publicado únicamente en inglés)
- [10.3] Recomendación **UIT-R** BT.2053 – *Technical requirements for integrated broadcast-broadband systems* (Requisitos técnicos relativos a sistemas integrados de radiodifusión y banda ancha) (publicada únicamente en inglés)

- [10.4] Recomendación **UIT-T** J.205 – *Requirements for an application control framework using integrated broadcast and broadband digital television* (Requisitos para un marco de control de aplicaciones para sistemas integrados de radiodifusión de televisión digital y banda ancha) (publicada únicamente en inglés)
- [10.5] Ulrich Reimers Dynamic Broadcasting, **EBU** Forecast 2012, ref. <https://tech.ebu.ch/events/forecast12>
- [10.6] Recomendación **UIT-R** BT.1369 – *Principios básicos aplicables a una familia mundial común de sistemas para la prestación de servicios de televisión interactivos*
- [10.7] Recomendación **UIT-R** BT.1435 – *Canal de interacción para radiodifusión sonora y de televisión digital a través de la RTPC/RDSI*
- [10.8] Recomendación **UIT-R** BT.1507 – *Canal de interacción de los sistemas de telecomunicaciones inalámbricas mejoradas digitales (DECT)*
- [10.9] Recomendación **UIT-R** BT.1508 – *Canal de interacción utilizando el sistema mundial para comunicaciones móviles (GSM)*
- [10.10] Recomendación **UIT-R** BT.1564 – *Canal de interacción en los sistemas de distribución multipunto local*
- [10.11] Recomendación **UIT-R** BT.1434 – *Protocolos independientes de la red para sistemas interactivos*
- [10.12] Recomendación **UIT-R** BT.2037 – *Requisitos generales para las aplicaciones orientadas a la radiodifusión de los sistemas de radiodifusión y banda ancha integradas y utilización prevista de los mismos*
- [10.13] Recomendación **UIT-R** BT.1699 – *Armonización de los formatos de aplicaciones declarativas para la televisión interactiva*
- [10.14] Recomendación **UIT-R** BT.1722 – *Armonización del conjunto de instrucciones del motor de ejecución para las aplicaciones de televisión interactiva*
- [10.15] Recomendación **UIT-R** BT.1889 – *Entorno de aplicación común para servicios de radiodifusión digital interactivos*
- [10.16] Informe **UIT-R** BT.2025 – *Avances en el desarrollo y la implementación de la interactividad en los sistemas y servicios de radiodifusión*
- [10.17] Recomendación **UIT-R** BT.1832 – *Hipótesis de instalación y consideraciones de planificación de la radiodifusión de vídeo digital con canal de retorno terrenal (DVB-RCT)*

CAPÍTULO 11

Acceso condicional y protección de contenido en la radiodifusión de televisión digital

11.1 Aspectos generales

Numerosos organismos de radiodifusión estiman que es necesaria la encriptación total o parcial de sus programas de televisión. La encriptación es un mecanismo que permite controlar la recepción de programas de televisión únicamente por usuarios autorizados. En este Capítulo se describe el principio básico del acceso condicional (CA), así como varios sistemas de acceso condicional (CAS) en vigor, entre ellos la gestión de derechos digitales (DRM).

La necesidad en materia de encriptación obedece a dos motivos:

- ofrecer servicios de televisión de pago;
- limitar la recepción a zonas geográficas previamente definidas.

Por lo general, se propone la suscripción anual, mensual o incluso por hora (*ad hoc*) a la televisión de pago. Especialmente en el caso del acceso *ad hoc* (por ejemplo, para una determinada película o para un evento deportivo), la suscripción se realiza a menudo por la conexión a Internet del aparato de televisión inteligente. En otros casos, se suelen utilizar soportes lógicos o soportes físicos basados en el mecanismo CA.

La encriptación relativa al bloqueo geográfico está muy difundida en el caso de la radiodifusión por satélite, pero se utiliza también en la DTTB para evitar la recepción de un determinado programa de televisión fuera de la zona de servicio prevista. El bloque geográfico terrenal puede ser el resultado de la petición del regulador de un país, de un acuerdo de no competencia entre países vecinos o, con mayor frecuencia, de la decisión del titular de los derechos de propiedad intelectual de un programa de televisión cuando el organismo emisor no ha adquirido, o no ha podido adquirir, los derechos de transmisión para poblaciones situadas fuera de una zona de servicio definida previamente. En este caso, la clave del descifre suele ser gratuita para los usuarios situados dentro de la zona geográfica prevista.

La encriptación se puede aplicar a uno o varios programas transmitidos por un canal de televisión o al múltiplex total de los programas de televisión (como se muestra en la Figura 11.1). El CA se puede activar durante las 24 horas del día («canal de suscripción») o durante intervalos de tiempo específicos. El descifre técnico de un programa de televisión depende del sistema CA utilizado; hay opciones basadas en el soporte físico y en el soporte lógico. Estas últimas opciones están integradas en el decodificador o en el aparato de televisión en tanto que las correspondientes al soporte físico se basan por lo general en una interfaz específica para un módulo de acceso condicional (CAM). El tipo más común de ese tipo de interfaz tiene un módulo CI o CI+ (véanse las secciones *infra*).

Los estudios de la UIT relativos a los requisitos técnicos, de funcionamiento y a otros requisitos para sistemas de acceso condicional (CAS) utilizados en los sistemas de radiodifusión de televisión digital se llevan a cabo en el marco de la Cuestión de Estudio 49-1/6 del UIT-R [11.1].

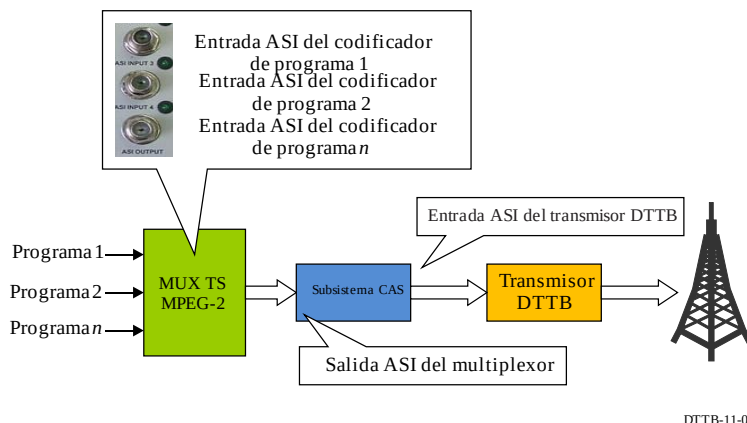
En la Recomendación UIT-R BT.1852 [11.2] y en el Informe UIT-R BT.1079 [11.3] se definen los principios fundamentales del diseño de sistemas de acceso condicional de la radiodifusión digital.

Los principios descritos en la Recomendación UIT-R BT.1852 deberían facilitar el desarrollo de sistemas de acceso condicional eficaces para el tren de transporte MPEG-2 (MPEG-2 TS) indicado en la Recomendación UIT-T H.222.0.³⁹

³⁹ Se prevé que, en el futuro, esta Recomendación abarcará el sistema de transporte de medios MPEG, definido en la Recomendación UIT-R BT.2074 (y ya utilizado en la TVUAD de 8k).

FIGURA 11.1

**Diagrama en bloques del principio de utilización de CA en la DTTB
(ejemplo de encriptación del tren de transporte MPEG-2 completo)**



El CAS se puede implantar como dispositivo separado después del multiplexor (como se observa en la Figura 11.1) o como parte de ciertos bloques típicos del lado transmisor de televisión digital (por ejemplo, en el codificador de vídeo/audio o en la estación cabecera de televisión por cable).

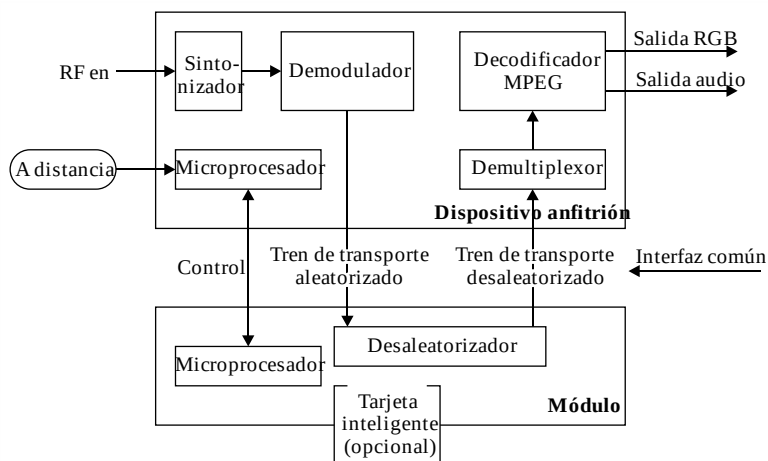
En el lado receptor, el CAS se puede implantar por medio de un módulo de soporte físico o como sistema integrado. Actualmente está muy difundida en la DTTB la utilización de sistemas con tarjeta porque la implantación del sistema integrado resulta más compleja para gran número de abonados. En los sistemas integrados, los algoritmos de descifre ya están almacenados en los receptores. Aunque esta modalidad puede ser conveniente para los usuarios, la adición de nuevos algoritmos (por ejemplo, para nuevos proveedores de servicio) requiere efectuar descargas en el dispositivo del usuario final que quizá tenga una capacidad limitada con respecto al número de algoritmos que puede almacenar.

11.2 Métodos de implantación del CAS

Con el fin de asegurar características comunes en lo que se refiere al CAS admitido, los receptores de televisión digital disponen por lo general de una interfaz conocida como interfaz común (CI) o, más recientemente, CI+ (véase la sección 11.2.3). La implantación de la CI tiene por finalidad normalizar el formato de los mensajes CAS intercambiados y los algoritmos comunes de aleatorización. En la Figura 11.2 se presenta un diagrama en bloques general de la utilización de la interfaz común en receptores de televisión digital.

FIGURA 11.2

**Ejemplo de módulo único en conexión con el dispositivo anfitrión
(véase la norma europea EN 50221)**



En esta Figura, el dispositivo anfitrión es el receptor de televisión digital corriente con sintonizador, demodulador, decodificador MPEG, demultiplexor y otros bloques utilizados para la recuperación en programas de radiodifusión de televisión. El módulo contiene un microprocesador de interfuncionamiento con los bloques del dispositivo anfitrión, el desaleatorizador y el submódulo de tarjeta inteligente opcional. Esta interacción se llevará a cabo a través de la interfaz común. Los protocolos de comunicación utilizados en esta interfaz se definen en varias capas para asegurar la funcionalidad necesaria. Esta funcionalidad contempla la capacidad de admitir numerosos módulos en un dispositivo anfitrión, la capacidad de admitir combinaciones de transacción complejas entre módulo y dispositivo anfitrión, así como un conjunto extensible de primitivas funcionales (objetos) con los cuales el dispositivo anfitrión puede suministrar recursos al módulo.

11.2.1 CAS para sistemas ISDB

Las especificaciones CAS para sistemas ISDB (radiodifusión digital de servicios integrados) se definen en la norma ARIB STD-B25 [11.6].

Esta norma se aplica a la totalidad del sistema de radiodifusión de televisión digital normalizada de servicios integrados, terrenal y por satélite, incluido el sistema de radiodifusión de televisión de alta definición.

La norma ARIB STD-B25 define el sistema de control para la recepción (sistema de acceso condicional) y control de la reproducción (sistema de reproducción condicional) utilizado en el sistema ISDB. Esta norma, que define una de las posibles opciones para CAS, es considerada sin embargo como sistema principal.

Los parámetros principales del sistema ARIB STD-B25 se definen en la Recomendación UIT-R BT.1852 [11.2]. El CAS para sistemas ISDB se conoce como sistema CAS-R. Este sistema utiliza el cifrado para aleatorizador y desaleatorizador basado en la norma MULTI2 (ISO/CEI 9979).

El CAS de la segunda generación se define en la norma ARIB STD-B61 [11.7], cuya descripción se presenta en la Recomendación UIT-R BT.1852 [11.2].

11.2.2 CAS para ATSC

La norma A/70 Parte 1 de ATSC [11.8], que define el CAS para la radiodifusión terrenal ATSC, describe únicamente los bloques constitutivos (Simulcrypt, Common scrambling, Host CA Software, Return Channel, y CA Module Interface) necesarios para asegurar la interoperatividad (es decir, todo módulo ATSC CA puede funcionar con cualquier dispositivo anfitrión compatible ATSC diseñado para admitir dicho módulo). Como el módulo ATSC CA puede ser diseñado para facilitar su sustitución, los dispositivos anfitriones ATSC están protegidos contra la obsolescencia pues se aumenta la seguridad, y es posible prever que esta norma esté vigente mientras lo esté la propia norma ATSC.

La norma A/70 Parte 2 de ATSC [11.9] define el método de utilización de los conceptos Simulcrypt para encriptar servicios de forma simultánea (asegurar la protección de servicios) con diferentes sistemas de protección de servicios sin transmitir numerosas copias de servicios de encriptado diferente [11.10]. La norma describe una arquitectura aplicable a sistemas de radiodifusión terrenal suministrados en un marco de suministro IP. Gracias a esta norma, que puede aplicarse a la radiodifusión de señales y servicios de televisión digital móvil ATSC y otros servicios prestados por IP, los organismos de radiodifusión pueden ofrecer servicios de pago recurriendo a otros sistemas de protección de servicios.

La Norma ATSC A/360:2019 especifica los mecanismos de seguridad y las protecciones de los servicios en los sistemas ATSC 3.0. La norma define un conjunto de métodos diseñados para asegurar los siguientes contenidos y flujos de datos descritos en otras especificaciones de ATSC 3.0:

- 1) protección de contenidos para la entrega de contenidos MPEG-DASH;
- 2) la autenticación de las aplicaciones de ATSC 3.0;
- 3) la autenticación de la Señalización de Radiodifusión de ATSC 3.0;
- 4) los datos interactivos intercambiados por una conexión de Internet entre una aplicación ATSC 3.0 y un servidor de contenidos web, incluida la utilización de la Seguridad de DNS;
- 5) los flujos de datos entre un dispositivo primario ATSC 3.0 y un dispositivo afín.

11.2.3 CAS para sistemas DVB

En la Recomendación UIT-R BT.1852 [11.2] se definen los parámetros principales del CAS para sistemas DVB-T y DVB-T2. En esa Recomendación, el sistema se conoce como «CEI 62455 con sistemas DVB». Utiliza el algoritmo de aleatorización común DVB (DVB-CSA) o AES-128 (obligatorio para dispositivos); también DES, 3DES y MULTI2 son posibles (opcional para dispositivos). La norma CEI 62455 define un sistema normalizado para controlar el acceso a los servicios de radiodifusión basados en el tren de transporte MPEG-2 para sistemas DVB. Esta norma también define cómo puede utilizarse ese mismo sistema para controlar el acceso a los servicios de radiodifusión con protocolo Internet (IP). Por consiguiente, la especificación tiene un amplio campo de aplicación en distintos sistemas de radiodifusión, particularmente en sistemas en los que no se puede asegurar la protección de paquetes del tren de transporte MPEG2 (por ejemplo, servicios IP suministrados en redes que no utilizan el protocolo MPEG2).

El sistema de acceso condicional para la DVB se puede implementar como SimulCrypt y MultiCrypt.

El sistema DVB SimulCrypt permite utilizar numerosos receptores con diferentes sistemas CA transmitiendo simultáneamente los datos de autorización para cada sistema CA. Hasta ahora no se han planteado problemas respecto a las posibles restricciones que la arquitectura DVB SimulCrypt podría imponer en la utilización de un método común de aleatorización y desaleatorización [11.16], [11.17], [11.18].

El sistema DVB MultiCrypt permite utilizar numerosos sistemas CA por un solo receptor mediante una interfaz común. En las normas EN 50221 [11.11] y R206-001 [11.12] se definen los principios de tratamiento y los parámetros básicos de la interfaz común para sistemas DVB, así como las correspondientes directrices de implementación. Ha sido normalizada la primera extensión, Common Interface v.2 [11.12], que permite implementar funciones adicionales como el soporte de funciones de estado/consulta, gestión de potencia y eventos, interfaz de aplicación hombre-máquina, protección de copias, descarga de soporte lógico y conductos de CA. Posteriormente, la especificación de la interfaz común fue actualizada como versión 3 [11.14].

Actualmente, las especificaciones Common Interface han sido ampliadas mediante la especificación CI Plus™ [11.15], que prevé métodos comunes (esto es, métodos independientes del sistema CA de sentido ascendente) para la autenticación mutua del módulo de acceso condicional de interfaz común (CICAM) y el dispositivo anfitrión, así como la encriptación de enlaces a través de la interfaz de retorno del CICAM al dispositivo anfitrión.

Se enumeran a continuación las características definidas como extensiones de la especificación CI Plus™ V1.3:

- Tratamiento de trenes múltiples.
- Contenido IP.
- Extensiones de navegador CI Plus™.
- Lanzamiento de la aplicación CICAM.
- Extensiones URI (información de reglas de utilización).
- Capacidad de marcado de contenido y transcodificación.

11.3 Protección de contenido y gestión de copias

Además del control de acceso al contenido de televisión y a otros contenidos en un entorno de radiodifusión, hay otra tarea técnica importante: la gestión de los diferentes aspectos del consumo de contenido por los usuarios finales. En particular, esto se refiere a la gestión de copias de contenido a los efectos de la gestión de derechos digitales (DRM).

Con el fin de resolver las tareas técnicas mencionadas anteriormente, se transmite información especial que contiene datos para el control del consumo de contenido en un tren de radiodifusión digital. Esta cuestión se destaca en el Informe UIT-R BT.2070-1 [11.5], en el cual se describen las técnicas más avanzadas de protección de contenido digital para la radiodifusión de televisión y servicios afines. La información proporcionada en este Informe se refiere a la descripción de amenazas comerciales a organismos de radiodifusión y a proveedores de contenido como resultado de los avances tecnológicos, las posibles dificultades para el uso legítimo del contenido de radiodifusión, la definición del modelo de arquitectura y los

conceptos de protección de contenido en entornos de radiodifusión. A título de ejemplo, se facilita una opción aplicada en Corea para la implementación de la protección de contenido.

Los sistemas DRM varían, pero todos ellos se fundan en dos conceptos: encriptación total o parcial del contenido por medio de claves propias al dispositivo o al usuario y autorización de acceso a esas claves únicamente a implementaciones conformes que obedecerán a los derechos concedidos.

Por ejemplo, la norma ARIB STD-B25 Parte 3 hace mención al sistema de protección de contenido (CPS) en el entorno ISDB. La Parte 3 de esta norma describe un sistema de control de acceso para la radiodifusión digital, un sistema de control de la recepción, en particular un sistema de protección de contenido para la recepción gratuita de programas, y define la aleatorización, las especificaciones de información asociadas así como las especificaciones de recepción afines [11.6].

El CPS para el entorno DVB se conoce como DVB-CPCM [11.18], sistema de protección de contenido y gestión de copias (CPCM) del contenido digital comercial suministrado a productos de consumo. El sistema CPCM gestiona la utilización del contenido desde la adquisición en el sistema CPCM hasta su consumo final o su exportación del sistema CPCM, con arreglo a las reglas de utilización particulares de ese contenido. Las posibles fuentes de contenido digital comercial son, entre otras, la radiodifusión (por ejemplo, por cable, por satélite y terrenal), los servicios Internet, los medios en paquetes y los servicios móviles. El sistema CPCM está destinado a ser utilizado para proteger todos los tipos de contenido comercial de audio y de vídeo, y las aplicaciones y datos asociados. Contiene especificaciones para facilitar la interoperatividad de ese contenido con los dispositivos del usuario en red, tanto para redes domésticas como para el acceso a distancia⁴⁰.

La protección de contenido y la gestión de copias para el entorno ATSC-1.0 se tratan en la norma A/98, «System Renewability Message Transport» [11.19], que define el método de transporte de los mensajes de renovación del sistema. Un mensaje de renovación del sistema (SRM) es un mensaje emitido por el administrador de un sistema de protección de contenido (CPS) que, cuando se envía a dispositivos que utilizan ese CPS, puede revocar el permiso de ciertos dispositivos o grupos de dispositivos para obtener contenido protegido por ese CPS. Diferentes CPS tendrán sus propios SRM para mantener la integridad de sus sistemas; por ejemplo, en caso de que se roben y clonen claves del dispositivo. Por otra parte, la norma ATSC A/65, «Program and System Information Protocol for Terrestrial Broadcast and Cable» [11.20], contempla un «indicador de acceso controlado» para señalar que se puede controlar el acceso de eventos asociados con el canal de radiodifusión.

ATSC 3.0 utiliza el Perfil DASH-IF ATSC como contenedor de medios que se envía al receptor a través de una emisión de radiodifusión para su consumo. Como sistema de gestión de derechos digitales adecuado para ser utilizado con ISO BMFF, se ha especificado la Encriptación Común de MPEG (CENC). Cualquier medio que requiera encriptación DRM por ATSC 3.0 utilizará la Encriptación Común de MPEG (CENC).

Los servicios y contenidos de ATSC 3.0 pueden protegerse mediante encriptación común y uno o varios sistemas DRM. Se pueden proporcionar varias licencias a un solo servicio o contenido mediante varios sistemas DRM simultáneos. Un servicio o contenido ATSC 3.0 protegido por DRM se encripta de conformidad con la norma de Encriptación Común mediante el algoritmo AES-128 o bien en el modo CTR o bien en el modo CBC.

⁴⁰ DVB-CPCM (véase nota descriptiva en: https://www.dvb.org/resources/public/factsheets/DVB-CPCM_Factsheet.pdf.)

Bibliografía del Capítulo 11

- [11.1] Cuestión **UIT-R** 49-1/6, *Sistemas de radiodifusión de acceso condicional*
- [11.2] Recomendación **UIT-R** BT.1852, *Sistemas de acceso condicional para la radiodifusión digital*
- [11.3] Informe **UIT-R** BT.1079-1, *Características generales de un sistema de radiodifusión de acceso condicional*
- [11.4] Informe **UIT-R** BT.2052, *Protection of end-users' privacy in interactive broadcasting systems* (Protección de la privacidad de los consumidores en los sistemas de radiodifusión interactivos) (publicado únicamente en inglés)
- [11.5] Informe **UIT-R** BT.2070-1, *Broadcasting of content protection signalling for television* (Radiodifusión de señalización con protección de contenido para televisión) (publicado únicamente en inglés)
- [11.6] **ARIB** STD-B25 – *Conditional access system specifications for digital broadcasting*
- [11.7] **ARIB** STD-B61 – *Conditional access systems (second generation) and CAS program download system specifications for digital broadcasting*
- [11.8] **ATSC** Norma A/70 Parte 1:2010 – *Conditional Access System for Terrestrial Broadcast*
- [11.9] **ATSC** Norma A/70 Parte 2: 2011 – *Conditional Access System for Terrestrial Broadcast Service Protection using Simulcrypt for Internet Protocol-Delivered Services*
- [11.10] **DVB** EN 50221 – *Common Interface Specification for Conditional Access and other Digital Video Broadcasting Decoder Applications*
- [11.11] **CENELEC** R206-001 – *Guidelines for Implementation and Use of the Common Interface for DVB Decoder Applications*
- [11.12] **ETSI** TS 101 699 – *Digital Video Broadcasting (DVB); Extensions to the Common Interface Specification*
- [11.13] **ETSI** TS 100 289 – *Digital Video Broadcasting (DVB); Support for use of the DVB Scrambling Algorithm version 3 within digital broadcasting systems*
- [11.14] **ETSI** TS 103 205 – *Digital Video Broadcasting (DVB); Extensions to the CI Plus™ Specification*
- [11.15] **ETSI** TS 101 197 – *Digital Video Broadcasting (DVB); DVB SimulCrypt; Head-end architecture and synchronization*
- [11.16] **ETSI** TS 103 197 – *Digital Video Broadcasting (DVB); Head-end implementation of DVB SimulCrypt*
- [11.17] **ETSI** TR 102 035 – *Digital Video Broadcasting (DVB); Implementation Guidelines of the DVB Simulcrypt Standard*
- [11.18] **ETSI** TS 102 825 (Partes 1-14) – *Digital Video Broadcasting (DVB); Content Protection and Copy Management (DVB-CPCM)*
- [11.19] **ATSC** Norma A/98: 2007 – *System Renewability Message Transport*
- [11.20] **ATSC** Norma A/65: 2013 – *Program and System Information Protocol for Terrestrial Broadcast and Cable*
- [11.21] **ATSC** Norma A/360:2019 – *ATSC 3.0 Security and Service Protection*

CAPÍTULO 12

Calidad de la señal de banda base

12.1 Introducción

Para seleccionar un formato vídeo y audio, así como la velocidad binaria media, se recomienda utilizar la información presentada en el Capítulo 3 (Requisitos para la implantación de redes de radiodifusión de televisión terrenal digital).

