

RADIODIFUSIÓN DIGITAL DE MÚLTIPLES PROGRAMAS POR SATÉLITE

(Cuestión UIT-R 217/11)

(1995-1998)

1 Introducción

En respuesta a la Cuestión UIT-R 217/11, en este Informe se consignan los antecedentes de información acopiados durante la preparación a las Recomendaciones UIT-R BO.1211 y UIT-R BO.1294.

Estas Recomendaciones se refieren a la radiodifusión de televisión directa desde satélites a pequeñas antenas tales como las utilizadas en los sistemas directo al hogar (DTH, *direct-to-home*), los sistemas de televisión de antena principal por satélite (SMATV, *satellite master antenna television*) o los sistemas directo-cabecera de cable. No obstante, se han tenido en cuenta otras Cuestiones conexas tales como las de la compatibilidad con las velocidades binarias, la codificación del canal y las técnicas de modulación utilizadas por los sistemas terrenales, SMATV y de distribución por cable.

En la Fig. 1 se indica de manera resumida la forma en que se han organizado los estudios.

En el § 9 figura la lista de acrónimos utilizadas en el presente Informe.

2 Codificación en la fuente y multiplexación

Es de esperar que los sistemas de radiodifusión digital de señales de vídeo (DVB, *digital video broadcasting*) por satélite se adapten a la evolución constante de las Normas tales como:

- codificación de imagen: Norma Internacional ISO/CEI 13812-2;
- codificación audio: Recomendación UIT-R BS.1196;
- multiplexación: Norma Internacional ISO/CEI 13818-1.

Los suministradores de servicios de televisión digital multiprogramas que vayan a recibirse también en instalaciones SMATV deben estar al tanto de la compatibilidad de las velocidades binarias que requieren dichos sistemas (Doc. 10-11S/68).

2.1 Arquitectura de compresión de imagen MPEG-2

La norma de compresión de imagen MPEG-2, Norma ISO/CEI 13818-2, define una sintaxis o lenguaje que debe entender un decodificador compatible MPEG-2. Un flujo de datos MPEG-2 describe exactamente qué acciones debe efectuar el decodificador compatible MPEG-2 para reconstruir la secuencia de imágenes original.

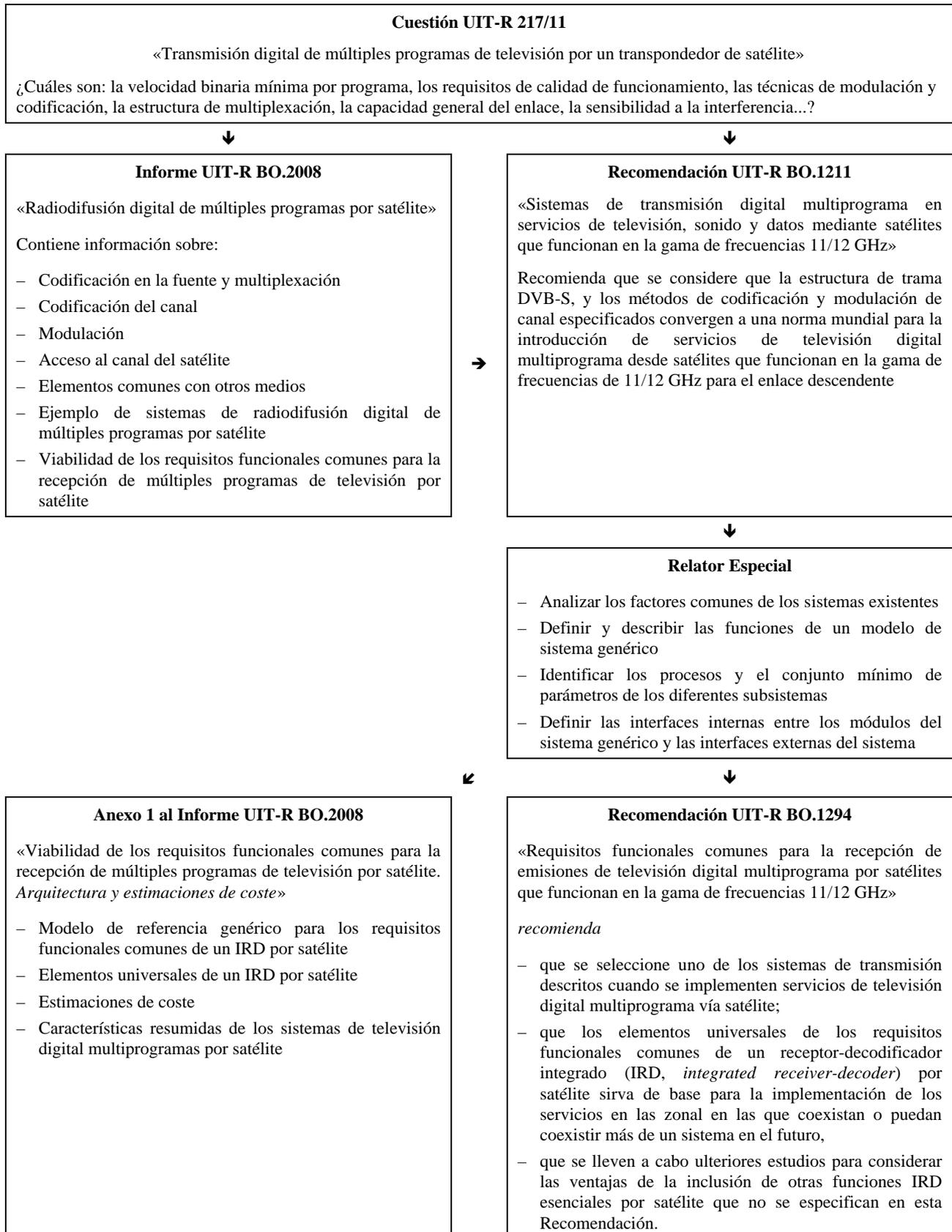
La arquitectura y la sintaxis generales MPEG-2 se diseñaron de tal forma que un decodificador MPEG-2 sea un dispositivo mucho más simple que un codificador MPEG-2. Esto reviste gran importancia en las aplicaciones de radiodifusión donde es típico que haya un codificador por muchos miles o millones de decodificadores. Este tipo de arquitectura reduce en gran medida el coste total del sistema.