Si fuera necesario un análisis complementario para evaluar en qué medida cambia la calidad cuando no se utilizan los valores recomendados, los datos facilitados en esta sección pueden servir de orientación.

La estimación de la calidad de audio y de vídeo en sistemas de televisión está relacionada a menudo con la evaluación de la incidencia de posibles fuentes de degradación, como las siguientes:

- Los sistemas de compresión de audio/vídeo: En este caso, la estimación de la calidad de vídeo se refiere a la eficacia de los algoritmos de compresión de vídeo con respecto al compromiso entre velocidad binaria y calidad subjetiva/objetiva.
- El canal de transmisión: En este caso, se estima la precisión del vídeo recuperado tras su paso por la cadena de difusión de extremo a extremo. Sin embargo, en la radiodifusión digital, este último aspecto no incide en la calidad de imagen ni tampoco da lugar a una degradación completa de la imagen con una muy pequeña transición entre ellas.

Hay dos formas de cuantificar el nivel de calidad de una fuente de audio o una fuente de vídeo:

- Objetivamente (estimación objetiva), recurriendo a medidas matemáticas que calculan el índice de calidad basándose en valores de los píxeles de la señal de vídeo (o de la señal de audio) de salida.
- Subjetivamente (estimación subjetiva), cuando la evaluación se efectúa mediante una selección de espectadores oyentes con arreglo a una metodología definida con antelación.

Las medidas objetivas de calidad son herramientas de evaluación de la calidad más fáciles y más rápidas. Están previstas para que sean utilizadas en un amplio conjunto de aplicaciones produciendo los mismos resultados con un conjunto determinado de secuencias de vídeo. La selección de las secuencias de vídeo que se utilizarán y la interpretación de las mediciones objetivas resultantes deberían adaptarse a la aplicación prevista. Las medidas objetivas pueden servir para evaluar de forma fiable los sistemas de compresión de la misma familia (por ejemplo, los códecs de bloques MPEG-4, MPEG-2), dado que pueden ofrecer distorsiones visuales similares. En la sección 12.2 figura un resumen de las medidas objetivas en vigor.

Los métodos de evaluación subjetiva de la calidad son procedimientos creados para determinar la opinión media de los espectadores respecto a un conjunto específico de secuencias de vídeo para una aplicación dada. Por este motivo, su configuración es más compleja pero más representativa de las respuestas sobre el nivel de calidad dadas por los espectadores. Los resultados son muy útiles en la concepción básica de los sistemas y en las pruebas de evaluación de referencia. Las evaluaciones subjetivas de la calidad para una aplicación diferente en otras condiciones seguirán dando resultados reveladores, aunque las notas de opinión para el mismo conjunto de secuencias de vídeo sean diferentes [12.1]. En la sección 12.3 figura un resumen de las medidas subjetivas en vigor.

Las mediciones objetivas y las evaluaciones subjetivas de la calidad son, por tanto, complementarias pero no intercambiables. Las evaluaciones subjetivas son necesarias para determinar las velocidades binarias requeridas y mantener un cierto nivel de calidad, para seleccionar las velocidades binarias de transmisión, etc. Las mediciones objetivas se necesitan para las especificaciones de equipos y para la medición y el control diarios de la calidad de funcionamiento de los sistemas.

Los tipos más comunes de procesos de control de calidad son los siguientes:

- Manual sobre control de calidad (Verificación del programa «*Golden eyes/ears*»).
- Control de calidad automatizado (Verificación de los niveles de la señal y las normas).

- Conformidad de la estructura de los ficheros (Verificación de las normas de los ficheros, por ejemplo, AS11 DPP).
- Análisis de la estructura de los ficheros (Análisis profundo en caso de fallos en la estructura de los ficheros).

En el marco complejo de la distribución multiplataforma y la producción IP integradas, con el riesgo de alteraciones debidas a actualizaciones triviales y progresivas de microprogramas y códecs, las evaluaciones objetivas «*Golden eyes/ears*» regulares de la cadena completa podrían ser las más pragmáticas.

La UER ha elaborado un Programa Estratégico de Control de Calidad que se ocupa de la evaluación de la calidad audiovisual⁴¹.

12.2 Estimación objetiva de la calidad de sistemas de compresión en la televisión digital

Los métodos objetivos se basan en la puesta a prueba de los parámetros de la señal utilizando un equipo de medición. Los resultados de las pruebas objetivas no proporcionan una información completa sobre las apreciaciones de los espectadores con respecto al programa observado. Especialmente en la televisión digital, puede ocurrir que no haya correlaciones exactas entre perturbación de la imagen y percepción visual de los espectadores [12.1].

Los documentos normativos [12.2] y [12.13] describen la utilización de parámetros técnicos de calidad para los trenes de vídeo y audio MPEG en la estimación objetiva de la calidad de los sistemas terrenales digitales.

12.2.1 Mediciones objetivas para la estimación de la calidad de la compresión de vídeo

Se las conoce como mediciones perceptuales objetivas. Se trata de mediciones de la calidad de funcionamiento de una cadena de programa utilizando imágenes de tipo programa de televisión y métodos de medición objetiva (con ayuda de instrumentos) para obtener una indicación aproximada de la nota que se habría obtenido con una evaluación subjetiva. Hay tres métodos básicos para efectuar las mediciones objetivas:

- Referencia completa (FR): Método aplicable cuando se dispone de la señal de vídeo de referencia completa. Se trata de un método de dos extremos.
- Referencia Reducida (RR): Método aplicable cuando sólo se dispone de información de referencia de vídeo reducida. Se trata también de un método de dos extremos.
- Sin Referencia (NR): Método aplicable cuando no se dispone de la señal de vídeo de referencia ni de información. Se trata de un método de un solo extremo.

Teniendo en cuenta los trabajos realizados por el VQEG⁴², el UIT-R ha elaborado Recomendaciones relativas a la técnica de medición perceptual objetiva de la calidad de vídeo para aplicaciones de radiodifusión en presencia de la señal de referencia completa: [12.3] para la TVDN, [12.4] para definición reducida. En relación con la técnica de medición perceptual objetiva de la calidad de vídeo para aplicaciones de radiodifusión con ancho de banda reducido, véase [12.5] para definición reducida y [12.6] para la TVDN.

12.2.2 Mediciones objetivas para la estimación de la calidad de la transmisión de vídeo

Entre ellas pueden mencionarse las siguientes:

- precisión de la sincronización del tren de programas (fluctuación y errores en la señal de sincronización);
- nivel de distorsiones estructurales;

⁴¹ Para una información más completa, véase <https://tech.ebu.ch/groups/btf>.

⁴² Grupo de Expertos en calidad del vídeo.

- mediciones de errores temporales en las secuencias de vídeo (VFLR⁴³, VFDR⁴⁴, TER⁴⁵).

Las medidas que pueden utilizarse para determinar el nivel de distorsiones estructurales son las siguientes:

- Tasa de errores en los píxeles (PxER);
- Tasa de errores en los bloques MPEG (BLER);
- Tasa de errores en los macrobloques MPEG (MBLER);
- Tasa de errores en segmentos MPEG;

Para la estimación de la influencia de las distorsiones que surgen en el canal de radiodifusión a nivel de las secuencias de vídeo, se pueden utilizar las siguientes medidas de calidad técnica:

- Tasa de pérdida de tramas vídeo (VFLR);
- Tasa de decodificación de tramas vídeo (VFDR);
- Tasa de errores de temporización (TER);
- Relación señal/ruido de cresta (PSNR) para vídeo;
- Medida de la calidad de vídeo (VQM);
- Medida de la calidad de las imágenes en movimiento (MPQM);
- Índice de similitud estructural (SSIM);
- Medida de la calidad de ruido (NQM).

12.2.3 Mediciones objetivas para la estimación de la calidad de audio

Para la evaluación objetiva de la calidad de audio, se tienen en cuenta los siguientes aspectos:

- Sonoridad;
- Verdadero valor de cresta máximo;
- Gama de sonoridad;
- Respuesta en frecuencia;
- Relación señal/ruido;
- Compatibilidad monofónica (diferencia de fase entre canales)/correlación.

Para el canal de transmisión del contenido audio, habría que tener en cuenta los siguientes parámetros:

- Ancho de banda nominal (qué ancho de banda autoriza el códec);
- Nivel de ruido;
- Velocidad de datos;
- Fluctuación;
- Tasa de errores en los bits;
- Variación de retardo de grupo;
- Respuesta en amplitud;
- Distorsión no lineal (THD);
- Distorsión de intermodulación.

Para el audio de sistemas de televisión digital, en la Recomendación UIT-R BS.1387 [12.14] se definen métodos para la estimación objetiva de la calidad de audio comprimido percibida.

⁴³ VFLR: Tasa de pérdida de tramas vídeo

⁴⁴ VFDR: Tasa de decodificación de tramas vídeo

⁴⁵ TER: Tasa de errores de temporización

La Recomendación UIT-R BS.1387 [12.14] es un tratado muy riguroso, y que reviste aún importancia, sobre la medición objetiva de audio de velocidad binaria reducida. En ella se señala sin embargo que el procedimiento de ajuste de calidad perceptual tiene lugar antes de poner en servicio una unidad de equipo o un circuito, con el fin de verificar su funcionalidad y calidad (para el usuario final). En términos de radiodifusión esto significa que todos los elementos que contribuyen a la señal audiovisual (audio, vídeo, subtítulos, narración clara, descripción de audio, signos vídeo/avatar, etc.) se producen con una calidad adecuada para el consumo. La calidad (objetiva) real de la experiencia obtenida por el usuario final podrá ser superior a la suma de las partes cuando en la ecuación se tengan en cuenta opciones personalizadas.

Un peligro del método integrado de producción de contenido y difusión multiplataforma de contenido audiovisual (especialmente por infraestructuras IP) es que modifica el soporte lógico de funcionamiento (microprogramas) y los parámetros del códec. Un cambio trivial en el microprograma de un elemento de toda la cadena audiovisual podría tener gran incidencia en la calidad de experiencia del usuario final (por ejemplo, errores visibles en la sincronización de los labios); por este motivo, el concepto de ajuste de calidad perceptual introducido en [12,14] rara vez se utiliza en la práctica.

12.2.4 Observaciones sobre futuros avances

Los avances de la tecnología audio en televisión no se limitan a las configuraciones estereofónicas y de canal 5.1 tradicionales y apuntan a la reproducción multicanal (hasta canales altavoz de formato 2.2) inmersiva que contempla la representación de la altura, así como señales audio basadas en escenas y en objetos.

Este último aspecto facilitará en especial los servicios de audio de los organismos de radiodifusión, como la personalización y la accesibilidad para el usuario con dificultades de percepción. Se prevé que la ventaja para los organismos de radiodifusión sea la simplificación de la producción de audio dado que responderá a un proceso único pues los elementos de las señales de audio basados en objetos se reproducen en el receptor con arreglo a las preferencias de los usuarios y las configuraciones de altavoces reales.

Tampoco hay que olvidar que las tendencias actuales del consumo de servicios de televisión se extienden a la utilización móvil/portátil y no lineal donde, en particular, el consumo de audio se realiza por medio de auriculares o cascos. Los servicios avanzados necesitarán alguna tecnología similar a la tecnología binaural para la transferencia a esas plataformas.

A los efectos de la evaluación, es fundamental tener un sistema de reproducción normalizado que sea capaz de reproducir todas las tecnologías y tipos de contenido mencionados en la Recomendación UIT-R BS.2051 [12.15] relativa a sistemas de sonido avanzados, la Recomendación UIT-R BS.2076 [12.16] y el Informe UIT-R BS.2388 [12.17]. Esta labor está actualmente en curso en el Grupo de Trabajo 6C del UIT-R. El sistema de reproducción debe utilizarse para las evaluaciones de calidad en general, así como para la medición de la sonoridad y la producción de sonidos.

Asimismo, será importante elaborar y acordar métodos para la evaluación objetiva y subjetiva de sistemas de sonido avanzados.

Para una información más completa sobre los parámetros de calidad de transmisión, véase el Capítulo 7.

12.3 Estimación subjetiva de la calidad de sistemas de compresión en la televisión digital

Las evaluaciones subjetivas se fundan en la observación del programa correspondiente por grupos de observadores, que dan opiniones adecuadas sobre la calidad del programa que son tratadas de forma estadística [12.1].

En la Recomendación UIT-R BT.500-13 [12.8] se definen los métodos básicos de estimación subjetiva, utilizados para poner a prueba nuevos códecs y/o los códex existentes durante la compresión de vídeo en los sistemas de televisión. Se describen en ella dos métodos básicos:

- El método DSCQS (escala de calidad continua de doble estímulo) utiliza una escala de calidad continua. Puede obtener en particular resultados precisos para diferencias de calidad muy pequeñas y cuando la degradación tiene un efecto positivo o negativo en la calidad. Con este método se mide la calidad de la implementación del sistema de compresión en relación con una referencia.

- Método de evaluación DSIS (escala de degradación con doble estímulo), basado en escalas de degradación acordadas para pruebas psicofísicas de televisión. Las escalas se utilizan de forma controlada y definida; los resultados obtenidos de las pruebas son válidos, fiables y coherentes entre pruebas. Con este método se mide la solidez de los sistemas (esto es, las características de degradación).

Se enumeran a continuación otros métodos de estimación subjetiva:

- Método de estímulo único (SS): se presenta una sola imagen o secuencia, un índice de toda la presentación. Contiene: métodos de apreciación por categorías numéricas, métodos que no utilizan una escala de apreciación por categorías y métodos de calidad de funcionamiento.
- Métodos de comparación de estímulos (SC): se presentan dos imágenes o secuencias, un índice de la relación entre las dos presentaciones. Contiene: métodos de apreciación por categorías de adjetivos, métodos que no utilizan una escala de apreciación por categorías y métodos de calidad de funcionamiento.
- Método de evaluación de calidad continua de estímulo único (SSCQE): se mide continuamente el vídeo codificado digitalmente (dependiente de la escena y variable en el tiempo); los sujetos visualizan el material una vez, sin la referencia fuente.
- Método de doble estímulo simultáneo para evaluación continua (SDSCQE): se introducen condiciones de referencia en el método SSCQE.

En [12.8] se describen los métodos generales de evaluación subjetiva. Los detalles relativos a la aplicación de la evaluación subjetiva de los sistemas medidos pueden hallarse en las siguientes recomendaciones afines:

- Recomendación UIT-R BT.1128, Evaluación subjetiva de los sistemas de televisión convencional
- Recomendación UIT-R BT.1129, Evaluación subjetiva de sistemas de televisión digital con definición normalizada (SDTV)
- Recomendación UIT-R BT.710, Métodos de evaluación subjetiva de la calidad de las imágenes en sistemas de televisión de alta definición
- Recomendación UIT-R BT.812, Evaluación subjetiva de la calidad de las imágenes alfanuméricas y gráficas en servicios de teletexto y similares
- Recomendación UIT-R BT.1210, Materiales de prueba que han de utilizarse en las evaluaciones de la calidad de imagen
- Recomendación UIT-R BT.2021, Métodos de evaluación subjetiva de los sistemas de televisión 3D estereoscópica
- Recomendación UIT-R BT.2022, Condiciones generales de observación para la evaluación subjetiva de la calidad de las imágenes de TV de definición convencional y de TVAD en monitores de pantalla plana
- Recomendación UIT-R BT.2035, Entorno de observación de referencia para la evaluación de material de programas o programas completos de TVAD
- Recomendación UIT-R BT.1788, Metodología para la evaluación subjetiva de la calidad de vídeo en aplicaciones multimedia

Con respecto a los sistemas de televisión, la evaluación de audio se puede llevar a cabo aplicando los métodos subjetivos enumerados a continuación:

- Recomendación UIT-R BS.1116, Métodos para la evaluación subjetiva de pequeñas degradaciones en los sistemas de audio
- Recomendación UIT-R BS.1284, Métodos generales para la evaluación subjetiva de la calidad de sonido
- Recomendación UIT-R BS.1285, Métodos de preselección para la evaluación subjetiva de pequeñas degradaciones en los sistemas de audio
- Recomendación UIT-R BS.1286, Métodos para la evaluación subjetiva de los sistemas de audio con acompañamiento de imagen

- Recomendación UIT-R BS.1534, Método para la evaluación subjetiva del nivel de calidad intermedia de los sistemas de audio
- Recomendación UIT-R BS.1679, Evaluación subjetiva de la calidad del sonido en aplicaciones de imágenes digitales en pantalla grande destinadas a la exhibición en grandes salas

Bibliografía del Capítulo 12

- [12.1] Karwowska-Lamparska, Alina World progress in video and audio quality evaluation and control in broadcasting systems *Technology of digital broadcasting: strategy of introduction in Ukraine (DBT-2011)*. Proceedings of international scientific-technical conference, Odessa, ONAT n.a. A.S. Popov, 20–22, junio de 2011.
- [12.2] Recomendación UIT-R BT.1683, *Técnicas de medición objetiva de la calidad de vídeo perceptual para la radiodifusión de televisión digital de definición convencional en presencia de una referencia completa*
- [12.3] Recomendación UIT-R BT.1721, *Medición objetiva de la calidad perceptual de imagen en aplicaciones de imágenes digitales en pantalla grande para exhibición en grandes salas*
- [12.4] Recomendación UIT-R BT.1866, *Técnicas de medición objetiva de la calidad visual percibida para aplicaciones de radiodifusión que utilizan la televisión de definición reducida en presencia de una señal de referencia completa*
- [12.5] Recomendación UIT-R BT.1867, *Técnicas de medición objetiva de la calidad visual percibida para aplicaciones de radiodifusión que utilizan la televisión de definición reducida en presencia de una referencia de anchura de banda reducida*
- [12.6] Recomendación UIT-R BT.1885, *Técnicas de medición objetiva de la calidad de vídeo perceptual para la radiodifusión de televisión digital de definición convencional en presencia de una referencia de anchura de banda reducida*
- [12.7] Recomendación UIT-R BT.1907, *Técnicas de medición objetiva de la calidad de percepción de vídeo para las aplicaciones de radiodifusión que utilizan TVAD en presencia de una señal de referencia completa*
- [12.8] Recomendación UIT-R BT.500-13, *Metodología para la evaluación subjetiva de la calidad de las imágenes de televisión*
- [12.9] Recomendación UIT-R BT.813, *Métodos de evaluación de la calidad de la imagen en relación con las degradaciones debidas a la codificación digital de las señales de televisión*
- [12.10] Recomendación UIT-R BT.1676, *Marco metodológico para la especificación de la precisión y la calibración mutua de las métricas de la calidad de la imagen*
- [12.11] Recomendación UIT-R BT.1790, *Requisitos para la supervisión de las cadenas de radiodifusión durante el funcionamiento*
- [12.12] Recomendación UIT-R BT.1908, *Técnicas de evaluación de la calidad de vídeo objetiva para las aplicaciones de radiodifusión que utilizan TVAD en presencia de una señal de referencia reducida*
- [12.13] Informe UIT-R BT.2020, *Tecnología de evaluación objetiva de la calidad en un entorno digital*
- [12.14] Recomendación UIT-R BS.1387, *Método para mediciones objetivas de la calidad de audio percibida*
- [12.15] Recomendación UIT-R BS.2051, *Sistemas de sonido avanzados para la producción de programas*
- [12.16] Recomendación UIT-R BS.2076, *Modelo de Definición de Audio*
- [12.17] Informe UIT-R BS.2388, *Usage guidelines for the audio definition model and multichannel audio files* (Directrices de utilización del modelo de definición de audio y de los ficheros de audio)

CAPÍTULO 13

Receptores de televisión digital

13.1 Aspectos generales de los receptores DTTB

En la actualidad, los receptores de televisión digital se pueden implementar de numerosas formas pero es obligatoria la compatibilidad con una norma propia al sistema de radiodifusión (por ejemplo, ATSC, ISDB, DTMB, DVB, etc.). Este requisito supone la utilización de los mismos algoritmos correspondientes a la norma básica descrita en el Capítulo 9 para asegurar la recepción de la señal del servicio de televisión digital (conforme al cumplimiento de las condiciones de recepción satisfactoria). El resto de las funcionalidades del receptor, que pueden variar entre un fabricante y otro, está determinada por el costo del receptor y otras exigencias del cliente. Las partes del receptor que no están normalizadas (por ejemplo, la estimación de canal y el bloque de compensación) por la norma básica del sistema se pueden implementar de diversas formas.

Durante la transición a la radiodifusión digital, se plantea el problema de ofrecer a la población receptores adecuados. En este caso, tal vez sea necesario ponerla al corriente de las ventajas de la transición y definir una serie mínima de requisitos relativos al equipo para la recepción de la señal de televisión digital. Un componente importante para que la transición sea un acierto es la calidad de la radiodifusión, tanto técnica como no técnica. Por lo general, la calidad es el factor determinante para los usuarios. También es importante el costo vinculado a la transición: si los precios son muy elevados, es probable que los usuarios pierdan interés, de modo que el compromiso entre calidad y funcionalidad resulta importante.

13.2 Requisitos de los receptores DTTB

En general, el receptor DTTB está definido por una serie de requisitos que comprende, entre otros, los siguientes componentes:

- sintonizador RF;
- demodulador;
- decodificador de audio;
- decodificador de vídeo;
- interfaces;
- soporte físico;
- soporte lógico;
- otros componentes.

Los requisitos de los receptores de radiodifusión de televisión digital deben tener en cuenta la relación entre requisitos específicos y base normativa nacional en vigor y futura en materia de normas técnicas. Esta consideración permitirá la verificación de bloques separados del equipo receptor para asegurar su compatibilidad con normas nacionales e internacionales definidas.

Se puede definir una serie mínima de requisitos relativos al receptor para diversos perfiles de la señal –por ejemplo, para la televisión digital de alta definición y de definición normalizada– con miras a suministrar diferentes perfiles de población con servicios de radiodifusión digital diferenciados.

Un receptor de radiodifusión de televisión digital puede contener uno o más módulos RF que permitan la recepción de programas distribuidos a partir de una transmisión por satélite, por cable o terrenal. Durante la transición de sistemas de televisión de una generación a otra (analógica a digital o digital a digital, por ejemplo, del sistema DVB-T al sistema DVB-T2), es una práctica común que los receptores aseguren la recepción de más de una generación de sistemas de televisión.

La aleatorización del tren de transporte es un procedimiento de gestión de un acceso al servicio de radiodifusión de televisión digital a la carta. El método puede utilizarse también para servicios gratuitos pero de acceso limitado para usuarios no autorizados a la red de radiodifusión digital y para controlar los derechos de autor

en caso de su distribución y grabación mediante dispositivos PVR o VCR. El método de aleatorización (si se aplica), definido por cada organismo de radiodifusión, está implementado en general por un módulo de acceso condicional (CAM). En el Capítulo 11 se examina de forma más exhaustiva el acceso condicional.

Un requisito opcional puede ser la itinerancia mundial para la radiodifusión. La itinerancia para la radiodifusión puede ser de utilidad para los usuarios que viajan por el mundo. La implementación de la itinerancia para la radiodifusión necesitará las funciones adicionales de:

- portabilidad;
- compatibilidad con diversos sistemas de radiodifusión
- obtención de información sobre los programas.

En la Recomendación UIT-R BT.2072 [13.1] se facilita una información más completa sobre los requisitos de la itinerancia para la radiodifusión.

Son numerosas las normas de radiodifusión digital utilizadas actualmente en todo el mundo. En las Recomendaciones UIT-R BT.1368 [13.2] y UIT-R BT.2033 [13.3] se describen los criterios de planificación, en especial las relaciones de protección, para los sistemas de televisión terrenal digital de la primera y la segunda generación, respectivamente. Asimismo, en la Recomendación UIT-R BT.2036 [13.4] se enumeran en forma detallada características del receptor importantes para una recepción satisfactoria de televisión. En el Informe UIT-R BT.2215 [13.5] se facilitan los resultados de mediciones de laboratorio efectuadas en varios receptores de televisión digital.

En las secciones siguientes se describen las normas disponibles para receptores de televisión digital en las bandas de ondas métricas y decimétricas. En la sección 13.2.5 figura un resumen de los requisitos generales.

13.2.1 Receptores del sistema ATSC

Los requisitos relativos al receptor del sistema ATSC están definidos en las Prácticas Recomendadas y normas siguientes⁴⁶:

- Práctica Recomendada A/74:2010 «*Receiver Performance Guidelines*» [13.6]. El documento examina la parte frontal de un receptor fijo de radiodifusión de televisión terrenal digital. Las directrices sobre calidad de funcionamiento recomendadas que se enumeran en este documento tienen por objeto asegurar una recepción fiable. Las directrices relativas al rechazo de interferencias están basadas en los factores de planificación de la FCC que se utilizaron para analizar la cobertura y la interferencia para las adjudicaciones del canal TVD iniciales. Las directrices para el tratamiento de la sensibilidad y los trayectos múltiples reflejan la experiencia acumulada sobre el terreno gracias a las pruebas realizadas por ATTC, MSTV, NAB y fabricantes de receptores.
- Práctica Recomendada A/174:2010 «*Mobile Receiver Performance Guidelines*» [13.7]. El documento aborda los estados de la señal que pueden hallarse con la evaluación de la posible repercusión en la parte frontal de un receptor de radiodifusión de televisión digital móvil basado en la norma A/153 (ATSC-M/H). Este documento enumera las directrices recomendadas en materia de calidad de funcionamiento cuya finalidad es optimizar la recepción. En general, las recomendaciones que figuran en este documento se fundan en las formuladas en la Práctica Recomendada A/74 (que se aplica a receptores terrenales fijos), a las que se añaden nuevas directrices de interés para la recepción móvil. Las nuevas áreas o áreas diferentes en las que se formulan recomendaciones son, entre otras, las siguientes: el multitrayecto dinámico, las configuraciones de antena en receptores móviles, los efectos de fuentes de alimentación más limitadas, la posible proximidad a señales interferentes y la presencia de dispositivos sin licencia con radiación en las bandas de televisión.

⁴⁶ Conviene señalar que, en el momento de redactar el presente Manual, ATSC está elaborando una nueva serie de normas, ATSC 3.0, para la televisión digital. La información actual relativa a estas normas, tanto definitivas como previstas, puede hallarse en la página web de ATSC, www.atsc.org.

- ATSC Norma A/53, Partes 1 a 6 «ATSC Digital Television Standard» [13.8]. La norma de televisión digital describe las características del sistema de televisión avanzada (TVA). El documento y sus partes normativas formulan una especificación detallada de los parámetros del sistema, en particular los formatos de exploración a la entrada del codificador de vídeo y los parámetros de tratamiento previo y compresión del codificador de vídeo, el formato de la señal de entrada al codificador de audio y los parámetros de tratamiento previo y compresión del codificador de audio, las características y especificaciones normativas del multiplex de servicio y de la capa de transporte, así como el subsistema de transmisión/RF VSB.

13.2.2 Receptores de ATSC 3.0

Los requisitos relativos al receptor del sistema ATSC 3.0 se describen en:

- CTA-CEB32.2, «Recommended Practice for ATSC 3.0 Television Sets, Physical Layer» [13.30]. Este documento formula recomendaciones a los fabricantes de televisores sobre cómo capturar y procesar la señal global.

13.2.3 Requisitos generales

Los requisitos generales de los receptores DTTB se muestran en el Cuadro 13.1. En este Cuadro se definen los posibles valores de los parámetros particulares facilitados en las normas correspondientes, pero no es preciso que todos los receptores las cumplan en su totalidad. No se facilitan los parámetros específicos de un sistema DTTB en particular ni los parámetros de RF de cada sistema de transmisión. La información detallada de un sistema DTTB concreto figura en los documentos pertinentes que se enumeran en las referencias de esta sección así como en las secciones pertinentes del Capítulo 9 del presente Manual.

CUADRO 13.1

Resumen de posibles requisitos de los receptores de radiodifusión de televisión terrenal digital

Parámetro	Valor	Nota
Formato de imagen	4:3, 16:9	La imagen se puede redimensionar teniendo en cuenta los distintos formatos admitidos
Resolución de vídeo	TVAD, TVDN, TVUAD de 4K y 8K	
Velocidad/exploración de trama	25P, 50I, 50P, 30P, 59.94I, 60I, 60P, 120P	
Servicio de vídeo	TV convencional, TV3D	
Compresión de vídeo	MPEG-2, MPEG-4 AVC/H.264, SVC, HEVC/H.265, AVS	
Colorimetría	Recs. UIT-R BT.601, UIT-R BT.709 y UIT-R BT.2020	
Funcionalidades de vídeo adicionales	Sobreexploración, ajuste gradual entre UAD, AD y DN, descriptor de formato activo (AFD), señalización de gran pantalla (WSS), grabador de vídeo personal (PVR), desplazamiento temporal, HDR, HFR	A título de ejemplo
Modo audio	Mono, estéreo, multicanal	
Compresión de audio	MPEG-1, MPEG-2, MPEG-4, HEVC, AC3, DTS	
Soporte lógico intermedio	MHP, GEM, Ginga, MHEG-5	(O cualquier otra implementación de soporte lógico intermedio)

CUADRO 13.1 (*fin*)

Parámetro	Valor	Nota
Funcionalidad del servicio	EPG, subtítulos y teletexto (en modos «normal» y «discapacidad auditiva»), depuración de audio, leyendas codificadas u ocultas, actualización de soporte lógico, acceso LAN (Ethernet rápida, LAN inalámbrica o por línea eléctrica), sistema híbrido de radiodifusión de televisión y banda ancha (por ejemplo, HbbTV)	A título de ejemplo
Interfaces	Interfaz común (CI) y CI+, Ethernet, S/PDIF (óptica o eléctrica), HDMI, YPbPr, bucle de RF, SCART	A título de ejemplo

13.3 Soporte lógico intermedio para receptores TVD

El soporte lógico intermedio es una capa de soporte lógico situada entre el código de aplicación y la infraestructura de tiempo de ejecución (plataforma de soporte físico y sistema operativo). El soporte lógico intermedio para aplicaciones de televisión digital consta por lo general de motores de lenguaje y bibliotecas de funciones. La existencia de este soporte lógico constituye un requisito previo para la elaboración fácil y rápida de aplicaciones de televisión.

El soporte lógico intermedio del receptor DTTB es un elemento básico para la interacción del usuario con el equipo receptor. Entre sus requisitos pueden mencionarse los siguientes: flexibilidad, amplia funcionalidad y simplicidad de la interfaz del programa. Ocurre a menudo que no puede cumplirse un requisito sin que se complique otro requisito. En un gran número de casos, por consiguiente, la implementación de ciertos soportes lógicos intermedios es un compromiso. Es conveniente actualizar el software del receptor durante la introducción de nuevos servicios, en especial las actualizaciones que necesitan que el soporte lógico intermedio se complemente con alguna funcionalidad adicional o cuando se corrigen errores que han surgido en el proceso de diseño del soporte lógico intermedio. Las actualizaciones pueden ser efectuadas directamente por el proveedor de servicio desde un canal fuera de antena o directamente por los usuarios de un decodificador o dispositivo con un receptor-decodificador integrado siguiendo las instrucciones de los sitios oficiales del fabricante.

Las variantes del soporte lógico intermedio de la primera generación incluían sistemas MHP/GEM y MHEG-5 [13.21], [13.22]. En general, han sido reemplazados por los sistemas descritos en el Capítulo 10, como HbbTV, Hybridcast, HTML5, plataforma de televisión inteligente basada en el protocolo HTML5 y Ginga. [13.26], [13.27], [13.23].

13.4 Funcionalidad del sistema integrado de radiodifusión y banda ancha

Las tecnologías integradas de radiodifusión y banda ancha (IBB) guardan relación con la implantación de la televisión interactiva. Esas tecnologías se basan en receptores de televisión convergentes que están en condiciones de tratar no sólo la señal de radiodifusión sino también aplicaciones suministradas a través de servicios de telecomunicación de banda ancha. De esta forma, el receptor puede suscitar el interés del usuario y optimizar su satisfacción al ofrecerle una gama de nuevos servicios.

La totalidad de los requisitos y funciones principales de las aplicaciones IBB se definen en las Recomendaciones UIT-R BT.2037 (Requisitos generales para las aplicaciones orientadas a la radiodifusión de los sistemas de radiodifusión y banda ancha integradas y utilización prevista de los mismos) [13.24] y UIT-R BT.2053 (*Technical requirements for integrated broadcast-broadband systems* (Requisitos técnicos relativos a sistemas integrados de radiodifusión y banda ancha) [13.25].

Para habilitar servicios IBB se necesitan bloques de módulos de recepción, interfaces y soporte lógico intermedio especiales. Los módulos de recepción contemplan bloques para señales de radiodifusión (es necesario un receptor de satélite, de cable y/o terrenal integrado o externo) y un bloque para el tratamiento de la señal de radiodifusión (en la mayoría de los casos basada en IP). Estos receptores estarán equipados con interfaces de usuario de radiodifusión y de banda ancha.

Son necesarias funciones especiales de software para las funciones de soporte lógico intermedio convencionales o afines. Esos elementos asegurarán el tratamiento y la coordinación asociada comunes entre entornos de radiodifusión y de banda ancha, aplicaciones interactivas afines para el usuario y otras funcionalidades útiles. De conformidad con el requisito sobre la funcionalidad de las aplicaciones en [13.24], los sistemas IBB deberían:

- garantizar la integridad del contenido y los servicios de radiodifusión, sin superposiciones no autorizadas;
- identificar claramente la fuente del contenido así como los servicios gratuitos y de pago;
- asegurar que los usuarios pueden acceder fácilmente al contenido y al servicio que prestan, de manera inalterada;
- proteger los derechos de propiedad intelectual;
- asegurar que el usuario sea consciente del tipo de datos que se recopila, quién los recopila y para qué propósito, incluyendo entre otras cosas la observación, utilización o búsqueda de datos y la información del perfil y respetando la privacidad del usuario;
- evitar el comportamiento inesperado de actividades maliciosas tales como virus, software maligno (malwares), etc.

Asimismo, los sistemas IBB deberían:

- ser capaces de ofrecer nuevos servicios a los usuarios aprovechando la funcionalidad de la radiodifusión e Internet al mismo tiempo;
- estar en condiciones de admitir servicios y contenido lineales y no lineales;
- ser capaces de presentar adecuadamente contenido de radiodifusión de emergencia;
- estar en condiciones de admitir la integración de una segunda pantalla de comunicación y su sincronización para los servicios presentados en el monitor principal de imagen y sonido;
- ser capaces de facilitar el acceso al contenido sin obstáculo alguno para las personas con discapacidad;
- ser capaces de proporcionar mecanismos que ofrezcan servicio y contenidos concretos.

Por lo tanto, dicha funcionalidad se aplica a requisitos que guardan relación con el soporte lógico intermedio y los elementos de software del receptor. Todos estos aspectos deben tenerse en cuenta durante la implementación de los correspondientes receptores.

Bibliografía del Capítulo 13

- [13.1] Recomendación UIT-R BT.2072, *Principales funcionalidades de los receptores de usuario para la itinerancia mundial de radiodifusión*
- [13.2] Recomendación UIT-R BT.1368, *Criterios para la planificación, incluidas las relaciones de protección, de los servicios de televisión digital terrenal en las bandas de ondas métricas/decimétricas*
- [13.3] Recomendación UIT-R BT.2033, *Criterios para la planificación, incluidas las relaciones de protección, para la segunda generación de los sistemas de radiodifusión de televisión digital terrenal en las bandas de ondas métricas/decimétricas*
- [13.4] Recomendación UIT-R BT.2036, *Características de un sistema receptor de referencia para la planificación de frecuencias de sistemas de televisión digital terrenal*
- [13.5] Informe UIT-R BT.2215, *Measurements of Protection Ratios and Overload Thresholds for Broadcast TV Receivers* (Mediciones de las relaciones de protección y del umbral de sobrecarga para los receptores de radiodifusión de TV) (publicado únicamente en inglés)
- [13.6] ATSC Práctica Recomendada A/74:2010 – *Receiver Performance Guidelines*
- [13.7] ATSC Práctica Recomendada A/174:2010 – *Mobile Receiver Performance Guidelines*

- [13.8] ATSC Norma A/53, Partes 1 a 6: ATSC – *Digital Television Standard*
- [13.9] ARIB STD-B21:2007 – *Receiver for digital broadcasting*
- [13.10] Documentos armonizados ARIB STD-B21 y ABNT NBR 15604
- [13.11] ETSI EN 303 340 (2016) – *Digital Terrestrial TV Broadcast Receivers; Harmonized Standard covering the essential requirements of article 3.2 of the Directive 2014/53/EU*
- [13.12] ETSI TR 103 288 (2016) – *Electromagnetic compatibility and Radio spectrum Matters (ERM); Report of the CENELEC/ETSI Joint Working Group in response to the EC letter ENTRP/F5/DP/MM/entr.f5.(2013)43164 to the ESOs*
- [13.13] CEI 62216 – *Digital terrestrial television receivers for the DVB-T system*
- [13.14] ETSI TS 101 154:2009 – *Digital Video Broadcasting (DVB); Specification for the use of Video and Audio Coding in Broadcasting Applications based on the MPEG-2 Transport Stream*
- [13.15] UER Tech 3307 – *Service Requirements for Free-to-Air High Definition Television Receivers*
- [13.16] UER Tech 3333 EBU HDTV – *Receiver Requirements*.
- [13.17] ETSI TS 102 201 – *Digital Video Broadcasting (DVB); Interfaces for DVB Integrated Receiver Decoder (DVB-IRD)*
- [13.18] Norma nacional china GB/T 26686-2011 – *Especificaciones generales para el receptor de televisión terrenal digital*
- [13.19] Norma nacional china GB/T 26685-2011 – *Métodos de medición del receptor de televisión terrenal digital*
- [13.20] DTMB GB20600-2006 – *Framing Structure, Channel Coding and Modulation for Digital Television Terrestrial Broadcasting System (DTMB)*
- [13.21] MHP/GEM, sitio oficial: www.mhp.org.
- [13.22] MHEG-5, sitio oficial: www.mheg.org.
- [13.23] Ginga, sitio oficial: <http://www.ginga.org.br>
- [13.24] Recomendación UIT-R BT.2037, *Requisitos generales para las aplicaciones orientadas a la radiodifusión de los sistemas de radiodifusión y banda ancha integradas y utilización prevista de los mismos*
- [13.25] Recomendación UIT-R BT.2053, *Technical requirements for integrated broadcast-broadband systems* (Requisitos técnicos relativos a sistemas integrados de radiodifusión y banda ancha) (publicada únicamente en inglés)
- [13.26] Recomendación UIT-R BT.2075-0, *Sistema integrado de radiodifusión-banda ancha*
- [13.27] Informe UIT-R BT.2267-5, *Integrated broadcast-broadband systems* (Sistemas integrados de radiodifusión y banda ancha) (publicado únicamente en inglés)
- [13.28] ETSI ES 202 184 MHEG-5 – *Broadcast Profile*
- [13.29] Unión Europea - Directiva 2014/53/UE del Parlamento Europeo y del Consejo de 16 de abril de 2014 relativa a la armonización de las legislaciones de los Estados miembros sobre la comercialización de equipo radioeléctricos, y por la que se deroga la Directiva 1999/5/CE, ref. <http://eur-lex.europa.eu/eli/dir/2014/53/oj>

CAPÍTULO 14

Aspectos relativos a la accesibilidad

14.1 La UIT y la necesidad de servicios de acceso

Hay más de mil millones de personas en la Tierra que padecen algún tipo de discapacidad física o mental [14.1]. Alrededor del 15 por ciento de la población mundial padece discapacidades más o menos graves que dificultan su acceso a los servicios de telecomunicación. Aproximadamente el 16% de adultos europeos tienen problemas de salud que dificultan o imposibilitan el acceso a los programas de radiodifusión y a su utilización.

Como es natural, con la edad aumenta el número de personas que tienen problemas de audición y/o de visión, así como una reducción de la movilidad que pueden dificultar el manejo de aparatos como, por ejemplo, el control a distancia del televisor. En 2020, el 50% de la población europea tendrá más de 50 años. Prácticamente ninguno de nuestros conciudadanos mayores de 80 años tiene una audición adecuada. Durante muchos años, las organizaciones internacionales han estado trabajando para que las personas con discapacidad, las personas de edad avanzada y también los grupos minoritarios tengan a su disposición servicios de acceso y medios técnicos adicionales que alivien o permitan el acceso a los servicios de televisión.

En numerosos países, los organismos de radiodifusión de televisión están obligados (o se obligan a sí mismos) a ofrecer servicios de acceso específicos a personas con disminución de facultades, esto es, personas con discapacidad, incluidas las personas de edad avanzada, para que puedan tener (o al menos mejorar) su acceso a los servicios de radiodifusión inalámbricos y en línea.

En calidad de órgano de las Naciones Unidas, la UIT acepta naturalmente someterse a la Convención de las Naciones Unidas sobre los Derechos de las Personas con Discapacidad.⁴⁷ La UIT publicó una serie de Resoluciones pertinentes: Resolución 70 (Johannesburgo, 2008) de la Asamblea Mundial de Normalización de las Telecomunicaciones, Resolución 58 (Hyderabad, 2010) de la Conferencia Mundial de Desarrollo de las Telecomunicaciones y Resolución 175 (Guadalajara, 2010) de la Conferencia de Plenipotenciarios de la UIT. En esta última, llamada «Accesibilidad de las telecomunicaciones/tecnologías de la información y la comunicación para las personas con discapacidad, incluida la discapacidad debida a la edad», encarga a los tres Sectores de la UIT que tengan en cuenta las necesidades de las personas con discapacidad en la labor de la UIT.

La UIT coopera con otras organizaciones en la elaboración de normas para personas con discapacidad que tienen necesidades especiales respecto al consumo y la utilización de medios electrónicos. Un ejemplo de esta labor es la publicación «La televisión accesible»⁴⁸ realizada junto con G3ict. Un ejemplo más general es el texto conocido como Informe Rosa, «*The ICT Opportunity for a Disability-Inclusive Development Framework*» (Las TIC: una oportunidad para la creación de un marco de desarrollo que tenga en cuenta a las personas con discapacidad), que pone de relieve la contribución de la UIT como miembro de la Comisión de la Banda Ancha.⁴⁹

⁴⁷ Naciones Unidas, «Convención sobre los Derechos de las Personas con Discapacidad», 2006, ref. <http://www.un.org/disabilities/>

⁴⁸ Informe conjunto de la UIT y G3ict, «La televisión accesible», Oficina de Desarrollo de las Telecomunicaciones de la UIT, noviembre de 2011, Comunicado de prensa de la UIT, Ginebra, 5 de diciembre de 2011, ref. http://www.itu.int/net/pressoffice/press_releases/2011/51.aspx y http://www.itu.int/ITU-D/sis/PwDs/Documents/Making_TV_Accessible-E-BAT.pdf
 NOTA – Este Informe fue elaborado por Peter Olaf Looms, Presidente del Grupo Temático sobre la accesibilidad a los medios audiovisuales del UIT-T (<https://www.itu.int/en/ITU-T/focusgroups/ava/Pages/default.aspx>).

⁴⁹ Ref. <https://www.itu.int/en/action/accessibility/Pages/hlmdd2013.aspx>

En su documento de posición más reciente, New European Media Initiative NEM⁵⁰ ha elaborado una lista exhaustiva de aspectos sociales y políticos de los servicios de acceso a medios audiovisuales (con una visión específica en Europa). [14.2]

14.2 Servicios de acceso de interés para la radiodifusión de televisión

La introducción de la televisión digital, en comparación con la televisión analógica, ha dado lugar a un aumento de las capacidades de prestación de servicios de acceso, tanto en lo que concierne a la capacidad de datos como a características tales como la representación personalizada (ajustable por el usuario). Los servicios de acceso habituales comprenden:

- Subtítulos para personas con dificultades de audición (y para grupos minoritarios).
- Audiodescripción para personas con dificultades de visión.
- Depuración de audio (inteligibilidad mejorada del diálogo) para personas de edad avanzada y para personas con agudeza auditiva reducida).
- Interpretación del lenguaje de signos para sordos que dependen de ese tipo de lenguaje.
- Bandas sonoras adicionales para grupos minoritarios.

En los sistemas de televisión digital modernos se considera que todos los servicios de acceso están disponibles únicamente a petición de los usuarios finales interesados. Las personas que se beneficiarán de esos servicios deberán estar en condiciones de seleccionarlos (de manera fácil y sencilla). Para las personas que no deseen utilizar un determinado servicio de acceso, éste debe ser imperceptible. En otras palabras, los servicios de acceso deben estar ocultos y sólo serán visibles o audibles cuando sean seleccionados.

Con respecto a la radiodifusión sonora y de televisión, los Grupos de Trabajo de la Comisión de Estudio 6 (CE6) han participado activamente en la elaboración de Informes técnicos y Recomendaciones que pueden contribuir a mejorar la accesibilidad. En 2010, la CE6 del UIT-R publicó el Informe UIT-R BT.2207, *Accessibility to broadcasting services for persons with disabilities* (Accesibilidad de personas con discapacidad a los servicios de radiodifusión), actualizado en 2011 y en 2012.⁵¹ Este Informe se ocupa concretamente de las discapacidades que pueden obstaculizar el consumo de medios audiovisuales:

- discapacidad auditiva;
- discapacidad visual;
- discapacidad debida al envejecimiento;
- discapacidad cognitiva
- falta de controlabilidad de la interfaz hombre-máquina y de la fácil utilización del receptor o terminal.

En consecuencia, el Informe se refiere a los subtítulos/leyendas, el lenguaje de signos y la síntesis de la voz a partir del texto para adaptarse a la discapacidad auditiva, la audiodescripción para personas con discapacidad visual y los medios especiales para las personas de edad avanzada. Una sección está consagrada a los receptores de fácil utilización. Ha habido un creciente interés en los «productos de diseño universal» que cualquiera puede usar con suma facilidad. El Informe se complementa con un Anexo que, en seis secciones, analiza diversas tecnologías para mejorar la accesibilidad a los servicios de radiodifusión, especialmente en Japón. La sección 1 se ocupa de la conversión de la velocidad de las señales vocales para las personas de edad avanzada, en tanto que la sección 2 describe las leyendas codificadas u ocultas en tiempo real utilizando el reconocimiento de voz y la sección 3 trata de un sistema de navegación multimedia para personas con discapacidad visual. En la sección 4 del Anexo se da un ejemplo de traducción automática al lenguaje de signos con animación por

⁵⁰ NEM, sigla en inglés que respondía a Networked Electronic Media, fue establecida como una de las plataformas tecnológicas europeas en el séptimo Programa Marco de la CE para fomentar la convergencia entre los sistemas electrónicos de consumo, la radiodifusión y las telecomunicaciones. La iniciativa pasó a llamarse New European Media, ampliando su ámbito a los medios de comunicación en línea, convergentes e interactivos y a los sectores industriales creativos (ref. <http://nem-initiative.org/>)

⁵¹ Todos los Informes de la CE 6 del UIT-R se pueden telecargar de <https://www.itu.int/pub/R-REP-BT/en>

computación gráfica (CG, *computer-graphical*) mientras que en la sección 5 se facilita información sobre un dispositivo para evaluar el balance de sonido de fondo de la radiodifusión para oyentes de edad avanzada (mejora de la inteligibilidad mediante el ajuste de los sonidos de fondo (ruido y/o música) a un nivel adecuado). Por último, en la sección 6 se informa de las investigaciones sobre una tecnología aplicada a un servicio de radiodifusión en lenguaje de fácil lectura y a la conversión de idiomas para la comprensión de textos japoneses complejos.

El tipo y el número de servicios de acceso para la DTTB se deben tener en cuenta durante el proceso de planificación de la capacidad. Se recomienda que las administraciones reserven la velocidad binaria suficiente para la futura utilización de servicios de acceso, en especial para la audiodescripción y las leyendas codificadas u ocultas.

14.3 Servicios de acceso procesados en el receptor y servicios de acceso basados en la radiodifusión

La mayoría de los servicios de acceso deben ser elaborados y suministrados por los organismos de radiodifusión (subtítulos, audiodescripción, vídeo del intérprete del lenguaje de signos). Otros, como la depuración de audio o los subtítulos leídos, se pueden realizar gracias a un tren de programas adicional proporcionado por el organismo de radiodifusión o pueden obtenerse, en el receptor, con el software adecuado. Están en curso de investigación algoritmos que configurarán un intérprete del lenguaje de signos generado por computadora (conocido como avatar) a partir del texto, por ejemplo, a partir de subtítulos o tras la conversión de voz a texto en el receptor. Sin embargo, las pruebas han mostrado que la mayoría de las personas que dependen del lenguaje de signos como lengua materna no están (aún) satisfechas con la reproducción en televisión del lenguaje de signos por avatares, debido en particular a la ausencia de expresiones faciales, lo cual sigue siendo un problema. Un ejemplo de los avances actuales puede hallarse en el proyecto europeo de I+D HBB4ALL.⁵²

El control de movimiento o el control de la voz del dispositivo de televisión son prestaciones sumamente útiles para personas con restricciones cognitivas o motoras, pero sólo los fabricantes de receptores pueden ofrecerlas. En general, para que las personas con necesidades especiales puedan obtener los mayores beneficios, los organismos de radiodifusión y los fabricantes de dispositivos de consumo deben cooperar en el desarrollo de servicios de acceso y de sus prestaciones.