Para una aplicación dada, pueden seleccionarse ciertos parámetros MPEG-2 fundamentales que determinan las características de resolución estática, tiempo de adquisición, utilización de tramas B y otros aspectos básicos. La gama de parámetros utilizados en un sistema determinará los requisitos de cumplimiento obligado para los decodificadores del sistema.

Cualquier secuencia de imágenes puede codificarse de diferentes formas utilizando distintos algoritmos de compresión en flujos de datos conformes con la sintaxis MPEG-2. Los flujos de datos conformes con la sintaxis MPEG-2 difieren entre sí y, sin embargo, cuando se presentan a un decodificador conforme con MPEG-2 todos ellos pueden redundar en secuencias de salida de imágenes similares a la secuencia original de entrada en el codificador.

FIGURA 1

Organización de los trabajos



Un punto importante es que cuanto más eficaces sean los algoritmos de codificación mejor será la calidad de imagen a la salida, y ello con menos bits por secuencia que los algoritmos menos eficaces. Esto quiere decir que cualquier secuencia de imágenes puede comprimirse para formar un tren de bits conforme con la sintaxis MPEG-2 de distintas formas, unas más eficaces que otras.

Los codificadores MPEG-2 son dispositivos bastante complejos y los algoritmos de codificación utilizados en dichos dispositivos son objeto de constante perfeccionamiento y mejora. Se espera que en el futuro inmediato se sigan efectuando dichas mejoras.

Los decodificadores MPEG-2 que se están desplegando actualmente en muchos sistemas digitales multiprogramas operacionales están diseñados para que puedan decodificar adecuadamente cualquier flujo de datos conforme con la sintaxis MPEG-2. En consecuencia, estos decodificadores no se hacen obsoletos ya que los decodificadores se mejoran rutinariamente con nuevos algoritmos de codificación más eficaces.

Los codificadores de imagen MPEG-2 pueden mejorarse con el tiempo sin necesidad de introducir mejoramientos de equipo o soporte lógico en el decodificador. Esto es una característica muy útil de la arquitectura vídeo MPEG-2, ya que permitirá en el futuro mejorar técnicamente la eficacia de la compresión de imagen MPEG-2 sin necesidad de cambios en los decodificadores MPEG-2.