14.4 Utilización de subtítulos/leyendas

Si bien las bandas sonoras o visuales adicionales son sólo trenes elementales de programa, hay varios modos de subtítulos. Tomando como ejemplo la DVB, hay dos normas de subtulado actualmente en vigor: la norma EN 300 472 [14.8] (publicada por primera vez en 1994) define el transporte de subtítulos de teletexto del Sistema B de televisión analógica del UIT-R en el tren de transporte MPEG-2.

Los receptores reproducen el texto de acuerdo con su fuente almacenada. La norma EN 300 743 [14.9] (publicada en 1997) definió un método de correlación de bits. Línea por línea, los caracteres y los gráficos se envían en una representación de correlación de bits. No se necesita almacenar ninguna fuente en el receptor. En ambos casos, sin embargo, el teletexto y los llamados subtítulos DVB no permiten la personalización del usuario (por ejemplo, un ajuste individual de la posición, el tamaño, el color, la fuente o la transparencia del recuadro de fondo de los subtítulos).

Para atender a estas dificultades, la UER elaboró un formato basado en TTML: EBU Timed Text (EBU-TT) para la radiodifusión y EBU-TT-D para el suministro en línea, que utilizan el lenguaje XML para reproducir subtítulos en línea con las preferencias del usuario [14.3]. Los subtítulos EBU-TT-D pueden ser transportados como tren adicional en MPEG-DASH. El perfil de texto de IMSC1 [14.4] es otro enfoque de formato basado en TTML elaborado por W3C, considerándose además que podría utilizarse en el futuro en la DVB, en especial en la TVUAD [14.5]. Conviene recordar que la CE6 del UIT-R está trabajando en una posible armonización

⁵² HBB4ALL – The new Avatar Signing Application, Newsletter 6, <http://www.hbb4all.eu/hbb4all-newsletters/>

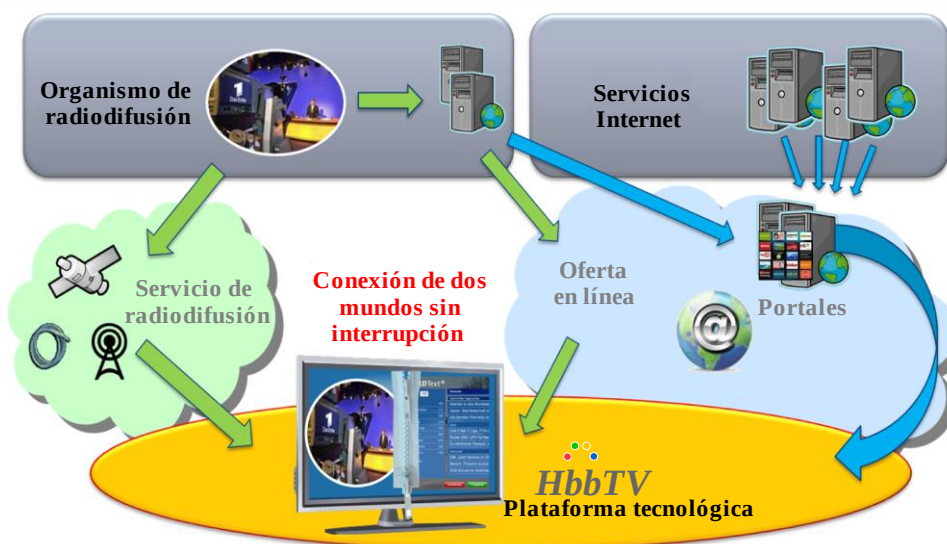
de ambos enfoques, EBU-TT e IMSC1, con objeto de definir una norma universal aplicable a los subtítulos en la televisión digital (particularmente importante para el intercambio internacional de programas).

14.5 Particular importancia de IBB (sistemas integrados de radiodifusión y banda ancha)

Se pueden poner a disposición, aunque no es obligatorio hacerlo, servicios de acceso junto con la señal de radiodifusión, es decir, como componentes del múltiplex de radiodifusión digital. En principio, es posible un enfoque híbrido en todos los casos, a condición de que el aparato de televisión o el decodificador puedan además conectarse a Internet: los sistemas integrados de radiodifusión y banda ancha (IBB) permiten la prestación de servicios de acceso por la interfaz en línea de aparatos de televisión o decodificadores inteligentes (conectados) (véase la Figura 14.1). Para una información más completa sobre los sistemas IBB, véase el Capítulo 10.

FIGURA 14.1

Principio de IBB: Interconexión del programa de radiodifusión y los servicios portal establecida por el organismo de radiodifusión (en este caso, ejemplo de HbbTV)



DTTB-14-01

Los sistemas IBB adquieren una importancia decisiva en la recuperación y el suministro de servicios de acceso. La Recomendación UIT-R BT.2075 [14.10] recomienda el sistema europeo «HbbTV Versión 1.5 y Versión 2.0», el sistema japonés «Hybridcast» y el sistema coreano «Plataforma de televisión inteligente basada en el protocolo HTML5». En esa Recomendación se mencionan concretamente los servicios de acceso por IBB. Antes de la aprobación de la Recomendación UIT-R BT.2075, se publicaron la Recomendación «Technical requirements for IBB systems» (Requisitos técnicos de sistemas IBB) (Rec. BT.2053) [14.11] y la Recomendación «Requisitos generales para las aplicaciones orientadas a la radiodifusión de los sistemas de radiodifusión y banda ancha integradas y utilización prevista de los mismos» (Rec. BT.2037) [14.12]. Asimismo, en el Informe UIT-R BT.2267 «IBB systems» (Sistemas IBB) [14.13] se dan ejemplos sobre la manera en que pueden aplicarse los sistemas IBB para permitir el lenguaje de signos, la audiodescripción o los subtítulos personalizados (ajustables por el usuario) (véase la Figura 14.2). En [14.6] puede hallarse información específica sobre el sistema HbbTV.

FIGURA 14.2

Servicio de prueba de subtítulos por sistemas IBB

La pantalla muestra el menú para seleccionar el tamaño, el fondo y la posición de los subtítulos suministrados por Internet (en el ejemplo se seleccionan los subtítulos en la parte inferior de la imagen del televisor, con un tamaño de fuente medio y un fondo negro con un 85% de transparencia).



DTTB-14-02

14.5.1 Múltiplex de radiodifusión y servicios IBB

Los servicios de acceso por el sistema IBB son más aptos para la personalización que los servicios de acceso transportados en el múltiplex de radiodifusión (debido a las técnicas web utilizadas). Tienen sin embargo un inconveniente: se necesita una conexión a Internet de banda ancha. En realidad, se aplica una combinación equilibrada. Los subtítulos o la audiodescripción en el idioma principal de los destinatarios se transmiten por lo general con la señal de radiodifusión. No obstante, el vídeo de la interpretación del lenguaje de signos suele estar disponible a través del sistema IBB a raíz de la demanda relativamente alta respecto a la velocidad de datos. En caso de que se disponga de un segundo reproductor de vídeo en el receptor del usuario final, el vídeo del lenguaje de signos, obtenido a través del sistema IBB, se puede combinar (por ejemplo, como fusión alfa o en una ventana separada) con el programa de televisión en curso, como se observa en la Figura 14.3. Normalmente, el sistema IBB se encarga de efectuar la sincronización adecuada.

FIGURA 14.3

Ejemplo de vídeo de lenguaje de signos con el sistema IBB

DTTB-14-03

Noticias por una cadena de televisión, vídeo de lenguaje de signos por Internet – Se puede ajustar el tamaño y la posición de la ventana del vídeo de lenguaje de signos. Ambos vídeos están sincronizados en el tiempo.

14.5.2 Cuando las opciones IBB no son prácticas (ninguna conexión de banda ancha)

Los sistemas IBB, como HbbTV o Hybridcast, son esenciales cuando se trata de servicios de acceso. No obstante, el UIT-R y el UIT-T deben tener también en cuenta, en colaboración con el UIT-D, otras opciones para países (o situaciones) en que no se dispone (aún) de acceso a conexiones de banda ancha. Una de ellas consiste en utilizar gran parte del carrusel de datos (DSM-CC) para contenido adicional que, en esta configuración, será distribuido por la red de radiodifusión («vídeo a la carta distribuido por el proveedor»). Naturalmente, de esta forma se reduce el número de programas de televisión en ese tipo de múltiplex pero se ofrece una serie de servicios e informaciones adicionales.

Una opción atractiva para suministrar subtítulos IBB (por ejemplo, en HbbTV) es insertarlos en el DSM-CC. No se necesitarán más de 10 a 20 kbit/s, pero los receptores activados por IBB podrán presentar esos subtítulos cuando no haya una conexión a Internet. Además, en este caso, no es necesaria la sincronización de tiempo entre la señal de banda ancha y la señal de radiodifusión pues toda la información está contenida en el multiplex de radiodifusión.

Otra opción para grandes cantidades de datos puede ser utilizar el protocolo de suministro de ficheros (FDP) disponible, por ejemplo, en el sistema HbbTV Versión 2.0. Con el FDP se puede distribuir contenido a un SSD o disco duro de televisión y almacenarlo durante periodos en los que no se necesita la totalidad del múltiplex de radiodifusión para los programas de televisión (por ejemplo, durante la noche). En esos ficheros podría haber contenido específico para personas con necesidades especiales, por ejemplo, la audiodescripción de un futuro programa de radiodifusión. Si se dispusiera de un segundo reproductor de vídeo en el decodificador o en el aparato de televisión, se podría almacenar incluso un vídeo de lenguaje de signos antes de la emisión de televisión y visualizarlo con la señal de radiodifusión cuando ésta se transmita al día siguiente o en los días siguientes. El sistema HbbTV 2.0 se encargará de efectuar la sincronización necesaria.

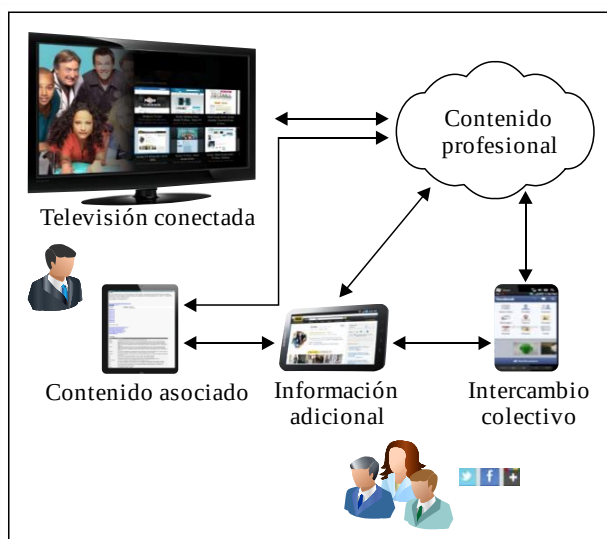
Si el aparato de televisión del usuario no tiene un segundo reproductor de vídeo, los organismos de radiodifusión pueden insertar el vídeo del intérprete del lenguaje de signos en el estudio y transmitir ese tren compuesto en el múltiplex de radiodifusión (en transmisión simultánea con el programa de televisión sin intérprete del lenguaje de signos) o bien ponerlo a disposición como una secuencia de vídeo en la configuración IBB. En ambos casos, no se necesita un segundo reproductor de vídeo ni la sincronización del tren de

radiodifusión o de banda ancha. El usuario final ya no podrá, como es natural, personalizar el servicio (por ejemplo, seleccionar el tamaño o la posición en la pantalla del vídeo del lenguaje de signos).

En ocasiones, otra posibilidad es representar los servicios de acceso en línea en una segunda pantalla (una tableta o un teléfono inteligente) y, también en este caso, sincronizar tanto el tren de radiodifusión como el tren de banda ancha (véase la Figura 14.4). Esto puede ser útil, por ejemplo, en la audiodescripción, cuando la persona que necesita este servicio escucha la banda sonora que contiene la audiodescripción mientras otros miembros de la familia o del grupo escuchan el sonido normal de la televisión sin la audiodescripción. De esta forma, se puede practicar la verdadera ciberintegración.

FIGURA 14.4

Principio de la estructura de segunda pantalla⁵³



DTTB-14-04

14.6 Producción de servicios de acceso – Algunos aspectos

Otro aspecto se refiere a la producción y la evaluación de la calidad de los servicios de acceso. Generalizar su utilización supone también lograr que sean rentables y estén a disposición de todos. La rentabilidad sólo se podrá alcanzar con productos y procedimientos normalizados. Convendría que los servicios de acceso se planificaran e incluyeran en la producción audiovisual diaria y, sólo excepcionalmente, someterlos a una producción posterior especial y costosa. Por otra parte, en lo que concierne al intercambio internacional de programas, las opciones normalizadas son más que deseables, casi un requisito previo.

14.7 Conclusiones

Las normas de servicios de acceso adoptadas constituyen un factor que garantiza la economía de escala necesaria para que los dispositivos audiovisuales, asequibles y compatibles, sean accesibles al público. El otro factor es la integración general de estas opciones en todos los dispositivos de consumo. Sólo entonces los servicios de acceso podrán estar totalmente disponibles y beneficiar a todos los ciudadanos.

Quizá con la excepción del lenguaje de signos, todos los servicios de acceso proporcionados por los organismos de radiodifusión a personas con discapacidad nos benefician a todos. Los niños, los grupos minoritarios y los extranjeros sacan partido de los subtítulos (para una mayor comprensión, pero también para aprender idiomas extranjeros o a leer); la audiodescripción ayuda a comprender un programa de televisión cuando es difícil mirar la pantalla (por ejemplo, mientras se conduce o se realizan tareas domésticas); la depuración de audio y una

⁵³ Diagrama presentado gracias a una cortesía de los autores del proyecto FI-CONTENT de la CE [14.7].

velocidad de audio reducida mejoran la inteligibilidad sonora en condiciones de escucha o grabación desfavorables.

Los organismos de radiodifusión, los fabricantes de equipos de consumo y las entidades de normalización deben proseguir su colaboración. Ciertas funciones pueden dejarse en mano de los fabricantes (por ejemplo, el control del televisor en materia de voz y gestos); otras funciones –las relativas al servicio– deben ser normalizadas para asegurar la implementación continua de servicios y sistemas de acceso en beneficio de las personas con discapacidad y de todos nosotros. La UIT, en su calidad de organismo especial de las Naciones Unidas, ocupa una posición de privilegio para ofrecer al mundo entero normas y especificaciones pertinentes.

Los avances destinados a ayudar a las personas con necesidades especiales continuarán, en particular con respecto a la personalización (por ejemplo, el ajuste del color del texto para los usuarios con insensibilidad cromática o la reproducción de objetos audio de acuerdo con las propiedades de audición de personas con agudeza auditiva reducida). La esperanza es que las futuras tecnologías de vídeo, como la realidad virtual y aumentada o mixta, o la utilización de información pormenorizada en sistemas 3D (holoscópicos) ayudarán aún más a las personas con discapacidad en su consumo de medios. Lo más importante es conseguir que los sistemas de acceso se generalicen (para que todos puedan aprovecharlos) y elaborar normas de calidad para los servicios de acceso.

Bibliografía del Capítulo 14

- [14.1] **Organización Mundial de la Salud (OMS)** – *Informe mundial sobre la discapacidad*, 2011, ref. http://www.who.int/disabilities/world_report/2011/en/
- [14.2] **NEM** Position Paper on Access Policy Suggestions – *Opening doors to Universal Access to the Media*, febrero de 2016, ref. <http://nem-initiative.org/wp-content/uploads/2016/03/NEM-ACCESS-Policy-suggestions.pdf>
- [14.3] **UER TT**, ref. <https://tech.ebu.ch/ebu-tt> y https://tech.ebu.ch/docs/factsheets/ebu_tech_fs_ebu-tt.pdf
- [14.4] **W3C** Recomendación – *TTML Profiles for Internet Media Subtitles and Captions 1.0 (IMSC1)*, 21 de abril de 2016, ref. <https://www.w3.org/TR/ttml-imsc1/>
- [14.5] **Peter Cherriman** *Subtitling for UHDTV*, DVB Scene No. 48 (septiembre de 2016), ref. <https://www.dvb.org/resources/public/scene/dvb-scene48.pdf>
- [14.6] **Christoph Dosch** *Convergence of Broadcasting and Broadband Internet – A Benefit for People with Disabilities (and for us all)*, ITU Academic Conference Kaleidoscope 2014, St. Petersburg, Conference proceedings, pp. 89-95, ref. <https://www.itu.int/en/ITU-T/academia/kaleidoscope/2014/Documents/Kaleidoscope2014Proceedings.pdf>
- [14.7] <http://www.fi-content.eu/> and <http://mediafi.org/>
- [14.8] **ETSI** EN 300 472 V1.3.1 (2003-05) – *Digital Video Broadcasting (DVB); Specification for conveying ITU-R System B Teletext in DVB bitstreams*
- [14.9] **ETSI** EN 300 743 V1.5.1 (2014-01) – *Digital Video Broadcasting (DVB); Subtitling systems*
- [14.10] **UIT-R**, Recomendación UIT-R BT.2075, *Sistema integrado de radiodifusión-banda ancha*
- [14.11] **UIT-R**, Recomendación UIT-R BT.2053, *Technical requirements for integrated broadcast-broadband systems* (Requisitos técnicos relativos a sistemas integrados de radiodifusión y banda ancha) (publicada únicamente en inglés)
- [14.12] **UIT-R**, Recomendación UIT-R BT.2037, *Requisitos generales para las aplicaciones orientadas a la radiodifusión de los sistemas de radiodifusión y banda ancha integradas y utilización prevista de los mismos*
- [14.13] **UIT-R**, Informe UIT-R BT.2267, *Integrated broadcast-broadband systems* (Sistemas integrados de radiodifusión y banda ancha) (publicado únicamente en inglés)

PARTE 3

ASPECTOS DE LOS SISTEMAS DE CONTRIBUCIÓN Y PERIODISMO ELECTRÓNICO PARA LA PRODUCCIÓN DE PROGRAMAS DIGITALES

Introducción a la Parte 3

Al igual que los sistemas de radiodifusión, los sistemas de producción de televisión evolucionan de forma constante. En cuanto al servicio de radiodifusión, se observan mejoras permanentes en las técnicas de transmisión y de codificación y procesamiento audiovisual, así como en el tratamiento asociados de datos y metadatos.

Con la introducción de tecnologías digitales en la captación y formación de señales y su conexión al estudio, ha aumentado la eficacia de estos sistemas. La producción y radiodifusión en exteriores, y el periodismo electrónico, deben seguir el ritmo de la introducción de la TVAD, la TVUAD o de tecnologías de la televisión estereoscópica (TV3D) en la esfera del consumo. Las tecnologías de transmisión modernas eficientes, como la DVB-T2, y los sistemas de compresión eficaces para la información audiovisual (por ejemplo, HEVC y HE-AAC v2 MPEG) permiten el suministro de material relativo a los programas en formatos de elevada calidad por canales terrestres. Se observa por tanto un claro avance hacia opciones íntegramente digitales.

Las características de los sistemas de producción y postproducción de televisión influyen sustancialmente en las características de la señal de radiodifusión de televisión de extremo a extremo. Sin embargo, los requisitos de los sistemas de contribución y periodismo electrónico son diferentes de los aplicados a servicios de radiodifusión. La robustez de la señal o el tiempo de retardo entre la generación y el suministro de contenido inciden en gran medida en la selección de los parámetros. Otro aspecto a destacar es la necesidad de movilidad en dichos sistemas.

Los servicios auxiliares de la realización de programas y la radiodifusión tienen por lo general requisitos de calidad sumamente elevados, por ejemplo en el caso de micrófonos inalámbricos. Muchos de esos sistemas PMSE comparten, para su transmisión, las bandas de radiodifusión en ondas decimétricas. Otros utilizan bandas del servicio móvil o transmisiones terrenales o fijas por satélite.

Aunque la Parte 3 contiene sólo un Capítulo, su contenido resulta importante para la producción de televisión y el intercambio (internacional) de contenidos y programas de radiodifusión. En la Parte 3 se facilita información sobre la producción en exteriores, el periodismo electrónico, así como sobre diversas formas de contribución de señales. Se consagra una sección a las experiencias en materia de recolección y tratamiento de señales de TVUAD de resolución 4K y 8K.

CAPÍTULO 15

Sistemas de contribución y periodismo electrónico

15.1 Introducción

Un componente importante de la tecnología de televisión es la producción de programas y su radiodifusión en exteriores, que suministran y distribuyen material relativo al programa a los estudios y/o directamente a una red de transmisores terrenales de distribución secundaria. El desarrollo de estos sistemas tiene lugar de forma permanente y dinámica, junto con otras partes de la cadena de televisión, con el desarrollo de las tecnologías de transmisión y tratamiento de señales audiovisuales.

En las aplicaciones de televisión se utilizan actualmente sistemas analógicos o digitales para la recopilación y el tratamiento de la información. La elección del formato de la información audiovisual está determinada por la etapa de desarrollo de la producción de programas y la radiodifusión en exteriores. La transición completa a las tecnologías digitales se llevará a cabo en el proceso de transición de los sistemas de distribución y otras partes de la cadena de televisión al ámbito digital.

En el periodismo electrónico y la contribución de material de programa a un estudio, se podrá recurrir a todos los entornos existentes (terrenales, por cable o por satélite). Se podría aplicar también cualquier combinación de dichos entornos. La aplicación de cierto tipo de entorno o sus combinaciones está determinada por los requisitos de la aplicación transmitida (la capacidad de canal necesaria, la criticidad del plazo de entrega, la distancia entre el equipo encargado de recopilar la información audiovisual, la ubicación del evento que se va a cubrir, etc.).

Un componente importante de los requisitos de estas aplicaciones es el grado de movilidad y las frecuencias disponibles que se pueden utilizar a los fines de la producción de programas y la radiodifusión en exteriores. En este sentido, este tipo de aplicaciones se podrán organizar en el marco del servicio de radiodifusión (SR), el servicio móvil (SM) o el servicio fijo (SF).

Según la esfera de acción de la aplicación de televisión en que son utilizadas la producción del programa, la radiodifusión en exteriores y otras aplicaciones asociadas, los servicios se pueden clasificar en:

- Servicios auxiliares de la realización de programas (SAP);
- Servicios auxiliares de la radiodifusión (SAB).

Estos servicios se definen de la siguiente manera (con arreglo al Informe UIT-R BT.2069 [15.1]):

Servicios auxiliares de la realización de programas (SAP): Aseguran las actividades llevadas a cabo en la realización de «programas», tales como películas, anuncios, vídeos de empresa, conciertos, obras de teatro y actividades similares no destinadas en un principio a su radiodifusión al público en general.

Servicios auxiliares de la radiodifusión (SAB): Aseguran las actividades de empresas de servicios de radiodifusión realizadas en la producción del material relativo a sus programas.

Originalmente, los SAB eran servicios utilizados por las empresas públicas de radiodifusión en la preparación del material relativo a los programas, en tanto que los SAP contemplaban la realización de programas por empresas independientes junto con mensajes publicitarios, espectáculos teatrales, conciertos y eventos deportivos. Si bien hay algunas diferencias en la naturaleza de estas dos actividades, sus necesidades de espectro son casi idénticas.

Las definiciones de SAP/SAB implican una clasificación de los medios para la realización de programas más orientada a las empresas. El punto de vista técnico añade pues otra dimensión a este panorama dado que muchos usuarios de SAP y SAB utilizan la misma tecnología para sus aplicaciones. Por ello, en la Figura 15.1 *infra* se describe esta estructura de SAP y SAB en dos capas, incluidas las aplicaciones ENG/OB.