2.2 Métodos de multiplexación estadística

La industria de equipos de radiodifusión ha desarrollado técnicas para mejorar el funcionamiento de los codificadores MPEG-2 a velocidades binarias variables. Esta técnica aprovecha la naturaleza estadística de las secuencias de imágenes, asignando más capacidad de canal a las secuencias difíciles y menos capacidad de canal a las más fáciles.

Aunque los algoritmos múltiplex estadísticos son operacionales en muchos sistemas, se considera que es posible hacer avances técnicos significativos en este campo.

2.3 Número de programas por transpondedor

El número de programas que pueden transportarse en un transpondedor es una función del número de parámetros. Estos parámetros incluyen la velocidad de transmisión de la información disponible, el tipo de formato de la fuente de vídeo que se esté utilizando (componente o compuesto), la calidad global del material fuente de vídeo, la resolución de imagen, el grado de importancia del material de vídeo, ya que guarda relación con el algoritmo de compresión (esto es, el tipo de material de programa) y la calidad de imagen deseada.

A la vista del estado actual de la tecnología de compresión de imágenes, en el Cuadro 1 se indican las gamas de velocidades binarias de transmisión de la información por programa idóneas para proporcionar calidad de televisión de definición convencional (TVDC).

CUADRO 1

Ejemplos de velocidades binarias por programa para TVDC

| | |
|--|---------------|
| Películas | 2,5-4 Mbit/s |
| Material educativo | 2,0-4 Mbit/s |
| Material general | 3-7 Mbit/s |
| Deportes | 5-11 Mbit/s |
| Audio conexo (dos canales estereofónicos) ⁽¹⁾ | 64-256 kbit/s |

⁽¹⁾ Se requerirían velocidades binarias apreciablemente más elevadas para la ambiofonía multicanal.

El número de programas que pueden transportarse en un transpondedor puede estimarse, distribuyendo la velocidad binaria total de transmisión de la información del transpondedor entre los servicios vídeo y audio que se seleccionen. Asimismo, debe reservarse capacidad para los canales de información de programa y de datos de acceso condicional.

Se espera que los futuros avances en la tecnología de compresión, los métodos de multiplexación estadística y la codificación de transmisión puedan aumentar significativamente el número de programas actualmente transportados en un determinado transpondedor.

2.4 Definición de una estrategia para distinguir los flujos de transporte MPEG-2 entre las aplicaciones

En los sistemas MPEG-2 las partes «privadas» pueden definirse individualmente con arreglo a cada aplicación. El contexto de la recomendación sobre datos de servicio y de información de programa para sistemas de radiodifusión digital que utilizan las partes privadas fue formulada por el Grupo de Trabajo 11D en 1994. Ahora bien, en los sistemas DVB u otros sistemas se incorporan diferentes partes «privadas». Asimismo, un Relator Especial de la Comisión de Estudio 9 de Normalización de las Telecomunicaciones inició estudios sobre guías de programas e instrumentos de navegación.

Si no se realiza un examen unificado se producirá en el receptor interferencia entre las partes definidas privadamente. Este problema se evitará si se da la posibilidad de identificar los sistemas específicos en el contexto del flujo de transporte.

Se piensa que este punto es esencial para realizar el interfuncionamiento de los sistemas de radiodifusión digital. En consecuencia, la Comisión de Estudio 11 de Radiocomunicaciones debe efectuar estudios en cooperación con las Comisiones de Estudio, Grupos de Trabajo y Grupos de Tareas Especiales afines en el marco del UIT-R, el UIT-T e ISO/CEI, para realizar una estrategia unificada.

3 Codificación del canal

La codificación del canal incluye la dispersión de energía, la codificación exterior, el entrelazado, la codificación interior y la conformación de la banda de base.

Conviene llegar a un esquema común de codificación del canal que permita una mayor compatibilidad entre los distintos sistemas, como se explica en el Anexo 1.

4 Modulación

Hay varios tipos de técnicas de modulación del canal adecuados para la transmisión por satélite. La técnica que utiliza la mayoría de los sistemas actualmente planificados o realizados es la de modulación MDP-4. Esta modulación ofrece un equilibrio razonable entre potencia y anchura de banda en el satélite, posibilidad de funcionamiento frente a las no linealidades asociadas a los transpondedores de satélite y simplicidad de realización del receptor-decodificador integrado (IRD, *integrated receiver decoder*).