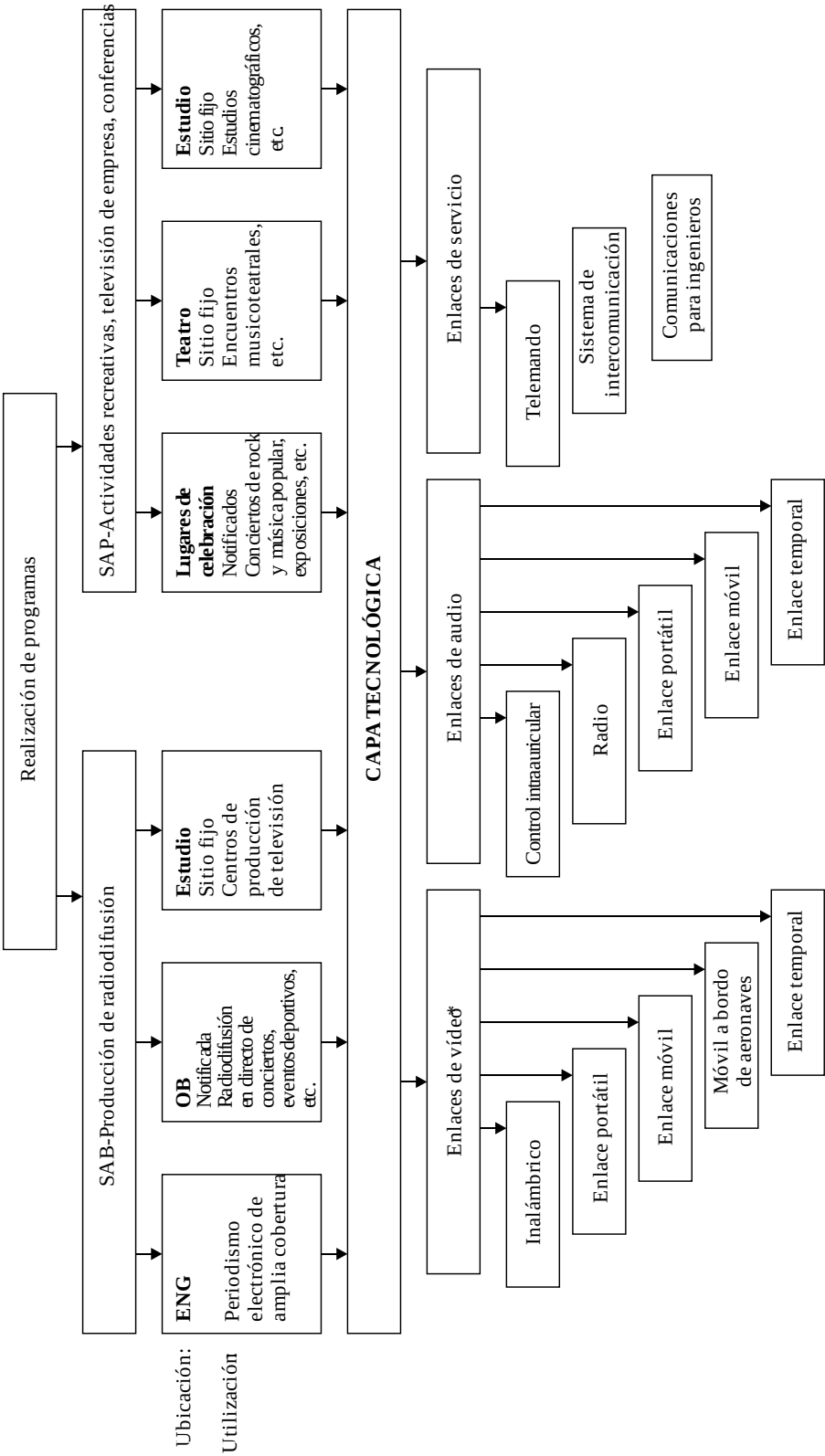
En la descripción de la capa tecnológica de varias aplicaciones SAP/SAB se dan por sentadas las siguientes definiciones.

CUADRO 15.1

Definiciones de aplicaciones SAP/SAB

Término	Definición
Micrófono inalámbrico	Micrófonos que se llevan en la mano o pegados al cuerpo con un transmisor integrado o colocado en el cuerpo. Los requisitos de usuario para micrófonos inalámbricos se describen en [15.23].
Control intraauricular	Receptor en miniatura que se lleva pegado al cuerpo con auriculares para el control de bandas sonoras únicas o duales.
Enlace portátil de audio	Transmisor que se lleva pegado al cuerpo con un micrófono o varios, de alcance superior al de los micrófonos inalámbricos.
Enlace móvil de audio	Sistema de transmisión de audio que utiliza un transmisor radioeléctrico colocado en motocicletas, bicicletas, automóviles, automóviles de carrera, barcos, etc. Es posible utilizar uno de los dos terminales, o ambos, al desplazarse.
Enlace de audio punto a punto temporal	Enlace temporal entre dos puntos (por ejemplo, parte de un enlace entre un emplazamiento de radiodifusión en exteriores y un estudio), utilizado para transmitir audio de calidad suficiente para la radiodifusión o señales de servicio (de voz). Los terminales del enlace se colocan en trípodes, plataformas temporales, vehículos específicos o polipastos hidráulicos. Con frecuencia, se requieren enlaces bidireccionales.
Cámara inalámbrica	Cámara que se lleva en la mano, o se instala en algún lugar, provista de un transmisor integrado, un sistema de alimentación y una antena para la transmisión de señales de vídeo y sonido de calidad suficiente para la radiodifusión a cortas distancias.
Enlace vídeo portátil	Cámara que se lleva en la mano con un transmisor independiente pegado al cuerpo, un sistema de alimentación y una antena.
Enlace móvil de vídeo a bordo de aeronaves	Sistema de transmisión de vídeo que utiliza un transmisor radioeléctrico instalado en helicópteros u otras aeronaves.
Enlace móvil de vídeo en vehículos	Sistema de transmisión de vídeo que utiliza un transmisor radioeléctrico instalado en motocicletas, bicicletas, automóviles, automóviles de carreras o barcos. Es posible utilizar uno de los dos terminales, o ambos, al desplazarse.
Enlace de vídeo punto a punto temporal	Enlace temporal entre dos puntos (por ejemplo, parte de un enlace entre un emplazamiento de radiodifusión en exteriores y un estudio), utilizado para transmitir señales de vídeo/audio de calidad suficiente para la radiodifusión. Los terminales del enlace se colocan en trípodes, plataformas temporales, vehículos específicos o polipastos hidráulicos. Con frecuencia, se requieren enlaces bidireccionales.
Sistema de intercomunicación	Sistema que permite la transmisión instantánea de las instrucciones del director a todas las personas que participan en la realización del programa, en particular presentadores, entrevistadores, camarógrafos, técnicos de sonido, técnicos de luz e ingenieros. Pueden usarse simultáneamente varios canales de intercomunicación para llevar a cabo todas las actividades. La intercomunicación requiere normalmente una transmisión constante.
Telemando/control remoto	Enlaces radioeléctricos para el control a distancia de cámaras y otros equipos de realización de programas, así como para la señalización.

FIGURA 15.1
Panorama general de sectores y aplicaciones de usuario SAP/SAB



* Nota: Los enlaces de vídeo suelen incorporar circuitos audio para la transmisión sonora de programas.

15.2 Sistemas de contribución y periodismo electrónico terrenales

15.2.1 Aspectos generales

El periodismo electrónico (ENG) recopila material de vídeo y/o de audio, sin recurrir a grabadoras de películas o magnetófonos, utilizando pequeñas cámaras y/o micrófonos electrónicos, a menudo de mano, con enlaces radioeléctricos a la sala de noticias y/o a magnetófonos portátiles o de otro tipo.

Con la aplicación de tecnologías digitales y los métodos de compresión más eficaces que permiten, se puede reducir la velocidad binaria requerida para la transmisión de una señal de televisión de banda ancha, de modo que los sistemas de periodismo electrónico abarcan tanto la televisión de definición normalizada (TVDN) como la televisión de alta definición (TVAD), pero se pueden extender a la televisión de ultra alta definición (TVUAD).

15.2.2 Requisitos de usuario para sistemas de contribución y periodismo electrónico terrenales

Los requisitos de los sistemas de contribución y periodismo electrónico terrenales contemplan aspectos como la codificación de la fuente, la calidad de imagen y de sonido, la velocidad binaria y las necesidades en materia de frecuencia, etc. La definición de esos requisitos debería aplicarse teniendo en cuenta el avance constante de las tecnologías de televisión digital, como la codificación de la fuente, la transmisión y así sucesivamente. Debido a la introducción de dichos sistemas, la situación es muy diferente y, en la actualidad, coexisten sistemas SAP/SAB analógicos y digitales. Paralelamente, la introducción de la DTTB sigue su curso. Todos estos factores y muchos otros añaden algunas limitaciones a los requisitos aplicados a los sistemas de contribución y periodismo electrónico terrenales durante un cierto periodo de tiempo. Las Recomendaciones, Informes y otros documentos de la UIT contienen esos requisitos y limitaciones (véase la bibliografía). En las siguientes secciones se facilitan algunos requisitos básicos.

15.2.2.1 Requisitos de usuario del sistema de periodismo electrónico terrenal para TVAD/TVDN

La Recomendación UIT-R BT.1868 [15.2] describe los requisitos de usuario para códecs de transmisión de las señales de televisión a través de redes de contribución, de distribución primaria y de periodismo electrónico/periodismo electrónico por satélite (ENG/SNG).

En el Cuadro 15.2 se enumeran los requisitos de usuario que se deberían aplicar en la especificación, el diseño y las pruebas de los sistemas de transmisión de las señales de televisión a través de las redes de contribución, de distribución primaria y de ENG/SNG como parte de la cadena de radiodifusión.

CUADRO 15.2

Requisitos de usuario para códecs de transmisión de las señales de televisión

Tipo de red de transmisión	Contribución	Distribución primaria	SNG/ENG
Formato de la señal de vídeo de entrada	Muestras: 4:2:2 (Y, C _B , C _R) 8 ó 10 bits por muestra para cada componente		
Formato de la señal de audio de entrada	Muestras: 48 kHz 20 bits o más	Muestras: 48 kHz 18 bits o más	Muestras: 48 kHz 16 bits o más
Canal de sonido	Ocho canales (típico)	Seis canales (típico)	Dos canales (mínimo)
Datos auxiliares	Velocidad binaria en torno a 100 kbit/s		
Máximo retardo de sonido/imagen relativo	± 2 ms por códec		

CUADRO 15.2 (fin)

Tipo de red de transmisión	Contribución	Distribución primaria	SNG/ENG
Calidad básica de imagen (para el número concreto de códecs en tándem en condiciones sin error)	Tres códecs en tándem	Dos códecs en tándem	Un solo códec
	Diferencia de calidad: $\leq 12\%$ con el método escala de calidad continua de doble estímulo (DSCQS) utilizando al menos cuatro secuencias extraídas de la Recomendación UIT-R BT.1210, de las cuales al menos la mitad deben ser secuencias de alta actividad. La nota de calidad determinada debe satisfacerse usando al menos el 75% de las secuencias elegidas; el resto debe lograr $\leq 20\%$		
Requisito opcional para la calidad de imagen (para el número concreto de códecs en tándem en condiciones sin error)	No aplicable	No aplicable	Dos códecs en tándem
			Diferencia de calidad $\leq 18\%$ de la DSCQS o al menos cuatro secuencias elegidas de la Recomendación UIT-R BT.1210, de las cuales al menos la mitad deben ser secuencias de alta actividad. La nota determinada debe satisfacerse usando al menos el 75% de las secuencias, el resto debe lograr $\leq 36\%$
Calidad de imagen tras incrustación del color, tras la modificación de la geometría de imagen o tras la cámara lenta	Diferencia de calidad: $\leq 18\%$ con el método DSCQS utilizando dos secuencias de primer plano y el material de fondo adecuado extraído de la Recomendación UIT-R BT.1210, entre dos códecs	No aplicable	No aplicable
Calidad básica de sonido	Véase la Rec. UIT-R BS.1548 [15.3], Anexo 1		
Característica de fallo/ característica de error	Casi sin errores a la entrada de decodificador en condiciones normales. Debe exigirse a los decodificadores la funcionalidad de ocultación de errores. Debe proporcionarse una función de señalización de errores.		
Características del fallo imagen/ audio	La imagen falla en primer lugar		
Tiempo de recuperación	≤ 500 ms tras una interrupción de 50 ms		< 1 s tras una interrupción de 50 ms
Cambio en el retardo global tras una interrupción o perturbación importante de la señal	Menos de 20 μ s		

Para una información más completa, véase [15.2].

En la Recomendación UIT-R BT.1203 [15.4] se definen los requisitos relativos a la codificación de la fuente en sistemas de periodismo electrónico terrenales con respecto a la resolución de imagen y sonido. El Cuadro 15.3 enumera esos requisitos de los sistemas de contribución y periodismo electrónico terrenales para los códecs H.262/H.264/H.265.

CUADRO 15.3

Requisitos funcionales y de funcionamiento para códecs H.262/H.264/H.265

Características	SNG/ENG			Contribución		
	Modo 1 ⁽¹⁾	Modo 2 ⁽²⁾				
Número de muestras/línea y número de líneas/trama (ejemplos)	TVDN: 720 × 576 en entorno de 50/60 Hz con exploración progresiva o entrelazada TVAD: 1 280 × 720 en entorno de 50/60 Hz con exploración progresiva o entrelazada TVAD: 1 920 × 1 080 en entorno de 50/60 Hz con exploración progresiva o entrelazad					
Formato de color	Habría que utilizar 4:2:2 ó 4:4:4 para la interfaz digital					
Número de canales audio BT.709/TVAD BT.1543/ BT.1847 BT.601 y BT.1358/TVDN	Mínimo 2 Mínimo 2 Mínimo 2			Máximo 8 Máximo 8 Máximo 6		
Gama de velocidades binarias BT.709/TVAD	Rec. UIT-T H.262	Rec. UIT-T H.264	Rec. UIT-T H.265	Rec. UIT-T H.262	Rec. UIT-T H.264	Rec. UIT-T H.265
BT.1543/BT.1847	Hasta 140 Mbit/s	Hasta 14 ó 21 Mbit/s	Hasta 7 ó 12 Mbit/s	Hasta 140 Mbit/s	Hasta 35 ó 48 Mbit/s	Hasta 17 ó 24 Mbit/s
BT.601 y BT.1358/TVDN	Hasta 34 ó 45 Mbit/s	Hasta 12 Mbit/s	Hasta 6 Mbit/s	Hasta 34 ó 45 Mbit/s	Hasta 12 Mbit/s	Hasta 6 Mbit/s
Modo de predicción	I, P (Rec. UIT-T H.262); I, P, B, Intra (Rec. UIT-T H.264)					
Calidad de imagen (DSCQS)	12%		36%		12%	
Compatibilidad	No es necesaria					
Codificación jerárquica	No es necesaria					
Ajuste por escalón	No es necesario, pero si lo fuera se puede obtener una calidad más baja con un interpolador espacial					
Interoperatividad	No es necesaria					

⁽¹⁾ Modo 1: buenas condiciones de transmisión.

⁽²⁾ Modo 2: malas condiciones de transmisión.

En el Cuadro 15.3 se utilizan las siguientes definiciones:

- *Codificación genérica*: codificación digital de las imágenes basada en la familia de métodos de codificación conexos.
- *Número de muestras/línea*: número de muestras de luminancia por línea activa.
- *Número de líneas/trama*: número de líneas verticales por trama activa.
- *Formato de color*: relación entre el número de píxeles de luminancia y el número de píxeles de diferencia cromática coincidentes, o relación entre los píxeles de color *R*, *G* y *B*.
- *Número de canales audio*: número total de canales de sonido por programa, junto con una descripción de cómo pueden combinarse esos canales para diferentes aplicaciones.
- *Gama de velocidades binarias*: velocidades binarias mínimas y máximas a la salida del codificador para diferentes formatos de entrada.
- *Modo de predicción*: tipo de predicción utilizada en el codificador. Ejerce gran influencia sobre la calidad de imagen máxima que es posible obtener en los códecs siguientes.
- *Calidad de imagen*: resultados de la evaluación subjetiva de la calidad de la codificación y decodificación en un canal sin errores.

- *Compatibilidad*: capacidad de la sintaxis del tren de bits para permitir el tratamiento separado de partes del tren de bits completo de la señal en los sucesivos códecs.
- *Codificación jerárquica*: método para obtener diferentes capas de resolución en el lado decodificador.
- *Ajuste por escalón*: acceso a varias calidades de imagen en un mismo tren de bits.
- *Interoperatividad*: descripción del grado de uniformidad entre trenes de bits diferentes dentro de la cadena de radiodifusión.
- *Editabilidad*: capacidad de editar un programa teniendo en cuenta la estructura de los datos a la salida del codificador.
- *Flexibilidad de velocidad binaria*: el algoritmo de codificación puede permitir la utilización de la codificación a velocidad binaria constante o a velocidad binaria variable.
- *Retardo del códec*: retardo introducido por el algoritmo de codificación/decodificación.
- *Tiempo de recuperación*: intervalo de tiempo entre una interrupción física dentro de la cadena de radiodifusión y el restablecimiento de todas las funcionalidades.
- *Tiempo de adquisición*: tiempo de espera máximo aceptable desde el inicio del proceso de decodificación hasta la visualización de la imagen; puede influir en la elección del sistema de codificación genérico.
- *Ocultación de error*: posibilidad de que el decodificador reaccione de una forma específica a las señales de alarma procedentes de la parte FEC del decodificador.
- *Degradación progresiva*: para evitar una degradación brusca de la calidad de imagen en el lado decodificador se puede proteger la salida de codificadores modulables mediante diferentes sistemas FEC o sistemas de modulación no uniformes. También es posible una combinación de ambos métodos.
- *Tiempo de latencia de salto de canal*: tiempo de espera debido a la conmutación entre diferentes canales de televisión.

En el Cuadro 15.4 se enumeran requisitos de usuario y parámetros técnicos respecto a la calidad básica de vídeo y de audio para la transmisión de señales de TVAD/TVDN digitales utilizando sistemas ENG.

CUADRO 15.4

**Requisitos de usuario y parámetros técnicos respecto a la calidad básica de vídeo y de audio
para la transmisión de señales de TVAD/TVDN digitales**

Elemento	Requisitos de usuario	Parámetros técnicos
Calidad básica de la señal de vídeo	Degradación de la calidad de imagen $\leq 12\%$ con el método DSCQS indicado en [15.2]. (Véase también [15.4])	TVAD [15.19]:
		Velocidad binaria de vídeo para 3 códecs en tándem:
		– 52 Mbit/s (utilizando ISO/CEI 13818-2 H.262, 4:2:2P@HL)
		– 35 Mbit/s (utilizando ISO/CEI 14496-10, H.264, Nivel 4/Alto 4:2:2)
		– 75 Mbit/s (utilizando ISO/CEI 23008-2 MPEG-H, H.265, Nivel 5/ Alto 4:4:4, 12 bits, véase Rec. UIT-T H.265 [15.5]) (véase Nota 1)
		Velocidad binaria de vídeo para un solo códec:
Calidad básica de la señal de audio	Calidad de audio $\geq 4,5$ en la escala de degradación de 5 notas indicada en [15.3]. Comparable a la calidad de una señal MIC lineal no comprimida (48 kHz, 16 bit/canal)	21 Mbit/s (utilizando ISO/CEI 14496-10, H.264 Nivel 4/Alto 4:2:2)
		TVDN [15.18]:
		Velocidad binaria de vídeo: 15 Mbit/s (utilizando ISO/CEI 13818-2, H.262, 4:2:2P@ML con grupo de imágenes amplio)
		Velocidad binaria de vídeo: 10 Mbit/s (utilizando ISO/CEI 14496-10, H.264, Nivel 3/Alto 4:2:2)
		Velocidad binaria de vídeo: 18 Mbit/s (utilizando ISO/CEI 23008-2 MPEG-H, H.265, Nivel 3/ Alto 4:4:4, 12 bits) (véase Nota 1)
		768 kbit/s por canal sin compresión MPEG-1 capa II, 250 kbit/s por canal HE-AAC v2 MPEG-4 con 96 kbit/s por canal

NOTA 1 – Se sabe que HEVC MPEG es más eficaz que los códecs MPEG anteriores. Sin embargo, se considera que la velocidad binaria para HEVC es mayor que para AVC MPEG-4 debido a la diferencia en los parámetros de codificación digital; por ejemplo, para HEVC se asegura una calidad superior a la de AVC MPEG-4 (para 4:4:4 y 12 bits por píxel). Se prevé que la velocidad binaria a la salida del codificador HEVC MPEG, a condiciones iguales (por ejemplo, 4:2:2), sea aproximadamente la mitad de la velocidad binaria a la salida del codificador AVC MPEG-4.

15.2.2.2 Requisitos de usuario del sistema de periodismo electrónico terrenal para TVUAD

La combinación de nuevos métodos de compresión y sistemas de transmisión de televisión terrenal digital de elevada eficacia puede llevar a una introducción a gran escala de la TVUAD. Actualmente, la TVUAD se admite en las compresiones AVC (las combinaciones TVUAD de perfil/nivel corresponden a Hi422P o Hi444P y L5.1) y HEVC MPEG-4.

En el Cuadro 15.5 se dan algunos ejemplos de requisitos de usuario y parámetros técnicos respecto a la calidad básica de vídeo para la transmisión de señales de TVUAD.

CUADRO 15.5

Requisitos de usuario y parámetros técnicos respecto a la calidad básica de vídeo para la transmisión de señales de TVUAD

Elemento	Requisitos de usuario	Parámetros técnicos
Calidad básica de la señal de vídeo	Degradación de la calidad de imagen indicada en [15.25]: Para el 75% de las secuencias elegidas: $DSCQS \leq 12\%$ Para el resto: $DSCQS \leq 30\%$	TVUAD: Velocidad binaria de vídeo para un solo códec (ejemplo): 960 Mbit/s (utilizando ISO/CEI 14496-10, H.264 Nivel 5.1/Alto 4:2:2 o Alto 4:4:4) 480 Mbit/s (utilizando ISO/CEI 23008-2 MPEG-H, H.265 Nivel 5.1/Tramo alto 4:4:4 12 bits)

En los últimos años, numerosos organismos de radiodifusión y productores de programas han comenzado a realizar programas en TVUAD. En esta sección se mencionan algunas de las experiencias pioneras de la contribución de TVUAD 4K adquiridas en Italia ya en 2009, y algunas más recientes sobre producción en 8K en Japón.

15.2.2.2.1 Experiencia italiana en materia de producción, 2009

En septiembre de 2009, el Centro de Investigación de la RAI llevó a cabo la transmisión de vídeo 4K en directo por un canal terrenal digital en el área de Turín [15.24]. Se trata además de la máxima resolución que se ha podido alcanzar en un canal terrenal digital utilizando las tecnologías actuales más avanzadas con codificación de imagen MPEG-4 y formato de transmisión DVB-T2. Para ello, el Centro de Investigación de la RAI de Turín realizó la producción especial de una videosecuencia 4K de 12 minutos, utilizando una combinación de tomas artísticas y de la vida real de esa ciudad. La finalidad de la producción 4K de la RAI era explorar las condiciones normales de la producción de televisión sobre el terreno con profesionales de televisión que debían limitarse a plazos cortos de producción en entornos por lo general no controlados, habituales de la transmisión en directo.

Para el rodaje se utilizó una cámara Red One de formato 4K (4096×2304 píxeles a 25 tramas/s en exploración progresiva) equipada con zooms Angenieux (modelos HR 25-250 T3.5 y 17-102 T2.9). La cámara disponía de un sensor Bayer de 12 Mpixel (del mismo tamaño que el formato Super 35 mm) y la compresión de la señal de vídeo se efectuaba con la tecnología JPEG2000 a 288 Mbit/s almacenándose en unidades de disco duro incorporadas. Para la comprobación técnica, los camarógrafos y los asistentes artísticos disponían tan solo de una señal en directo en versión AD (1280×720 p50).

Para el suministro del contenido se necesitaban las tecnologías más modernas de codificación, transmisión, decodificación y visualización. Se eligió por tanto la norma DVB-T2 pues ofrece suficiente capacidad para el suministro de 4 señales TVAD (1920×1080) en un canal terrenal en ondas decimétricas. Esto equivale a una resolución acumulada de 3840×2160 , que es en realidad muy similar a la resolución prevista por la cámara Red One 4K. De modo que, tras el ajuste gradual de 4096×2304 a 3840×2160 píxeles con exploración

progresiva a 25 Hz, la videosecuencia obtenida se dividió en cuatro trenes TVAD completos (1920×1080), cada soporte lógico codificado con tecnología H.264 (Perfil superior, nivel 4). Se realizó seguidamente la multiplexación de los cuatro trenes 1920×1080 resultantes de la codificación para producir un tren de transporte multiprograma. Se obtuvieron diferentes configuraciones de velocidades binarias útiles: 36 y 45 Mbit/s.

FIGURA 15.2

Experiencia de la RAI en la transmisión de TVUAD terrenal



DTTB-15-02

Se puso especial atención en mantener la sincronización de los trenes en toda la cadena, de extremo a extremo, para que no se detectara en la pantalla la división de la imagen en cuatro cuadrantes. En un futuro cercano, gracias a la aplicación de H.264 con nivel 5.1 de perfil alto, actualmente en fase de prueba, se podrá tratar la trama 4K completa, eliminando de esa manera los problemas de sincronización.

Utilizándose el sistema DVB-T2 con los siguientes parámetros: constelación MAQ-256, modo MDFO 32K e intervalo de protección 1/128, se realizó una transmisión en tiempo real por el canal 29 de ondas decimétricas desde el emplazamiento de transmisión de Torino-Eremo. Se utilizaron dos valores de FEC diferentes para poner a prueba dos configuraciones diferentes con una velocidad binaria útil entre unos 36 Mbit/s (FEC 3/5) y 45 Mbit/s (FEC 3/4), que permitía una capacidad media de 9 a 11 Mbit/s para cada uno de los cuatro trenes de TVAD. Los cuatro cuadrantes AD fueron reagrupados y visualizados en un monitor LCD Astro Design, DM-3400, $4K \times 2K$ (3840×2160) de 56 pulgadas, y en un proyector de cine digital Sony 4K de gran calidad que ofrece imágenes verdaderamente impresionantes en una pantalla de 200 pulgadas.