Los estudios también han abarcado la compatibilidad de la modulación en el satélite con las técnicas de modulación utilizadas para los sistemas de radiodifusión por cable y terrenales. La utilización de la misma técnica de modulación desde el satélite sería un medio para lograr la compatibilidad máxima de las emisiones digitales.

También se están investigando actualmente la multiplexación por división de frecuencia ortogonal (OFDM) y la MAQ de portadora única o la banda lateral residual (BLR) para la radiodifusión terrenal de la señal de vídeo digital. En otras investigaciones [Cominetti y otros, 1993] y en el Doc. 10-11S/136 se demuestra que con la OFDM no se explotan de forma óptima los recursos de potencia del satélite. Además, estas técnicas de modulación exigen una mayor potencia del transpondedor y presentan una gran sensibilidad a las distorsiones no lineales del amplificador de tubo de ondas progresivas (ATOP).

Hay que señalar que estas conclusiones preliminares para la OFDM se aplican únicamente a la recepción fija con antenas directas en las que no se prevén propagación por trayectos múltiples y desvanecimientos selectivos. En el caso de recepción portátil o móvil de televisión, las ventajas de la OFDM en términos de márgenes de desvanecimiento selectivo pueden compensar las pérdidas debidas a los requisitos de potencia adicional y a situaciones no lineales del ATOP. No obstante, también se están investigando las técnicas de igualación para compensar con la modulación MDP-4 las señales procedentes de trayectos múltiples. Si se analiza la televisión móvil por satélite, las técnicas OFDM y MDP-4 con igualación requieren nuevas investigaciones.

5 Acceso al canal de satélite

Las dos técnicas utilizadas para dar cabida a múltiples programas de televisión en un solo transpondedor de satélite son el acceso múltiple por división en el tiempo (AMDT) y el acceso múltiple por división de frecuencia (AMDF).

En el caso del AMDT, los programas digitalizados de TV se multiplexan en el tiempo en una sola portadora, mientras que en el AMDF los programas de TV van en N portadoras distintas independientes, compartiendo la anchura de banda del transpondedor. En el Doc. 10-11S/135 se efectúa una comparación de estas dos técnicas. En el estudio se supone la modulación MDP-4 con velocidad de código convolucional $3/4$ y velocidades binarias útiles totales comprendidas entre 34 y 45 Mbit/s, con un transpondedor de 36 MHz. También pueden entrar velocidades similares en anchuras de banda de transpondedor comprendidas entre 24 y 33 MHz, modificando consecuentemente la velocidad de codificación. Los resultados muestran que la pérdida de relación C/N del sistema AMDF es significativa. Por ejemplo, con el método AMDF se necesitan 2,3 dB (dos portadoras por transpondedor) y 5,8 dB (cuatro portadoras) de C/N adicional respecto a un solo AMDT, para una velocidad binaria total igual a 34 Mbit/s.

6 Elementos comunes con otros medios

Hay que tratar de establecer el máximo de elementos comunes de la radiodifusión de televisión digital multiprograma con los distintos medios de distribución; aun cuando los entornos de transmisión sean muy distintos, los elementos más esenciales, al menos, pueden ser los mismos. No obstante, es necesario distinguir algunas diferencias entre ellos para lograr la optimización de las capacidades de cada medio de transmisión.

Los medios considerados son: satélite, cable, SMATV y sistema de distribución multipunto terrenal y por microondas.

La Recomendación UIT-R BO.1211 propugna considerar la estructura de trama del sistema DVB-S en la codificación de canal y los métodos de modulación, a fin de llegar a una norma mundial para los servicios de radiodifusión multiprograma por satélite. Se ha presentado al UIT-T un proyecto de nueva Recomendación sobre un sistema digital multiprograma para distribución por cable de servicios de televisión, radiofonía y datos, que recomienda utilizar el sistema DVB-C para la distribución por cable. Igualmente, se ha presentado al UIT-T un proyecto de nueva Recomendación sobre un sistema digital multiprograma para la distribución SMATV de servicios de televisión, radiofonía y datos, que recomienda utilizar el sistema DVB-CS para la distribución con sistemas de antena principal por satélite.

Se espera que con independencia del medio de distribución, las características de codificación de la fuente de la señal de vídeo y de audio y el multiplex de transporte sean comunes para asegurar la flexibilidad máxima del multiplex de transporte en la interconexión entre los distintos medios. La base podría ser la estructura del multiplex MPEG-2 (cadena de transporte (TS, *transport stream*)) que es una estructura de paquetes de longitud fija con 188 bytes de datos. Además, la estructura MPEG-2 TS cuenta con algunos elementos de información de servicio y prevé adecuadamente la ampliación con sistemas de información de servicio (SI, *service information*) más desarrollados.

La estructura de trama, el sincronismo y la aleatorización pueden ser comunes.

Cuando se necesite la codificación exterior (según los requisitos del medio) debe utilizarse el mismo esquema y la misma relación. Además, si se define el entrelazado (dependiendo del medio), debe utilizarse el mismo índice de modulación.

Cuando se requiere la codificación interior, debe seleccionarse una longitud limitativa de código convolucional e idéntica (K). La velocidad de corrección de errores puede ser seleccionable para facilitar el diseño óptimo aplicable a cada sistema. La mayoría de los sistemas podrán permitir al usuario seleccionar la relación de corrección de errores en recepción sin canal de retorno (FEC).

Las características de caída de cada medio pueden ser distintas a fin de asegurar la adaptación óptima a las características del canal.

Debe seguirse el concepto de canal «contenedor», facilitando con ello el interfuncionamiento de la señal que pasa por los distintos medios de distribución.

El esquema de modulación depende de las peculiaridades del medio de transmisión. Por ejemplo, en la radiodifusión por satélite en la que la potencia es un factor limitativo, pueden utilizarse anchuras de bandas superiores, mientras que en los sistemas de distribución por cable puede ser necesario utilizar esquemas de modulación con mayor eficacia espectral.

En consecuencia, la conexión de las señales digitales entre un medio de distribución y otro puede exigir la transmodulación y readaptación de la señal a las características de cada canal. Las peculiaridades de cada medio en cuanto a transparencia de dicha interconexión pueden exigir la demultiplexación y remultiplexación (por ejemplo, en los sistemas de cable profesionales).

Aunque no parece ser necesario establecer limitaciones en cuanto a la velocidad máxima que se transmite por cada sistema, aparte de las teóricas, han de tenerse en cuenta las posibilidades de asegurar la transmisión del tren binario con todas las características del canal (que dependen del medio de transmisión) sin necesidad de procesar la señal en cada punto de interconexión.

En la medida de lo posible, hay que tratar de establecer el máximo de elementos comunes con las infraestructuras terrenales actuales (jerarquía digital plesiócrona (PDH), jerarquía digital síncrona (SDH) etc.), lo que permitirá a dichas infraestructuras aplicar las señales digitales multiprograma.

La tecnología basada en el modo de transferencia asíncrono (ATM) se está desplegando en todo el mundo.

Se han definido dos métodos para hacer corresponder los paquetes de flujo de transporte MPEG-2 a células ATM de forma coherente, como se expone en la Recomendación UIT-T J.82 – Transporte de señales de televisión con velocidad binaria constante MPEG-2 en la red digital de servicios integrados de banda ancha. La red digital de servicios integrados de banda ancha (RDSI-BA) se basa en el ATM.

El primer método utiliza el tipo 1 de capa de adaptación ATM (tipo 1 de AAL, *ATM adaptation layer*). Un paquete de flujo de transporte se hace corresponder a cuatro células ATM. El tamaño del paquete de flujo de transporte MPEG-2 (188 bytes) se ha especificado en relación con la plataforma de subcapa de segmentación y reagrupación – unidad de datos de protocolo (SAR-PDU, *segmentation and reassembly sublayer-protocol data unit*) del tipo 1 de AAL, esto es, 47 octetos. En consecuencia, un paquete de flujo de transporte corresponde exactamente a cuatro plataformas SAR-PDU cuando se utiliza el tipo 1 de AAL.

El segundo método utiliza el tipo 5 de capa de adaptación ATM (tipo 5 de AAL). Esta correspondencia se denomina correspondencia 1/N: 1 a N paquetes de flujo de transporte MPEG-2 se hacen corresponder a la plataforma de AAL – unidad de datos de servicio (SDU, *service data unit*). El valor N se determina mediante señalización en el establecimiento de la comunicación. En ausencia de señalización, el tamaño por defecto de AAL-SDU es de 376 octetos.