15.2.2.2 Experiencia japonesa en materia de producción en 8K

Se facilita a continuación un ejemplo más reciente de transmisiones de periodismo electrónico de TVUAD terrenal en Japón [15.9]. La transmisión de señales de vídeo y audio no comprimidas (señales de banda base) desde una cámara es un requisito esencial para la producción en directo en exteriores, y la TVUAD no será la excepción. Teniendo en cuenta la velocidad binaria elevada de las señales TVUAD no comprimidas, se necesitará una enorme cantidad de capacidad adicional. Las bandas de frecuencias para enlaces de vídeo TVAD temporales son muy utilizadas en la actualidad por los servicios existentes y no hay ninguna posibilidad de expansión en el futuro.

Para utilizar por tanto mayor ancho de banda y una capacidad mayor de la banda en ondas milimétricas, se ha desarrollado en Japón un enlace de vídeo temporal TVUAD utilizando la banda de 120 GHz. Ese enlace de vídeo en la banda de 120 GHz transportará señales Dual Green 8K no comprimidas (formateadas con el diagrama de filtro cromático Bayer, de calidad muy similar a 8K) con una velocidad de datos de 24 Gbit/s.

Se pueden utilizar enlaces de vídeo temporales cuando es difícil o imposible utilizar un cable, como en un estadio, un campo de golf o ante la presencia de algún obstáculo importante.

En las Figuras 15.3 a 15.5 se muestran ejemplos de utilización de ese tipo de enlaces en un estadio (distancia de transmisión a 250 m), en un campo de golf (distancia de transmisión a 1 km) y en presencia de obstáculos (distancia de transmisión a 4 km).

FIGURA 15.3

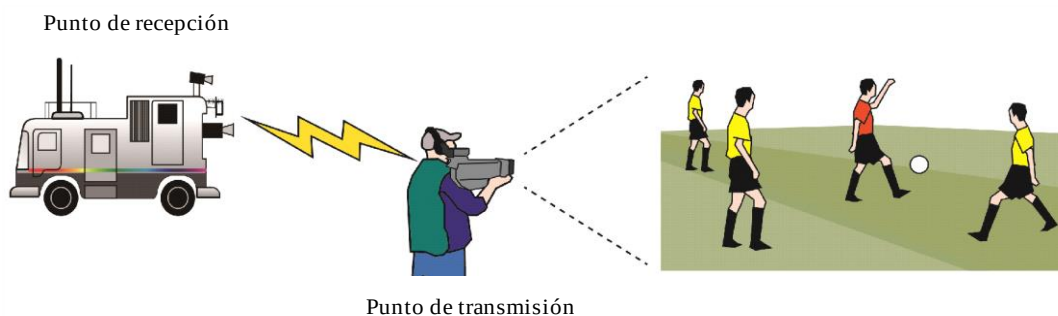
Estadio

FIGURA 15.4

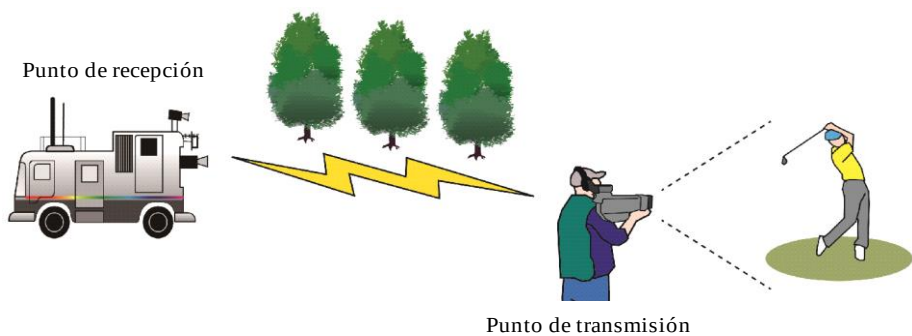
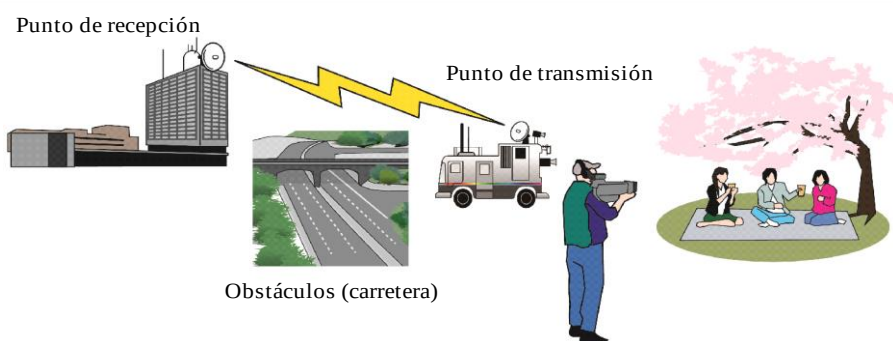
Campo de golf

FIGURA 15.5

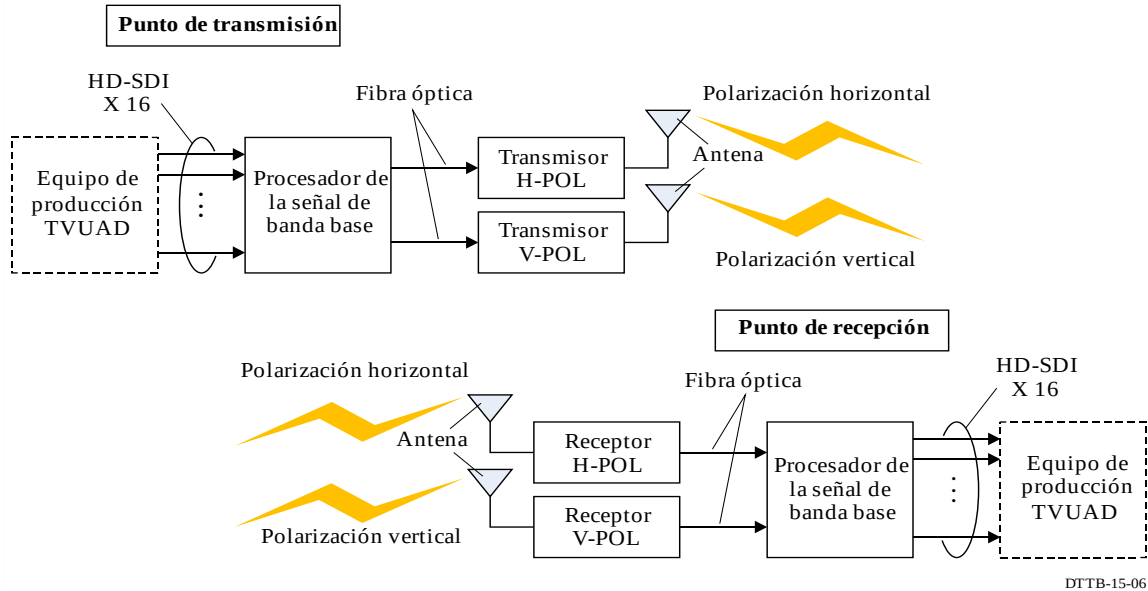
Transmisión en presencia de obstáculos

Como se observa en la Figura 15.6, 16 señales HD-SDI constituidas por la señal Dual Green 8K son multiplexadas en dos grupos. Cada grupo, que contiene ocho señales HD-SDI, se transmite por polarización vertical u horizontal de los enlaces de vídeo en la banda de 120 GHz.

La principal ventaja del enlace de vídeo en la banda de 120 GHz es su alta capacidad de transmisión. La señal de resolución 8K no comprimida está contenida íntegramente en el ancho de banda de 17 GHz. El sistema de transmisión sin compresión mantiene la calidad de vídeo y de audio completa de la resolución 8K, y reduce al mínimo el tiempo de latencia de la transmisión.

FIGURA 15.6

Visión general del enlace de vídeo temporal en la banda de 120 GHz para señales de resolución 8K



El código Reed-Solomon (986, 966) aplicado a la corrección de errores se utiliza cuando el procesador de banda base lleva a cabo la multiplexación de 8 señales HD-SDI en un solo tren de datos en serie (en el extremo receptor, este tren de datos en serie es demultiplexado en las 8 señales HD-SDI originales y los errores que surgieron durante la propagación son corregidos hasta una $BER = 1 \times 10^{-4}$). De esta forma se mejora la C/N requerida en aproximadamente 4 dB, en comparación con el caso en que no se aplica ninguna corrección de errores.

En el Cuadro 15.6 se enumeran los parámetros técnicos del enlace de vídeo temporal.

CUADRO 15.6

Parámetros técnicos del enlace de vídeo temporal en la banda de 120 GHz

Frecuencia central (GHz)	125		
Ancho de banda (GHz)	18 (116 – 134)		
Polarización	Horizontal, vertical, circular		
Potencia de transmisión máxima (W)	1,0		
Modulación	ASK	MDP-2	MDP-4
Velocidad binaria máxima (Gbit/s)	12,0	12,0	24,0
Nivel requerido a la entrada del receptor (dBm)	–30,4	–36,4	–31,5
C/N requerida* (dB) (Nota 1)	25,0	19,0	23,9

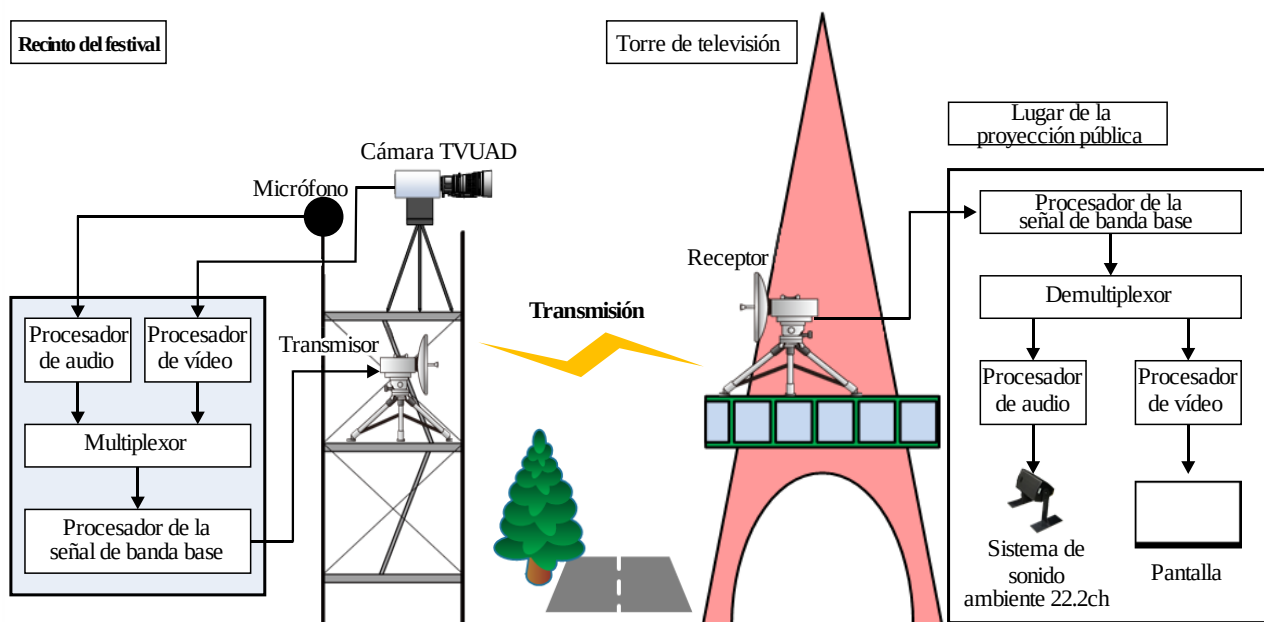
NOTA 1 – En caso de no aplicarse la corrección de errores.

En febrero de 2015 se realizó una proyección pública en 8K de la 66ª edición del Festival de la Nieve de Sapporo. El estudio del emplazamiento reveló que no había un tendido de cable óptico entre el recinto del festival y el lugar de la proyección pública, y que la utilización de un cable temporal no era viable debido al tráfico intenso en las carreteras cercanas al recinto.

Se optó entonces por utilizar en la proyección pública un enlace de vídeo temporal en la banda de 120 GHz, configurándose el sistema de la misma manera que para la transmisión en directo. En la Figura 15.7 se observa el diagrama del sistema.

FIGURA 15.7

Diagrama del sistema de proyección pública en 8K



DTTB-15-07

Las señales TVUAD en 8K fueron multiplexadas en la cabina de producción situada cerca del recinto del festival y enviadas a los transmisores por medio de fibra óptica. El enlace de vídeo temporal en la banda de 120 GHz transmitió luego las señales al otro lado de la carretera, a una distancia de aproximadamente 160 m. Una vez recibidas en la torre de televisión, las señales fueron enviadas al lugar de la proyección pública por el enlace de fibra óptica existente (véase la Figura 15.8).

FIGURA 15.8

Transmisor y receptor



DTTB-15-08

Durante el ensayo de este enlace de vídeo en la banda de 120 GHz se registraron lluvias. Como las ondas milimétricas son muy susceptibles a la lluvia debido a su longitud corta de onda, se registró una atenuación de aproximadamente 4 dB para ambas polarizaciones. Sin embargo, el diseño de ese ensayo contemplaba un margen de C/N de 17 dB, que bastó para transmitir las señales 8K sin errores que no pudieran corregirse. Por otra parte, durante el evento cayeron fuertes nevadas, pero sin ninguna consecuencia manifiesta en la potencia de recepción. Este ensayo confirmó que el enlace de vídeo en la banda de 120 GHz para la TVUAD en 8K se puede utilizar incluso en condiciones climáticas difíciles.

En el Informe UIT-R BT.2246, *The present state of ultra-high definition television* (Situación actual de la televisión de ultra alta definición) [15.25], puede hallarse otro ejemplo interesante.

15.2.3 Necesidades del periodismo electrónico terrenal en materia de frecuencia

El periodismo electrónico (ENG) funciona como servicio terrenal en las bandas atribuidas a los servicios de radiodifusión, fijos y móviles.

La propia naturaleza del servicio ENG en un entorno abierto a la competencia hace que diversos organismos de radiodifusión, organizaciones o redes traten de cubrir el mismo evento en una zona geográfica, lo que exige el funcionamiento simultáneo de varios canales sobre el mismo trayecto radioeléctrico. Se deben pues satisfacer los requisitos en materia de ubicación de enlaces ENG múltiples durante la cobertura de un evento.

Las bandas de frecuencias específicas utilizadas para el servicio ENG tienen un cierto número de atributos técnicos inherentes que son ventajosos, aunque ciertas condiciones o cuestiones de gestión del espectro pueden ser perjudiciales para la implantación de sistemas ENG. Por ejemplo, el servicio ENG que funciona en bandas del espectro de frecuencias por debajo de 3 GHz ofrece en general mejores características de propagación en trayectos con obstrucciones, aumentando de esa forma la probabilidad de realizar una buena transmisión de un evento particular. Asimismo, se pueden utilizar nuevos equipos digitales para aplicaciones móviles de mayor velocidad en esas bandas de frecuencias más bajas. Sin embargo, dada la creciente utilización de bandas de frecuencias comprendidas entre 500 MHz y 10 GHz por varios servicios de radiocomunicación, existe el riesgo de aumento de la congestión y de interferencia en la misma zona geográfica causada por otros servicios, que puede obstaculizar la utilización de equipos ENG en esas bandas de frecuencias más bajas. Por otra parte, la utilización de bandas de frecuencias más elevadas podría imponer severas restricciones en condiciones meteorológicas adversas. Hay que tener también en cuenta el aumento constante de la demanda de recursos necesarios en materia de frecuencia para aplicaciones actuales y futuras.

La gama de sintonización se considera un parámetro básico para la definición de las necesidades en materia de frecuencia. En el caso del servicio ENG, la expresión «gama de sintonización» designa una gama de frecuencias en la que está previsto que pueda funcionar un equipo radioeléctrico. Dentro de esta gama de sintonización, la utilización en un país A de equipos radioeléctricos de un país B será limitada a la gama de frecuencias identificada en el plano nacional en el país A para el servicio ENG y se explotará conforme a las condiciones y exigencias nacionales correspondientes. La identificación de una gama de sintonización para el servicio ENG no impide la utilización de otras aplicaciones en la misma gama de frecuencias ni establece prioridad alguna respecto de toda otra utilización de esas bandas. Las Administraciones facilitaron algunas informaciones sobre frecuencias/bandas de frecuencias y gamas de sintonización de preferencia utilizadas en aplicaciones ENG. Esas informaciones pueden consultarse en [15.1].

La definición de las necesidades en materia de frecuencia se basa en dos enfoques: armonización y racionalización. La definición de los términos «armonización» y «racionalización» es la siguiente:

Racionalización: Utilización de las tecnologías disponibles para optimizar la eficacia y flexibilidad en la utilización de frecuencias. Esto supone recurrir a la normalización de equipos y a tecnologías avanzadas para asegurar la utilización más eficaz de las frecuencias en el marco de las disposiciones administrativas cuando se instala un equipo.

Armonización: Acuerdo a escala mundial o regional con miras a una armonización de la utilización del espectro en ciertas bandas de frecuencias.

Con el fin de evaluar la viabilidad de la armonización de las bandas de frecuencias, las aplicaciones ENG se pueden dividir en las categorías generales siguientes:

- aplicaciones vídeo;
- aplicaciones audio.

En ausencia de una armonización de frecuencias significativa entre un país y otro, se observa una enorme diversidad de equipos ENG propuestos por los fabricantes en numerosas bandas de frecuencias. En consecuencia, los organismos de radiodifusión deben disponer de equipos adaptados a muchas de esas bandas de frecuencias para el desplazamiento de un país u otro. Se podría atenuar este problema utilizando tecnologías avanzadas que reduzcan los costos para los organismos de radiodifusión, ofrezcan economías de escala a los fabricantes de equipos y disminuyan las posibilidades de interferencia.

Algunas administraciones estiman que, en función de una determinada aplicación ENG, la racionalización del espectro podría ser más útil si se permitiera a los organismos de radiodifusión y/o operadores de sistemas ENG extranjeros, llegado el caso, conocer las frecuencias necesarias y acceder a ellas en un determinado país o una determinada región. Gracias a esa información, tratarían de obtener una licencia antes de que se produjeran eventos de interés previstos, permitiéndoles el acceso a las frecuencias del espectro cuando las necesitaran. Esa información los ayudaría también a obtener una licencia para cubrir, en caso de emergencia, eventos de actualidad. Estas dos medidas permitirían asegurar la cobertura de los eventos. Los estudios se han consagrado en especial a las bandas ya utilizadas para las aplicaciones ENG. Es posible que las gamas de sintonización necesarias para satisfacer las necesidades de los servicios ENG transfronterizos de otras administraciones sean considerablemente menores que las necesidades nacionales de las administraciones anfitrionas.

La armonización del espectro puede aportar numerosas ventajas, entre ellas una reducción de costos para los organismos de radiodifusión, economías de escala para los fabricantes de equipos y menores posibilidades de interferencia. Ello no implica un acceso inmediato de cada administración al espectro dado que sólo será posible a través de las políticas y reglamentaciones adoptadas por las administraciones. Para que esa armonización sea viable se deberá tener en cuenta la utilización desigual del espectro por los numerosos países interesados y las diferentes características de los sistemas ENG utilizados por las administraciones.

15.2.4 Adaptación al entorno terrenal

La peculiaridad básica del entorno terrenal en que se utilizan los sistemas de contribución y periodismo electrónico es la influencia de señales multitrayecto, que funcionan con errores en frecuencia considerables introducidos por el desplazamiento debido al efecto Doppler, la utilización de antenas transmisoras omnidireccionales de bajo costo, diferentes intensidades de la señal, relaciones señal/ruido muy bajas, ruido ambiental y otros factores. Puesto que la información audiovisual es sumamente esencial para el suministro en dicho entorno, el sistema de transmisión utilizado debe asegurar la calidad suficiente que reduzca al mínimo la influencia del canal de propagación de ondas radioeléctricas. Teniendo en cuenta que los actuales sistemas de transmisión de la radiodifusión terrenal pueden ofrecer esa calidad, la opción preferida para los sistemas de contribución y periodismo electrónico terrenales consiste en reutilizar las etapas de tratamiento de los sistemas de radiodifusión terrenal. Por este motivo, numerosos diseñadores de sistemas ENG digitales han elegido la multiplexación por división de frecuencia ortogonal codificada (MDFOC).

Los moduladores MDFOC terrenales están diseñados de conformidad con las normas EN 300 744 (DVB-T) [15.12] y EN 302 755 [15.13] (DVB-T2). En la sección 9.4 de este Manual y en las referencias [15.12, 15.13] puede hallarse una información más completa sobre la calidad de funcionamiento de los sistemas DVB-T y DVB-T2. La norma técnica europea para sistemas terrenales aplicada a la DVB-T [15.12] ofrece diferentes niveles de modulación MAQ y velocidades de codificación interna en anchos de banda de 6, 7 u 8 MHz para establecer un compromiso entre la velocidad binaria utilizable (para el codificador de vídeo) y la solidez del enlace. Como los enlaces OB/ENG se sitúan a la entrada o en el lado contribución de un sistema de radiodifusión, se prefiere la velocidad binaria más elevada posible para reducir al mínimo los efectos de concatenación de ciclos múltiples de codificación/decodificación de vídeo a lo largo de la cadena de radiodifusión. En consecuencia, se prefiere una planificación del espectro basada en canales de 8 MHz, que aseguran una gama de velocidades de datos utilizables entre 4,976 Mbit/s y 31,668 Mbit/s mediante la selección del ancho de banda, el intervalo de guarda, la corrección de errores directa y el tipo de modulación. La selección de la corrección de errores directa, el tipo de modulación y el ancho de banda de canal puede servir para establecer un compromiso entre la solidez del enlace y la velocidad binaria utilizable. Los canales de 6/7/8 MHz adyacentes pueden combinarse en un canal más ancho con objeto de crear enlaces de velocidad binaria utilizable superiores para trayectos de vídeo de alta definición. Por ejemplo, en el caso de 8 MHz en un canal de 24 MHz, se pueden transmitir velocidades binarias de hasta 95,51 Mbit/s, del mismo modo que es posible obtener velocidades superiores a 126,72 Mbit/s en un canal de 32 MHz. Hay numerosos sistemas de

codificación de vídeo de alta definición que utilizan la norma MPEG-2 y producen una calidad satisfactoria a esas velocidades binarias. Sin embargo, las técnicas de codificación más avanzadas permitirán reducir las velocidades binarias necesarias para enlaces de alta definición.

La norma DVB-T2 también es adecuada para uso profesional, por ejemplo, para transmisiones entre radiocámaras y estudios móviles. Con ese propósito, se incluye una opción de 10 MHz. No está previsto que los receptores de consumo admitan el modo 10 MHz.

En el Cuadro 15.7 y el Cuadro 15.8 se enumeran los requisitos de usuario y se dan ejemplos de parámetros técnicos para la transmisión de la TVAD/TVDN digital utilizando sistemas ENG cuando están asignados a los servicios fijo y móvil [15.6], [15.7], [15.8]. Aunque en la práctica se pueden utilizar diversos parámetros de funcionamiento, estos ejemplos dan una indicación de los parámetros actuales del sistema.

Para operaciones fijas y transmisiones desde helicópteros se utilizan sistemas MAQ de portadora única (ARIB STD-B11 [15.14]); para la transmisión móvil y los sistemas de cámara inalámbrica, sistemas MDFO (ARIB STD-B33 [15.15]). Cada sistema tiene un codificador o decodificador de compresión de TVAD del tamaño de una tarjeta postal. Los parámetros relativos al sistema para enlaces de microondas digitales de TVAD/TVDN se enumeran en el Cuadro 15.9.

En [15.15] se define un sistema de transmisión terrenal digital MDFO para la unidad de captación en el terreno (FPU), un tipo de equipo de radiotransmisión portátil para la contribución de programas de televisión con transmisión fija y móvil. Esta norma sólo se aplicará mientras se utilicen a la vez sistemas FPU analógicos y digitales. Por lo tanto, se podrá establecer otra norma en el futuro cuando sea utilizado únicamente el sistema digital. En [15.15] se define también la utilización de la codificación concatenada con modulaciones MDFO-MDP u MDFO-MAQ, proporcionándose de esa forma una velocidad de transmisión máxima de hasta 105 Mbit/s (en modo completo con ancho de banda de 18 MHz).

CUADRO 15.7

Requisitos de usuario y ejemplo de parámetros técnicos para la transmisión de señales TVAD/TVDN digitales en el servicio fijo

Elemento		Requisitos de usuario	Ejemplo de parámetros técnicos
Latencia		Retardo tan corto como sea posible	< 500 ms
Ancho de banda de transmisión		8 MHz, 9 MHz, 18 MHz y 24 MHz	Véase la Rec. UIT-R F.1777 [15.16]
Potencia de transmisión		1,76-7 dBW	
Frecuencia		Bandas 6-7 GHz, 10 GHz y 13 GHz	
Antena	Tx	Antena parabólica de 0,6 m	Distancia de transmisión: 6-7 GHz: 50-100 km (dependiendo del margen necesario) 10 GHz: 7 km (con el margen necesario para la lluvia) 13 GHz: 5 km (con el margen necesario para la lluvia)
	Rx	Antena parabólica de 0,6 m	
Modulación		MAQ (16, 32, 64); MDP-4-MDFO	Véase [15.16]
Capacidad de transmisión		Admisión de todos los parámetros de transmisión anteriores	Hasta 66 Mbit/s (dependiendo del ancho de banda y la modulación, véase [15.16])

CUADRO 15.7 (fin)

Elemento	Requisitos de usuario	Ejemplo de parámetros técnicos
Fiabilidad ambiental	El sistema debe ser fiable en todas las condiciones ambientales posibles (temperatura, humedad, etc.)	Temperatura: 0° a 50° C (unidades en exteriores) 5° a 45° C (unidades en interiores) Humedad relativa: 95% sin condensación
Facilidad de alineamiento	El sistema debe disponer de una función integrada que permita generar ciertas señales de prueba	Generador de barra de colores con una identidad de 16 caracteres
Tamaño y peso	Pequeños tamaños y pesos livianos para una instalación fácil y rápida	
Medio de grabación	Debería ser posible hacer grabaciones en todos los tipos de medios aceptados	Cintas; DVD; discos Blu Ray y discos duros

CUADRO 15.8

Requisitos de usuario y ejemplos de parámetros técnicos para la transmisión de señales TVAD/TVDN digitales en el servicio móvil

Elemento	Requisitos de usuario	Ejemplo de parámetros técnicos
Latencia	Retardo tan corto como sea posible	< 500 ms
Ancho de banda de transmisión	9 MHz, 18 MHz, 27 MHz y 80 MHz	Véase Rec. UIT-R M.1824 [15.17]
Ondas decimétricas	Potencia de transmisión	7 dBW
	Frecuencia	Banda de 800 MHz
	Antena de Tx	Colineal
	Antena de Rx	Yagi
Microondas	Potencia de transmisión	4 dBW, 7 dBW
	Frecuencia	Bandas de 6-7 GHz, 10 GHz y 13 GHz
	Antena de Tx	Antena de bocina, antena parabólica, antena helicoidal
	Antena de Rx	Antena parabólica de 0,3 m
A bordo de aeronaves	Antena de Tx	Antena parabólica de 0,2 m
	Antena de Rx	Antena parabólica de 1,2 m
Modulación	MAQ (16, 32, 64); MDP-4-MDFO	Véase [15.17]
Capacidad de transmisión	Admisión de todos los parámetros de transmisión anteriores	Hasta 60 Mbit/s (dependiendo del ancho de banda y la modulación, véase [15.17])

CUADRO 15.8 (fin)

Elemento	Requisitos de usuario	Ejemplo de parámetros técnicos
Fiabilidad ambiental	El sistema debe ser fiable en todas las condiciones ambientales posibles (temperatura, humedad, etc.)	Temperatura: 0° a 50° C (unidades en exteriores) 5° a 45° C (unidades en interiores) Humedad relativa: 95% sin condensación
Facilidad de alineamiento	El sistema debe disponer de una función integrada que permita generar ciertas señales de prueba para facilitar el alineamiento	Generador de barra de colores con una identidad de 16 caracteres
Tamaño y peso	Pequeños tamaños y pesos livianos para una instalación fácil y rápida	

CUADRO 15.9

**Parámetros del sistema de periodismo electrónico terrenal digital TVAD/TVDN
(ARIB STD-B11 y B33)**

Banda de frecuencias	800 MHz	5, 6, 7, 10 y 13 GHz		
Norma ARIB	STD-B33	STD-B33	STD-B33	STD-B11
Separación entre canales (MHz)	9 (TVDN)	9 (TVDN)	18 (TVAD)	18 (TVAD)
Capacidad (carga útil) (Mbit/s)	Hasta 16	Hasta 30	Hasta 60	Hasta 66
Modulación (digital)	MDP-4-MDFO MAQ-16-MDFO MAQ-32-MDFO	MDP-4-MDFO MAQ-16-MDFO MAQ-32-MDFO MAQ-64-MDFO		MDP-4 MAQ-16 MAQ-32 MAQ-64
Ganancia típica de la antena transmisora (dBi)	5-10	29-35	29-35	29-35
Pérdidas del alimentador de transmisión (mín) (dB)	1	1	1	1
Tipo de antena transmisora	Colineal/Yagi	Parabólica	Parabólica	Parabólica
Potencia de transmisión (máx) (dBW)	7	4	7	1,76
p.i.r.e. (máx) (dBW)	11-16	32-38	35-41	30-36
Ganancia típica de la antena receptora (dBi)	10-15	29-35	29-35	29-35
Tipo de antena receptora	Yagi	Parabólica	Parabólica	Parabólica
Pérdidas del alimentador de recepción (máx) (dB)	1	1	1	1
Ancho de banda FI del receptor (MHz)	9	9	18	18
Factor de ruido del receptor (dB)	4	4	4	4
Ruido térmico del receptor (dBW)	-130,5	-130,5	-127,4	-127,4

Desde la publicación de [15.1], los avances técnicos de la tecnología utilizada en SAB/SAP son tan notables que han dado lugar a la utilización de nuevas tecnologías en la materia:

- la introducción de enlaces de vídeo digitales tanto para enlaces punto a punto como para enlaces móviles;
- la introducción de micrófonos inalámbricos digitales;
- la posibilidad de utilizarlos en redes públicas de contribución de programas, como TETRA, GSM, UMTS, etc.

En el Informe UIT-R BT.2344-1 *Information on technical parameters, operational characteristics and deployment scenarios of SAB/SAP as utilized in broadcasting* (Información sobre parámetros técnicos, características de funcionamiento y modalidades de implantación de servicios auxiliares (SAB/SAP) utilizados en la radiodifusión) [15.9], se enumeran los parámetros técnicos y otros aspectos de las aplicaciones SAB/SAP en el entorno terrenal. En el Informe UIT-R BT.2338-0, *Services ancillary to broadcasting/services ancillary to programme making spectrum use in Region 1 and the implication of a co-primary allocation for the mobile service in the frequency band 694-790 MHz* (Servicios auxiliares de la radiodifusión/servicios auxiliares de la realización de programas, utilización del espectro en la Región 1 y repercusiones de una posible atribución a título primario con igualdad de derechos al servicio móvil en la banda de frecuencias 694-790 MHz) [15.10], pueden hallarse informaciones complementarias sobre enlaces de SAB/SAP audio. En [15.1] y [15.11] se facilita información sobre frecuencias y gamas de sintonización utilizadas en diferentes administraciones de los miembros del UIT-R.

15.2.5 Asistencia satelital a la contribución y producción de programas en aplicaciones ENG

Como parte de un sistema ENG, se pueden utilizar transpondedores de satélite para transmitir, desde el emplazamiento de un evento, una señal con calidad de radiodifusión (hasta TVUAD) en emisiones de televisión regionales, nacionales e internacionales. La transmisión en esos sistemas se conoce como periodismo electrónico por satélite (SNG) y, por lo general, se organiza como sistema «punto a punto» o «punto a multipunto» (generalmente se establece la conexión entre el estudio y la furgoneta OB con una estación terrena del servicio móvil por satélite) con el suministro de contenido de radiodifusión y de señales de control/coordinación.

Las transmisiones SNG utilizan sistemas de radiodifusión (por ejemplo, el sistema DVB-S [15.20]), una norma propia del periodismo electrónico por satélite (como, por ejemplo, la norma DVB-DSNG [15.21]) o una configuración especial de sistemas de radiodifusión (por ejemplo, el sistema DVB-S2 con su configuración DSNG (S2) [15.22]). La última tendencia observada es la transición a opciones universales (genéricas) que se pueden utilizar para la transmisión de aplicaciones de radiodifusión y profesionales, el acceso a Internet, etc. Esto permite crear un ecosistema compartido con posibilidades de interacción entre las variantes del sistema (por ejemplo, la televisión interactiva). No obstante, las otras dos opciones (las normas de radiodifusión de la primera generación DVB-S, ISDB-S, etc., así como el sistema de periodismo electrónico por satélite profesional) son aún muy utilizadas.

Los sistemas SNG imponen requisitos específicos, en particular los siguientes:

- La necesidad de establecer un enlace «punto a punto» o «punto a multipunto» fiable en cualquier lugar y a todo momento para transmitir el contenido del programa de televisión en definición normalizada, alta definición o ultra alta definición con el sonido correspondiente;
- La necesidad de organización de canales bidireccionales para los datos de coordinación y control;
- Portabilidad y movilidad del equipo con el número mínimo de personal.

En el Cuadro 15.10 se observa un ejemplo de las características técnicas del periodismo electrónico digital con posibles parámetros de transmisión y también características de las señales de televisión transmitidas.

CUADRO 15.10

Análisis comparativo de las características técnicas de las normas DVB-DSNG, DVB-DSNG (S2) y DVB-DSNG (S2X) de periodismo electrónico por satélite

Parámetro	Periodismo electrónico digital		
	DVB-DSNG	DVB-DSNG (S2)	DVB-DSNG (S2X)
Codificación y modulación de canal			
Formato de tren de entrada	Tren de transporte	Tren de transporte, tren encapsulado genérico	
Modulación	MDP-4, MDP-8, MAQ-16	MDP-4, MDP-8, MDAP-16, MDAP-32	MDP-4, MDP-8, MDAP-16, MDAP-32, MDAP-64, MDAP-128, MDAP-256
Modo codificación/modulación de canal	Codificación y modulación constantes	Codificación y modulación constantes, codificación y modulación variables, codificación y modulación adaptables	
Longitud del bloque de datos procesados	Paquetes de 188 bytes, incluidos 1 byte de sincronización, encabezamiento de 3 bytes y 184 bytes de carga útil	Trama formada por una carga útil con 64 800 ó 16 200 bits de longitud y encabezamiento (80 bits)	
Codificación externa	Código externo Reed-Solomon RS (204,188, 8), que se obtiene reduciendo el código madre RS (255, 239, 8)	Código BCH con capacidad para corregir de 8 a 12 símbolos erróneos	Código BCH
Codificación interna	Código convolucional	LDPC	
Velocidad de codificación	1/2, 2/3, 3/4, 5/6, 7/8	Velocidades del LDPC: 1/4, 1/3, 2/5, 1/2, 3/5, 2/3, 3/4, 4/5, 5/6, 8/9, 9/10	Velocidades del LDPC: 1/4, 1/3, 2/5, 1/2, 3/5, 2/3, 3/4, 4/5, 5/6, 8/9, 9/10, 5/9, 7/9, 9/20, 13/45, 11/20, 23/36, 25/36, 13/18, 26/45,28/45, 77/90, 8/15, 32/45, 11/15, 29/45, 31/45
Corrección del canal	Ecualizador	Pilotos	
Ancho de banda de canal, MHz	1,5-72		
Utilización de la banda de frecuencias del transpondedor	Transpondedor con multiplexación por división de frecuencia (MDF) y multiplexación por división en el tiempo (MDT) de canales		
BER requerida a la salida del decodificador interno	BER ≈ 2 × 10 ⁻⁴	BER ≈ 1 × 10 ⁻⁷	
Coefficiente de decrecimiento	α = 0,25; α = 0,35	α = 0,2; α = 0,25; α = 0,35	α = 0,05, α =0,15, α =0,1
Relación señal/ruido, dB	4,5..10,7	-2,35..16,05	-2,85..19,57
Compresión de vídeo y de audio (ejemplos recopilados)			
Nivel de resolución	TVDN		TVAD
Resolución	720×576, 704×576, 640×576, 576×576, 544×576, 576×528, 576×352, 352×288, 320×288, 352×240, 320×240		1920×1080i/25, 1440×1080i/25, 1280×1080i/25, 960×1080i/25, 1280×720p/50, 960×720p/50, 720×640p/50
Configuración de la compresión MPEG	MPEG-2 MP @ ML; MPEG-4/AVC MP@L3		MPEG-2 422P @ ML MPEG-4 AVC HP@L4

CUADRO 15.10 (fin)

Parámetro	Periodismo electrónico digital		
	DVB-DSNG	DVB-DSNG (S2)	DVB-DSNG (S2X)
Codificación y modulación de canal			
Velocidad binaria de vídeo, Mbit/s	1..15 (MPEG-2 MP @ ML) 1..10 (MPEG-4/AVC MP@L3)	1.5...30 (50 para 4:2:2) (MPEG-2 422P @ ML) 1..25 Mbit/s (MPEG-4 AVC HP@L4)	
Muestreo cromático	4:2:2	4:2:0/4:2:2	
Modo audio	Monofónico/estereofónico		
Número de canales audio	Hasta 8 canales		
Compresión de audio	MPEG-1 Capa II; Dolby Digital® (AC-3) 2.0; Dolby Digital® (AC-3) 1 – 5.1; AAC-LC MPEG-2; HE-AAC MPEG-4		
Velocidad binaria de audio	64...256 kbit/s		

En [15.20], [15.21] y [15.22] se definen otros parámetros relativos al periodismo electrónico por satélite.

Bibliografía del Capítulo 15

- [15.1] **UIT-R**, Informe UIT-R BT.2069, *Tuning ranges and operational characteristics of terrestrial electronic news gathering (ENG), television outside broadcast (TVOB) and electronic field production (EFP) systems* (Gamas de sintonía y características de funcionamiento de los sistemas de periodismo electrónico terrenal, radiodifusión de televisión en exteriores y producción electrónica en el terreno) (publicado únicamente en inglés)
- [15.2] **UIT-R**, Recomendación UIT-R BT.1868, *Requisitos de usuario para los códecs de transmisión de señales de televisión a través de redes de contribución, de distribución primaria y de periodismo electrónico por satélite*
- [15.3] **UIT-R**, Recomendación UIT-R BS.1548, *Requisitos de usuario para sistemas de codificación de audio en radiodifusión digital*
- [15.4] **UIT-R**, Recomendación UIT-R BT.1203, *Requisitos de usuario para la codificación genérica con reducción de velocidad binaria de vídeo de señales digitales de televisión para un sistema de televisión de extremo a extremo*
- [15.5] **UIT-T**, Recomendación UIT-T H.265, *High Efficiency Video Coding* (Codificación de vídeo de eficacia elevada) (publicada únicamente en inglés)
- [15.6] **UIT-R**, Recomendación UIT-R BT.1872, *Requisitos de usuario para el periodismo electrónico digital*
- [15.7] **UIT-R**, Recomendación UIT-R BT.800-2, *Requisitos de usuario para la transmisión por redes de contribución y de distribución primaria de señales digitales de televisión definidas conforme a la Norma 4:2:2 de la Recomendación UIT-R BT.601 (Parte A)*
- [15.8] **UIT-R**, Recomendación UIT-R BT.1121-1, *Requisitos de usuario para la transmisión de señales digitales de televisión de alta definición a través de redes de contribución y de distribución primaria*
- [15.9] **UIT-R**, Informe UIT-R BT.2344-1, *Information on technical parameters, operational characteristics and deployment scenarios of SAB/SAP as utilized in broadcasting* (Información sobre parámetros técnicos, características de funcionamiento y modalidades de implantación de servicios auxiliares (SAB/SAP) utilizados en la radiodifusión) (publicado únicamente en inglés)

- [15.10] **UIT-R**, Informe UIT-R BT.2338-0, *Services ancillary to broadcasting/services ancillary to programme making spectrum use in Region 1 and the implication of a co-primary allocation for the mobile service in the frequency band 694-790 MHz* (Servicios auxiliares de la radiodifusión/servicios auxiliares de la realización de programas, utilización del espectro en la Región 1 y repercusiones de una posible atribución a título primario con igualdad de derechos al servicio móvil en la banda de frecuencias 694-790 MHz) (publicado únicamente en inglés)
- [15.11] **ERC** Recommendation 25-10 – *Frequency ranges for the use of temporary terrestrial audio and video SAP/SAB links (incl. ENG/OB)*
- [15.12] **ETSI** EN 300 744 – *Digital Video Broadcasting (DVB); Framing structure, channel coding and modulation for digital terrestrial television*
- [15.13] **ETSI** EN 302 755 – *Digital Video Broadcasting (DVB); Frame structure, channel coding and modulation for a second generation digital terrestrial television broadcasting system (DVB-T2)*
- [15.14] **ARIB** STD-B11 Version 2.1 – *Portable microwave digital transmission system for television programme contribution*
- [15.15] **ARIB** STD-B33 Version 1.0 – *Portable OFDM digital transmission system for television programme contribution*
- [15.16] **UIT-R**, Recomendación UIT-R F.1777, *Características del sistema de radiodifusión de televisión en exteriores, periodismo electrónico y producción en directo electrónica en el servicio fijo para su utilización en estudios de compartición*
- [15.17] **UIT-R**, Recomendación UIT-R M.1824, *Características del sistema de radiodifusión de televisión en exteriores, periodismo electrónico y producción en directo electrónica en el servicio fijo para su utilización en estudios de compartición*
- [15.18] **UIT-R**, Recomendación UIT-R BT.1380-1, *Normas para sistemas de codificación con reducción de la velocidad binaria para televisión convencional*
- [15.19] **UIT-R**, Recomendación UIT-R BT.1737, *Aplicación del método de codificación de la fuente de vídeo (MPEG-4/AVC) de la Recomendación UIT-T H.264 para el transporte de material de los programas de televisión de alta definición*
- [15.20] **ETSI** EN 300 421 – *Digital Video Broadcasting (DVB); Framing structure, channel coding and modulation for 11/12 GHz satellite services*
- [15.21] **ETSI** EN 301 210 – *Digital Video Broadcasting (DVB); Framing structure, channel coding and modulation for Digital Satellite News Gathering (DSNG) and other contribution applications by satellite*
- [15.22] **ETSI** EN 302 307 – *Digital Video Broadcasting (DVB); Second generation framing structure, channel coding and modulation systems for Broadcasting, Interactive Services, News Gathering and other broadband satellite applications (DVB-S2)*
- [15.23] **UIT-R**, Recomendación UIT-R BT.1871, *Requisitos de usuario para los micrófonos inalámbricos*
- [15.24] **Alberico, Gino and Airola Gnota, Daniele** – RAI-Radiotelevisione Italiana, R&D Department – 4K vision. – DVB SCENE Edition No.33, marzo de 2010.
- [15.25] **UIT-R**, Informe UIT-R BT.2246-5, *The present state of ultra-high definition television* (Situación actual de la televisión de ultra alta definición) (publicado únicamente en inglés)

Lista de abreviaturas

3DTV	Televisión tridimensional
3G	Sistemas móviles de la tercera generación (<i>Third Generation of Mobile systems</i>)
4G	Sistemas móviles de la cuarta generación (<i>Fourth Generation of Mobile systems</i>)
A/V	Audiovisual
ABNT	<i>Associação Brasileira de Normas Técnicas</i>
AC3	Codificación de audio 3 (<i>Audio Coding 3</i>)
ACAP-X	Plataforma de aplicaciones común avanzada compuesta por el lenguaje XHTML, reglas de estilo, alfabetos y gráficos integrados, vídeo y audio (<i>Advanced Common Application Platform composed of XHTML markup, style rules, scripts and embedded graphics, video and audio</i>)
ACM	Codificación y modulación adaptables (<i>Adaptive Coding and Modulation</i>)
AFD	Descriptor de formato activo (<i>Active Format Descriptor</i>)
AL-FEC	Corrección de errores directa en la capa de aplicación (<i>Application Layer Forward Error Correction</i>)
ARIB	Asociación de industrias y empresas de radiotelecomunicaciones (Japón) (<i>Association of Radio Industries and Businesses (Japan)</i>)
AS11-DPP	Especificación de aplicaciones AS-11/Asociación de producciones digitales (DPP) (<i>Application Specification AS-11 Digital Production Partnership (DPP)</i>)
ASEAN	Asociación de Naciones de Asia Sudoriental (<i>Association of Southeast Asian Nations</i>)
ASI	Interfaz en serie asíncrona (<i>Asynchronous Serial Interface</i>)
ASMG	Grupo de los Países Árabes encargado de la gestión del espectro (<i>Arab Spectrum Management Group</i>)
ASO	Apagón analógico (<i>Analogue switch off</i>)
ATSC	Comité de Sistemas de Televisión Avanzados (<i>Advanced Television Systems Committee</i>)
ATSC-M/H	Comité de Sistemas de Televisión Avanzados Móviles/Portátiles (<i>Advanced Television Systems Committee Mobile / Handheld</i>)
ATTC	Centro de pruebas de televisión avanzada (<i>Advanced Television Test Center</i>)
AVC	Codificación avanzada de vídeo (<i>Advanced Video Coding</i>)
AVS	Norma audiovisual (<i>Audio Video Standard</i>)
AWGN	Ruido gaussiano blanco aditivo (<i>Additive white Gaussian noise</i>)
BB	Banda base (<i>Baseband</i>)
BBC	Empresa británica de radiocomunicaciones (<i>British Broadcasting Corporation</i>)
BCH	Códigos Bose, Chaudhuri y Hocquenghem (<i>Bose, Chaudhuri, and Hocquenghem codes</i>)
BER	Tasa de errores en los bits (<i>Bit Error Rate</i>)
BLER	Tasa de errores en los bloques MPEG (<i>MPEG Block Error Ratio</i>)
BLR	Banda lateral residual (<i>VSB, Vestigial Side Band</i>)
BMFF	Formato de fichero de medios básico
BML	Lenguaje de etiquetado para la radiodifusión (<i>Broadcast Mark-up Language</i>)
BR	Oficina de Radiocomunicaciones de la UIT (<i>ITU Radiocommunication Bureau</i>)

BR IFIC	Circular Internacional de Información de la Oficina de Radiocomunicaciones sobre Frecuencias (<i>International Frequency Information Circular of the Radiocommunication Bureau</i>)
BST-MDFO	Transmisión con segmentación de banda MDFO (<i>BST-OFDM, Band-segmented transmission OFDM</i>)
C/N	Relación portadora/ruido (<i>Carrier to Noise Ratio</i>)
CA	Acceso condicional (<i>Conditional Access</i>)
CAM	Módulo de acceso de control (<i>Control Access Module</i>)
CAS	Sistema de acceso condicional (<i>Conditional Access System</i>)
CAT	Cuadro de acceso condicional (<i>Conditional Access Table</i>)
CBR	Velocidad binaria constante (<i>Constant bit-rate</i>)
CCM	Codificación y modulación constantes (<i>Constant Coding and Modulation</i>)
CE	Comisión Europea (<i>EC, European Commission</i>)
CEA	Asociación de consumidores de productos electrónicos (actualmente Asociación de consumidores de tecnología (CTA)) <i>Consumer Electronics Association (now renamed Consumer Technology Association (CTA))</i>
CEDEAO	Comunidad Económica de los Estados de África Occidental (<i>ECOWAS, Economic Community Of West African States</i>)
CEI	Comisión Electrotécnica Internacional (<i>IEC, International Electrotechnical Commission</i>)
CENELEC	Comité Europeo de Normalización Electrotécnica (<i>European Committee for Electrotechnical Standardization</i>)
CEPT	Conferencia Europea de Administraciones de Correos y Telecomunicaciones (<i>European Conference of Posts and Telecommunications</i>)
CI	Interfaz común (<i>Common Interface</i>)
CICAM	Módulo de acceso condicional de interfaz común (<i>Common Interface Conditional Access Module</i>)
CIR	Respuesta de impulso del canal (<i>Channel Impulse response</i>)
CMR	Conferencia Mundial de Radiocomunicaciones (<i>WRC, World Radiocommunication Conference</i>)
CPCM	Protección de contenido y gestión de copias (<i>Content Protection and Copy Management</i>)
CPR	Configuración de planificación de referencia (<i>RPC, Reference Planning Configuration</i>)
CRC	Verificación por redundancia cíclica (<i>Cyclic Redundancy Check</i>)
CRR	Conferencia Regional de Radiocomunicaciones (<i>RRC, Regional Radiocommunication Conference</i>)
CSA	Algoritmo de aleatorización común DVB (<i>DVB Common Scrambling Algorithm</i>)
CTA	Asociación de empresas de tecnología de consumo (<i>Consumer Technology Association</i>)
DASH	Transmisión continua adaptable dinámica por HTTP (<i>Dynamic Adaptive Streaming over HTTP</i>)
DECT	Telecomunicaciones inalámbricas mejoradas digitales (<i>Digital Enhanced Cordless Telecommunications</i>)
DFL	Longitud del campo de datos (<i>Data Field Length</i>)
DRM	Gestión de derechos digitales (<i>Digital Rights Management</i>)
DSCQS	Escala de calidad continua de doble estímulo (<i>Double stimulus continuous quality-scale</i>)
DSI	Mensaje DownloadServerInitiate (<i>DownloadServerInitiate message</i>)