Si dos paquetes consecutivos de flujo de transporte no contienen una referencia de reloj de programa (PCR, *program clock reference*) pueden hacerse corresponder directamente a 8 células ATM ($N = 2$).

Un paquete de flujo de transporte que lleve PCR debe ser el último paquete de flujo de transporte en la AAL-SDU. Cuando un paquete que lleve PCR deba enviarse como el único paquete en una AAL-SDU, se requerirán 44 octetos de relleno para hacer corresponder este paquete a 5 células ATM.

7 Ejemplos de sistemas de radiodifusión digital de múltiples programas por satélite

Hay varios sistemas planificados o ya implementados. A continuación se describen brevemente tres de ellos. En el Anexo 2 se proporciona información sobre la experiencia adquirida en la Región 2.

7.1 Sistema A de DVB-S

Más de 200 entidades que incluyen fabricantes de equipo, compañías de radiodifusión, operadores de red y administraciones, han firmado un Memorando de entendimiento para el desarrollo de servicios armonizados de radiodifusión digital de señales de vídeo (DVB) en Europa (Doc. 10-11S/14).

El proyecto DVB se ha traducido en una propuesta de sistema común de emisiones por satélite en la gama de frecuencias 11/12 GHz (denominado sistema DVB-S) que se ha normalizado en el Instituto Europeo de Normas de Telecomunicación (ETSI) y ha utilizado el Grupo de Trabajo 10-11S de Radiocomunicaciones para preparar la Recomendación UIT-R BO.1211.

Tal como se resume en el Cuadro 3, el sistema europeo de TV multiprograma se basa en el algoritmo de codificación de la señal de vídeo y de audio MPEG-2 con «perfil principal en el nivel principal» (MP@ML) y en el múltiplex de transporte MPEG. Un esquema concatenado FEC con codificación Reed-Solomon (RS) y convolucional y decodificación de Viterbi de decisión programable da un comportamiento de radiofrecuencia muy resistente al ruido y la interferencia. Cinco valores de velocidad de codificación en la gama 1/2 a 7/8 ofrecen distintos compromisos entre eficacia de espectro y de potencia y pueden ser seleccionados por el operador (véase el Doc. 10-11S/34). Se adopta el filtrado de coseno alzado junto con la modulación MDP-4 y la detección coherente. El operador puede elegir la velocidad de símbolos de transmisión del sistema para optimizar la explotación de la anchura de banda del transpondedor del satélite (Doc. 10-11S/14).

En el Anexo 1 figuran los parámetros relevantes del sistema.

7.2 Sistema B DSS

El Sistema B se desplegó por primera vez en 1994 con el fin de constituir el primer sistema del servicio de radiodifusión por satélite CSRS directo a los hogares para los Estados Unidos de América. En 1996 el Sistema B se desplegó en otros países de la Región 2, utilizando frecuencias del servicio fijo por satélite (SFS).

El Sistema B utiliza emisiones de satélite en la gama de frecuencias 11-12 GHz y está diseñado para su utilización en un transpondedor de 24 MHz.

Como se resume en el Cuadro 3, el Sistema B utiliza la sintaxis vídeo perfil principal-nivel principal MPEG-2, la sintaxis audio Capa II MPEG-1 y la especificación de transporte del Sistema B.

En el Anexo 1 figuran los parámetros relevantes del sistema.

7.3 Sistema C (GI-MPEG-2)

El Sistema C es un sistema de televisión digital por satélite directo al hogar que se está utilizando ampliamente en Estados Unidos de América. El sistema transporta múltiples servicios de televisión (y radiodifusión sonora) digital en formato multiplexado con división en el tiempo (MDT). El Sistema C evolucionó a partir del primer sistema digital de satélites desplegado en Estados Unidos de América, que se utilizó originalmente para las aplicaciones comerciales.

Este sistema incluye control de acceso renovable, impulso de pago y servicios de datos. Los canales virtuales permiten una navegación simplificada por parte del espectador y «singladura» entre los canales.

En el Anexo 1 figuran los parámetros relevantes del sistema.

7.4 Radiodifusión digital de servicios integrados (RDDSI)

Desde 1991 se viene estudiando un sistema de radiodifusión digital por satélite basado en la RDDSI que incluye una función de radiodifusión de TV multiprograma, descrito en el Informe UIT-R BO.1227.