DSIS	Escala de degradación con doble estímulo (<i>Double stimulus impairment scale</i>)
DSL	Línea de abonado digital (<i>Digital Subscriber Line</i>)
DSM-CC	Instrucción y control de medios de almacenamiento digital (<i>Digital storage media command and control</i>)
DSNG	Periodismo electrónico digital por satélite (<i>Digital Satellite News Gathering</i>)
DTMB	Radiodifusión de multimedios terrenal digital (<i>Digital Terrestrial Multimedia Broadcast</i>)
DTMB-A	Radiodifusión de multimedios terrenal digital avanzada (<i>Digital Terrestrial Multimedia Broadcast-Advanced</i>)
DTS	Indicación del tiempo de codificación (<i>Decoding Time Stamp</i>)
DTS	DTS es el formato de audio de la empresa DTS (Dedicated To Sound) (<i>DTS is the audio format of the company DTS (Dedicated To Sound)</i>)
DTTB	Radiodifusión de televisión terrenal digital (<i>digital terrestrial television broadcasting</i>)
DVB	Radiodifusión de vídeo digital (<i>Digital Video Broadcasting</i>)
DVB-H	Radiodifusión de vídeo digital en dispositivos de mano (<i>Digital Video Broadcasting – Handheld</i>)
DVB-RCT	Radiodifusión de vídeo digital terrenal con canal de retorno (<i>Digital Video Broadcasting – Return Channel Terrestrial</i>)
DVB-S	Radiodifusión de vídeo digital por satélite (<i>Digital Video Broadcasting – Satellite</i>)
DVB-S2	Radiodifusión de vídeo digital por satélite de la segunda generación (<i>Digital Video Broadcasting – Satellite second generation</i>)
DVB-SH	Radiodifusión de vídeo digital por satélite en dispositivos de mano (<i>Digital Video Broadcasting – Satellite services to Handhelds</i>)
DVB-T	Radiodifusión de vídeo digital terrenal (<i>Digital Video Broadcasting-Terrestrial</i>)
DVB-T2	Radiodifusión de vídeo digital terrenal de la segunda generación (<i>Digital Video Broadcasting-Terrestrial second generation</i>)
DVB-T2 Lite	Radiodifusión de vídeo digital terrenal de la segunda generación con perfil Lite (<i>Digital Video Broadcasting-Terrestrial second generation Lite Profile</i>)
DVD	Disco versátil digital o videodisco digital (<i>Digital versatile disc or digital video disc</i>)
EACO	Organización de Comunicaciones de África Oriental (<i>East African Communications Organization</i>)
EICTA	Asociación Europea de Industrias de las TIC, actualmente DIGITALEUROPE (<i>European ICT Industry Association, became DIGITALEUROPE</i>)
eMBMS	Servicio de radiodifusión de multimedios y de multidifusión evolucionado (<i>Evolved Multimedia Broadcast Multicast Service</i>)
ENG	Periodismo electrónico (<i>Electronic News Gathering</i>)
EPG	Guía electrónica de programas (<i>Electronic Programme Guide</i>)
ERM	Cuestiones relativas a la compatibilidad electromagnética y al espectro de frecuencias radioeléctricas (véase ETSI) (<i>Electromagnetic compatibility and Radio spectrum Matters (cf. ETSI)</i>)
ES	Tren elemental (<i>Elementary stream</i>)
ESO	Organización Europea de Normalización (<i>European Standardization Organization</i>)
ETSI	Instituto Europeo de Normas de Telecomunicación (<i>European Telecommunication Standardization Institute</i>)
FCC	Comisión Federal de Comunicaciones (<i>Federal Communications Commission</i>)

FDP	Protocolo de suministro de ficheros (<i>File Delivery Protocol</i>)
FEC	Corrección de errores directa (<i>Forward Error Correction</i>)
FEF	Tramas de extensión futura (<i>Future Extension Frames</i>)
FFT	Transformada rápida de Fourier (<i>Fast Fourier Transform</i>)
FLUTE	Suministro de ficheros por transporte unidireccional (<i>File Delivery Over Unidirectional Transport</i>)
FOBTv	Futuro de la radiodifusión de televisión (<i>Future of Broadcasting Television</i>)
FPU	Unidad de captación en el terreno (<i>Field Pick-Up Unit</i>)
FR	Referencia completa (<i>Full Reference</i>)
GE06	Acuerdo Regional (Ginebra, 2006) (<i>Geneva Regional Agreement 2006</i>)
GEM	Plataformas MHP ejecutables a nivel mundial (<i>Globally Executable MHP</i>)
GI	Intervalo de guarda (<i>Guard Interval</i>)
GS	Tren genérico (<i>Generic stream</i>)
GSE	Encapsulado de tren genérico (<i>Generic Stream Encapsulation</i>)
GSM	Sistema mundial para comunicaciones móviles (<i>Global System for Mobile communications</i>)
HBB4ALL	Acceso híbrido de radiodifusión de televisión y banda ancha para TODOS (<i>Hybrid Broadcast Broadband For ALL</i>)
HbbTV	Sistema híbrido de radiodifusión de televisión y banda ancha (<i>Hybrid Broadcast-Broadband Television</i>)
HDR	Gama dinámica más elevada (<i>Higher Dynamic Range</i>)
HD-SDI	Interfaz digital en serie de alta definición (<i>High Definition Serial Digital Interface</i>)
HE-AAC	Codificación de audio avanzada de gran eficacia (<i>High-Efficiency Advanced Audio Coding</i>)
HEVC	Codificación de vídeo de gran eficacia (<i>High Efficiency Video Coding</i>)
HFR	Velocidad de trama más elevada (<i>Higher Frame Rate</i>)
Hi422P	Perfil alto 4:2:2 (<i>High 4:2:2 Profile</i>)
Hi444P	Perfil alto 4:4:4 (<i>High 4:4:4 Profile</i>)
HL	Capa superior (<i>High Layer</i>)
HP	Perfil alto (<i>High Profile</i>)
HTML	Lenguaje de marcación hipertexto (<i>HyperText Markup Language</i>)
IBB	Sistema integrado de radiodifusión y banda ancha (<i>Integrated Broadcast Broadband</i>)
ICIT	Cuadro de información de control IPMP (<i>IPMP Control Information Table</i>)
IF	Frecuencia intermedia (<i>Intermediate Frequency</i>)
IF-x	Número x de interfaz en la cadena de radiodifusión (<i>InterFace number x in the broadcasting chain</i>)
IHDN	Red digital doméstica (<i>In-Home Digital Network</i>)
IMSC1	Subtítulos y leyendas para medios Internet 1.0 (<i>Internet Media Subtitles and Captions 1.0</i>)
IMT	Telecomunicaciones móviles internacionales (<i>International Mobile Telecommunication</i>)
INT	Cuadro de notificación IP/MAC (<i>IP/MAC Notification Table</i>)
IP	Protocolo Internet (<i>Internet protocol</i>)

IPMP	Gestión y protección de los derechos de propiedad intelectual (<i>Intellectual Property Management and Protection</i>)
IRD	Receptor-decodificador integrado (<i>Integrated Receiver-Decoder</i>)
ISDB	Radiodifusión digital de servicios integrados (<i>Integrated Services Digital Broadcasting</i>)
ISDB-S	Radiodifusión digital por satélite de servicios integrados (<i>Integrated Services Digital Broadcasting – Satellite</i>)
ISDB-T	Radiodifusión terrenal digital de servicios integrados (<i>Integrated Services Digital Broadcasting – Terrestrial</i>)
ISED	Innovación, Ciencia y Desarrollo Económico (Canadá) (<i>Innovation, Science and Economic Development (Canada)</i>)
ISO	Organización Internacional de Normalización (<i>International Organization for Standardization</i>)
LAN	Red de área local (<i>Local Area Network</i>)
LCD	Pantalla de cristal líquido (<i>Liquid Crystal Display</i>)
LDPC	Código de verificación de paridad de baja densidad (<i>low-density parity-check code</i>)
LDPC	Verificación de paridad de baja densidad (<i>Low-Density Parity-Check</i>)
LFE	Efectos de baja frecuencia (<i>Low frequency effects</i>)
LMDS	Servicio de distribución multipunto local (<i>Local Multipoint Distribution Service</i>)
LSDI	Imágenes digitales en pantalla grande (<i>Large-Screen Digital Imagery</i>)
LTE	Evolución a largo plazo (<i>Long Term Evolution</i>)
M/H	Móvil/de mano (<i>Mobile/Handheld</i>)
MAC	Control de acceso a los medios (<i>Media access control</i>)
MAQ	Modulación de amplitud en cuadratura (<i>QAM, Quadrature Amplitude Modulation</i>)
MBLER	Tasa de errores en los macrobloques MPEG (<i>MPEG Macroblock Error Ratio</i>)
MDA	Modulación por desplazamiento de amplitud (<i>ASK, Amplitude-shift keying</i>)
MDAP	Modulación por desplazamiento de amplitud y fase (<i>APSK, Amplitude and phase-shift keying</i>)
MDF	Multiplexación por división de frecuencia (<i>FDM, Frequency Division Multiplex</i>)
MDFO	Multiplexación por división de frecuencia ortogonal (<i>OFDM, Orthogonal Frequency Division Multiplexing</i>)
MDFOC	Multiplexación por división de frecuencia ortogonal codificada (<i>COFDM, Coded Orthogonal Frequency Division Multiplexing</i>)
MDP-2	Modulación por desplazamiento de fase bivalente (<i>BPSK, Binary Phase Shift Keying</i>)
MDP-2D	Modulación por desplazamiento de fase diferencial binaria (<i>DBPSK, Binary Differential Phase Shift Keying</i>)
MDP-4	Modulación por desplazamiento de fase en cuadratura (<i>QPSK, Quadrature Phase Shift Keying</i>)
MDT	Multiplexación por división en el tiempo (<i>TDM, Time Division Multiplex</i>)
MERCOSUR	Mercado Común del Sur
MFN	Red multifrecuencia (<i>Multi-Frequency Network</i>)
MFU	Unidad de fragmento de medios (<i>Media fragment unit</i>)
MHP	Plataforma multimedia doméstica (<i>Multimedia Home Platform</i>)
MIC	Modulación por impulsos codificados (<i>PCM, Pulse-code modulation</i>)

MIFR	Registro Internacional de Frecuencias (<i>Master International Frequency Register</i>)
MIMO	Entradas múltiples-salidas múltiples (<i>Multiple-Input, Multiple-Output</i>)
MISO	Entradas múltiples-salida única (<i>Multiple Input, Single Output</i>)
ML	Capa principal (<i>Main Layer</i>)
MMT	Transporte de medios MPEG (<i>MPEG Media Transport</i>)
MMTP	Protocolo MMT (<i>MMT protocol</i>)
MP	Perfil principal (<i>Main Profile</i>)
MPE	Encapsulado multiprotocolo (<i>Multi-protocol encapsulation</i>)
MPEG	Grupo de Expertos sobre imágenes en movimiento (<i>Moving Pictures Expert Group</i>)
MPQM	Medida de la calidad de las imágenes en movimiento (<i>Moving Pictures Quality Metric</i>)
MPU	Unidad de tratamiento de medios (<i>Media Processing Unit</i>)
MSTV	<i>Association for Maximum Service Television</i>
MUFS	Intensidad de campo mínima utilizable (<i>Minimum Useable Field Strength</i>)
NAB	Asociación Nacional de Organismos de Radiodifusión (EE.UU.) (<i>National Association of Broadcasters (USA)</i>)
NEDDIF	Plataforma de aplicación del dividendo digital en Europa Oriental Septentrional (<i>North East Digital Dividend Implementation Platform</i>)
NIT	Cuadro de información de red (<i>Network Information Table</i>)
Nordig	Plataforma de televisión digital para la Región Nórdica e Irlanda (<i>Digital TV platform for the Nordic region and Ireland</i>)
NQM	Medida de la calidad de ruido (<i>Noise Quality Measure</i>)
NR	<i>Nordstrom-Robinson</i>
NR	Sin referencia (<i>No reference</i>)
NRT	No en tiempo real (<i>Non Real-Time</i>)
NTIA	Administración Nacional de las Telecomunicaciones y la Información (<i>National Telecommunications and Information Administration</i>) (EE.UU.)
OB	Radiodifusión en exteriores (<i>Outside Broadcast</i>)
OIPF	<i>Open IPTV Forum</i>
OSG	Órbita geoestacionaria (<i>GSO, Geostationary orbit</i>)
OSI	Interconexión de sistemas abiertos (<i>Open Systems Interconnection</i>)
OTT	Servicios finales de banda ancha por Internet (transmisión continua de televisión por Internet) (<i>Over the Top (TV streaming over the Internet)</i>)
PAL	Línea con alternancia de fase (sistema de televisión analógica) (<i>Phase Alternating Line (Analogue TV system)</i>)
PAT	Cuadro de asociación de programas (<i>Programme Association Table</i>)
PCR	Referencia temporal de programa (<i>Program Clock Reference</i>)
PDH	Jerarquía digital plesiócrona (<i>Plesiochronous Digital Hierarchy</i>)
PES	Tren elemental en paquetes (<i>Packetized elementary stream</i>)
PID	Identificador de paquete (<i>Packet identifier</i>)
PLC	Comunicación por línea eléctrica (<i>Power Line Communication</i>)
PLP	Conducto de capa física (<i>Physical Layer Pipe</i>)

PMSE	Realización de programas y eventos excepcionales (<i>Programme Making and Special Events</i>)
PMT	Cuadro de correspondencia de programas (<i>Programme Map Table</i>)
PN	Ruido pseudoaleatorio (<i>Pseudo-random Noise</i>)
PP	Diagrama piloto (<i>Pilot Pattern</i>)
PS	Tren de programas (<i>Programme stream</i>)
PSI	Información específica del programa (<i>Programme-Specific Information</i>)
PSNR	Relación señal/ruido de cresta (<i>Peak-Signal-to-Noise-Ratio</i>)
PTS	Indicación del tiempo de presentación (<i>Presentation Time Stamp</i>)
PVR	Grabador de vídeo personal (<i>Personal Video Recorder</i>)
PxER	Tasa de errores en los píxeles (<i>Pixel Error Ratio</i>)
QC	Control de calidad (<i>Quality Control</i>)
QoS	Calidad de servicio (<i>Quality of Service</i>)
RAI	<i>Radiotelevisione Italiana</i>
RAVIS	Sistema de información audiovisual en tiempo real (<i>Real-time Audio-Visual Information System</i>)
RDSI	Red digital de servicios integrados (<i>ISDN, Integrated Services Digital Network</i>)
RF	Frecuencia radioeléctrica (<i>Radio Frequency</i>)
RF	Frecuencia reducida (<i>Reduced reference</i>)
RN	Red de referencia (<i>Reference Network</i>)
ROHC	Compresión de encabezamiento robusta (<i>Robust Header Compression</i>)
RoO	Reglas de funcionamiento (<i>Rules of operations</i>)
ROUTE	Entrega de objetos en tiempo real con transporte unidireccional (<i>Real-time Object delivery over Unidirectional Transport</i>)
RS	Reed Solomon (código) (<i>Reed Solomon (code)</i>)
RTP	Protocolo de transporte en tiempo real (<i>Real-time Transport Protocol</i>)
RTPC	Red telefónica pública conmutada (<i>PSTN, Public switched telephone network</i>)
Rx	Receptor (<i>Receiver</i>)
S/PDIF	Formato de interfaz digital Sony/Philips (<i>Sony/Philips Digital Interface Format</i>)
SAB	Servicios auxiliares de la radiodifusión (<i>Services Ancillary to Broadcasting</i>)
SADC	Comunidad del África Meridional para el Desarrollo (<i>Southern African Development Community</i>)
SAP	Servicios auxiliares de la realización de programas (<i>Services Ancillary to Programme-making</i>)
SAT/IP	Satélite por IP (<i>Satellite over IP</i>)
SBTVD	Sistema brasileño de televisión digital (<i>Sistema Brasileiro de Televisão Digital</i>)
SCART	Sindicato de constructores de receptores de radio y aparatos de televisión – Conector de vídeo) (<i>Syndicat des Constructeurs d'Appareils Radiorécepteurs et Téléviseurs – Video Connector</i>)
SDH ATM	Jerarquía digital síncrona – Modo de transferencia asíncrono (<i>Synchronous Digital Hierarchy – Asynchronous Transfer Mode</i>)
SDR	Radiocomunicaciones definidas por software (<i>Software Defined Radio</i>)

SDSCQE	Doble estímulo simultáneo para evaluación continua (<i>Simultaneous double stimulus for continuous evaluation</i>)
SDT	Cuadro de descripción de servicio (<i>Service Description Table</i>)
SECAM	Sistema electrónico de color con memoria (sistema de televisión analógica) (<i>Séquentiel Couleur à Mémoire (Analogue TV system)</i>)
SEDDIF	Plataforma de aplicación del dividendo digital en Europa Oriental Meridional (<i>South East Digital Dividend Implementation Platform</i>)
SES	Estaciones terrenas (y sistemas terrenos) de satélite (<i>Satellite Earth Stations and Systems</i>)
SF	Servicio fijo (<i>FS, Fixed Service</i>)
SFN	Red monofrecuencia o de frecuencia única (<i>Single Frequency Network</i>)
SFS	Servicio fijo por satélite (<i>FSS, Fixed Satellite Service</i>)
SI	Información de servicio (<i>Service Information</i>)
SIMO	Entrada única, salidas múltiples (<i>Single-Input, Multiple-Output</i>)
SLER	Tasa de errores en segmentos MPEG (<i>MPEG Slice Error Ratio</i>)
SM	Servicio móvil (<i>MS, Mobile Service</i>)
SMS	Servicio móvil por satélite (<i>MSS, Mobile Satellite Service</i>)
SMS-ATC	SMS con componente terrenal auxiliar (<i>MSS – ATC (Ancillary Terrestrial Component)</i>)
SNG	Periodismo electrónico por satélite (<i>Satellite News Gathering</i>)
SR	Servicio de radiodifusión (<i>BS, Broadcasting Service</i>)
SRD	Dispositivos de corto alcance (<i>Short Range Devices</i>)
SRM	Mensaje de renovación del sistema (<i>System Renewability Message</i>)
SRS	Servicio de radiodifusión por satélite (<i>BSS, Broadcasting Satellite Service</i>)
SS	Estímulo único (<i>Single-stimulus</i>)
SSCQE	Evaluación de calidad continua de estímulo único (<i>Single stimulus continuous quality evaluation</i>)
SSD	Unidad de estado sólido/Disco de estado sólido (<i>Solid State Drive/Solid State Disc</i>)
SSIM	Índice de similitud estructural (<i>Structural Similarity Index</i>)
STB	Decodificador (<i>Set-Top Box</i>)
STD	Norma (<i>Standard</i>)
SVC	Codificación de vídeo modulable (<i>Scalable Video Coding</i>)
T-DMB	Radiodifusión de multimedia terrenal digital (<i>Terrestrial – Digital Multimedia Broadcasting</i>)
TDS-MDFO	MDFO síncrona en el dominio del tiempo (<i>Time-Domain Synchronous OFDM</i>)
TER	Tasa de errores de temporización (<i>Timing Error Ratio</i>)
TETRA	Radiocomunicaciones terrenales con concentración de enlaces (<i>Terrestrial Trunked Radio</i>)
TFS	Segmentación tiempo-frecuencia (<i>Time-Frequency Slicing</i>)
THD	Distorsión armónica total (<i>Total Harmonic Distortion</i>)
TIES	Servicio de Intercambio de Información sobre Telecomunicaciones (UIT) (<i>Telecommunication Information Exchange Service (ITU)</i>)
TLV	Tipo-longitud-valor (<i>Type-length value</i>)

TMCC	Control de configuración de transmisión y multiplexación (<i>Transmission and Multiplexing Configuration Control</i>)
TS	Tren de transporte (<i>Transport stream</i>)
TSDT	Cuadro de descripción del tren de transporte (<i>Transport Stream Description Table</i>)
TTML	Lenguaje de marcación de texto sincronizado (<i>Timed Text Markup Language</i>)
TV3D	Televisión en tres dimensiones (<i>3DTV, Three Dimensional Television</i>)
TVA	Televisión avanzada (<i>ATV, Advanced Television</i>)
TVAD	Televisión de alta definición (<i>HDTV, High Definition Television</i>)
TVD	Televisión digital (<i>DTV, Digital Television</i>)
TVDi	Televisión digital integrada (<i>iDTV, Integrated digital television</i>)
TVDN	Televisión con definición normalizada (<i>SDTV, Standard Definition Television</i>)
TVIP	Televisión con protocolo Internet (<i>IPTV, Internet protocol Television</i>)
TVUAD	Televisión de ultra alta definición (<i>UHDTV, Ultra-High Definition Television</i>)
Tx	Transmisor (<i>Transmitter</i>)
UAT	Unión Africana de Telecomunicaciones (<i>ATU, African Telecommunication Union</i>)
UER	Unión Europea de Radiodifusión (<i>EUR, European Broadcasting Union</i>)
UHF	Ultra alta frecuencia (<i>Ultra-High Frequency</i>) (ondas decimétricas)
UIT	Unión Internacional de Telecomunicaciones (<i>ITU, International Telecommunication Union</i>)
UIT-D	Sector de Desarrollo de la Unión Internacional de Telecomunicaciones (<i>ITU-D, International Telecommunication Union – Development Sector</i>)
UIT-R	Sector de Radiocomunicaciones de la Unión Internacional de Telecomunicaciones (<i>ITU-R, International Telecommunication Union – Radiocommunication Sector</i>)
UIT-T	Sector de Normalización de las Telecomunicaciones de la Unión Internacional de Telecomunicaciones (<i>ITU-T, International Telecommunication Union – Telecommunication Standardization Sector</i>)
ULE	Encapsulado ligero unidireccional (<i>Unidirectional lightweight encapsulation</i>)
UMTS	Sistema de telecomunicaciones móviles universales (<i>Universal Mobile Telecommunication System</i>)
UNCRPD	Convención de las Naciones Unidas sobre los Derechos de las Personas con Discapacidad (<i>United Nations Convention on the Rights of Persons with Disabilities</i>)
UP	Paquetes de usuario (<i>User packets</i>)
UPL	Longitud de paquete de usuario (<i>User packet length</i>)
UPnP	Conexión inmediata (<i>Universal Plug and Play</i>)
URI	Información de reglas de utilización (<i>Usage Rules Information</i>)
U-U	Usuario-Usuario (<i>User-User</i>)
UWB	Banda ultra ancha (<i>Ultra Wide Band</i>)
VBR	Velocidad binaria variable (<i>Variable bit-rate</i>)
VCM	Codificación y modulación variables (<i>Variable Coding and Modulation</i>)
VCR	Magnetoscopio de casete (<i>Video Cassette Recorder</i>)
VFDR	Tasa de decodificación de tramas vídeo (<i>Video Frame Decoding Ratio</i>)
VFLR	Tasa de pérdida de tramas vídeo (<i>Video Frame Loss Ratio</i>)

VHF	Muy alta frecuencia (<i>Very High Frequency</i>) (ondas métricas)
VQEG	Grupo de Expertos en calidad de vídeo (<i>Video Quality Experts Group</i>)
VQM	Medida de la calidad de vídeo (<i>Video Quality Metric</i>)
VSAT	Terminal de muy pequeña abertura (<i>Very Small Aperture Terminal</i>)
W3C	Consorcio World Wide Web (<i>World Wide Web Consortium</i>)
WEDDIP	Plataforma de aplicación del dividendo digital en Europa Occidental (<i>Western European Digital Dividend Implementation Platform</i>)
WLAN	Red de área local inalámbrica (<i>Wireless Local Area Network</i>)
WSD	Dispositivos de banda blanca (<i>White Space Devices</i>)
WSS	Señalización de gran pantalla (<i>Wide Screen Signalling</i>)
XML	Lenguaje de marcación extensible (<i>Extensible Markup Language</i>)
YPbPr	Luminancia (Y) y vídeo codificado de color diferencial (Y menos rojo, Y menos azul) (<i>Luminance (Y) and differential colour coded video (Y minus Red, Y minus Blue)</i>)

Unión Internacional de
Telecomunicaciones
Place des Nations
CH-1211 Ginebra 20
Suiza

ISBN: 978-92-61-33763-6

SAP id



Publicado en Suiza
Ginebra, 2021

Derechos de las fotografías: Shutterstock