El esquema del múltiplex de transporte puede depender del medio de emisión, ya sea satélite; terrenal o cable, porque sus canales tienen sus propias características de transmisión. No obstante, sigue siendo conveniente para los sistemas de radiodifusión que sus esquemas tengan el mayor número posible de elementos comunes.

Un sistema de transporte basado en el sincronismo oculto y en el entrelazado convolucional puede resultar eficaz cuando no se emplee la transmisión jerárquica. Por otra parte, un sistema de transporte basado en la estructura de subtrama, el sincronismo adicional y el entrelazado de bloque puede ser preferible si se introduce la transmisión jerárquica o si se tiene en cuenta el número de elementos comunes con otros sistemas jerárquicos. Cabe esperar la introducción de la estructura de subtrama y del entrelazado de bloque como estructura de multiplexación de transporte.

Hasta ahora, los análisis teóricos y los experimentos de circuitos se han llevado a cabo centrándose en la comparación de los métodos de modulación y de las relaciones de protección entre el sistema digital y analógico y entre el sistema digital y digital, la relación entre velocidades binarias, los valores umbral de la relación C/N , etc. También se han estudiado aspectos técnicos tales como la forma de utilizar la información específica del programa (PSI, *program specific information*) en los sistemas MPEG-2, las técnicas de modulación MDP-8, los nuevos esquemas de corrección de errores, la modulación codificada, la transmisión jerárquica, la planificación del canal, los servicios multimedia, etc.

En el Cuadro 2 se describe un ejemplo de parámetros de sistema para un caso de transmisión experimental a 40 Mbit/s.

Si se sigue el concepto RDDSI, pueden obtenerse ventajas de flexibilidad, ampliabilidad, interoperabilidad con otros medios, etc. Se han introducido aspectos de la RDDSI en los sistemas MPEG-2 (MPEG-2 Parte 1, Multiplexación). En la NHK Open House y en la Asamblea General de la Unión de Radiodifusión «Asia-Pacífico» (ABU) celebrada en Kyoto en septiembre de 1994, se efectuó una demostración de un sistema físico ya desarrollado capaz de efectuar la multiplexación estadística.

8 Viabilidad de los requisitos funcionales comunes para la recepción de múltiples programas de televisión por satélite

Se ha preparado la Recomendación UIT-R BO.1294 – Requisitos funcionales comunes para la recepción de emisiones de televisión digital multiprograma por satélites que funcionan en la gama de frecuencias 11/12 GHz, con el fin de promover receptores universales capaces de decodificar señales procedentes de varios sistemas en las zonas en que coexistan o puedan coexistir más de un sistema.

Se ha efectuado un análisis de viabilidad para entender y evaluar la complejidad y las repercusiones a nivel de coste del posible IRD universal, análisis del cual se han extraído conclusiones positivas. Para mayores detalles véase el Anexo 1.

CUADRO 2

Parámetros del sistema experimental a 40 Mbit/s

| | |
|---------------------------------------|--|
| Esquema de modulación | MDP-4 (detección absoluta por código síncrono de trama) |
| Velocidad de transmisión de símbolos | 20,48 MBd (40,96 Mbit/s) |
| Velocidad de transmisión binaria | 31,1 Mbit/s |
| Factor de caída en coseno exponencial | 0,4 (dividido por igual entre el transmisor y el receptor) |
| Código de corrección de errores | Código cíclico de grupo abreviado, SDSC (1016,772) |
| Duración de la trama | 1 ms |
| Estructura de la trama | Bloque de 20 paquetes |
| Tamaño del paquete | 188 bytes |
| Sincronización de trama | 20 bytes, independiente de la codificación de corrección de errores |
| Entrelazado | Entrelazado de bloque |
| Codificación vídeo | MPEG-2, Parte 2 |
| Codificación audio | MPEG-2, Parte 3 |
| Multiplexación | MPEG-2, Parte 1 |
| Relaciones de protección | Adecuadas para los criterios de la CAMR SAT-77 |
| Disponibilidad del servicio | 99,9% del mes más desfavorable (comparable al servicio analógico convencional con antenas de recepción de 45 cm – si el entorno de interferencia lo permite) |

9 Lista de acrónimos

| | |
|-----------|--|
| AD | Datos auxiliares (<i>Auxiliary data</i>) |
| ATM | Modo de transferencia asíncrono (<i>Asynchronous transfer mode</i>) |
| ATSC | Comité de Sistemas de Televisión Avanzados (<i>Advanced Television Systems Committee</i>) |
| CA | Acceso condicional (<i>Conditional access</i>) |
| DRAM | Memoria viva dinámica (<i>Dynamic random access memory</i>) |
| DVB | Radiodifusión digital de señales de vídeo (<i>Digital video broadcasting</i>) |
| DVB-S | Radiodifusión digital de señales de vídeo por satélite (<i>Digital video broadcasting satellite</i>) |
| ETS | Norma Europea de Telecomunicación (<i>European Telecommunication Standard</i>) |
| FEC | Corrección de errores en recepción sin canal de retorno |
| IRD | Receptor-decodificador integrado (<i>Integrated receiver decoder</i>) |
| MAQ | Modulación de amplitud en cuadratura |
| MDP-4 | Modulación por desplazamiento de fase en cuadratura |
| MPEG | Grupo de Expertos en Imágenes Móviles (<i>Moving Pictures Experts Group</i>) |
| MPEG-2 TS | Flujo de transporte MPEG-2 (<i>MPEG-2 transport stream</i>) |
| PCMCIA | Término que se utiliza para describir un dispositivo de interfaz común de alta velocidad |
| PID | Identificación de programas (<i>Program identification</i>) |
| PRBS | Secuencia binaria pseudoaleatoria (<i>Pseudo-random binary sequence</i>) |
| RAM | Memoria viva (<i>Random access memory</i>) |
| ROM | Memoria de sólo lectura (<i>Read only memory</i>) |
| RS | Reed-Solomon |
| SCID | Identificación de canal de servicio (<i>Service channel identification</i>) |
| SCTE | Society of Cable and Telecommunications Engineers |

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

COMINETTI, M., MORELLO, A. y VISINTIN, M. [verano de 1993] Digital multiprogramme TV and HDTV by satellite. *EBU Tech. Rev.*, 256.

ANEXO 1

Viabilidad de los requisitos funcionales comunes para la recepción de múltiples programas de televisión por satélite

Arquitectura y estimaciones de coste

(Texto preparado por el Grupo de Relator Especial sobre convergencia hacia una norma mundial para la televisión digital. Origen: Doc. 10-11S/87)

| | | |
|-------|--|----|
| 1 | Introducción..... | 9 |
| 2 | Modelo de referencia genérico para los requisitos funcionales comunes de un IRD por satélite..... | 10 |
| 3 | Elementos universales de un IRD por satélite | 12 |
| 3.1 | Demodulación y decodificación..... | 13 |
| 3.2 | Transporte y demultiplexación..... | 14 |
| 3.3 | Decodificación en la fuente de vídeo, audio y datos | 15 |
| 3.3.1 | Vídeo..... | 15 |
| 3.3.2 | Audio..... | 15 |
| 3.3.3 | Datos | 15 |
| 4 | Estimaciones de coste..... | 15 |
| 4.1 | Evaluación de los costes de las microplaquetas | 15 |
| 4.2 | Evaluación de los costes totales del IRD | 16 |
| 4.2.1 | Configuración A – IRD de norma única proporcionado con elementos universales | 16 |
| 4.2.2 | Configuración B - IRD universal multinormas | 17 |
| 5 | Conclusiones..... | 18 |
| | Bibliografía..... | 19 |
| | Apéndice 1 – Características resumidas de los sistemas de televisión digital multiprogramas por satélite..... | 19 |
| | Apéndice 2 – Lista de empresas con las cuales se entró en contacto (principalmente fabricantes de microplaquetas e IRD)..... | 23 |
| | Apéndice 3 – Distribución típica de costes IRD | 24 |
| | Agradecimientos | 24 |

1 Introducción

Como resultado de las decisiones adoptadas en la reunión de Roma del Grupo de Trabajo Mixto (GTM) 10-11S del UIT-R, celebrada en septiembre de 1995, se designó un Relator Especial con el fin de promover la convergencia hacia una norma mundial aplicable a los sistemas de transmisión digital de múltiples programas para servicios de televisión, audio y de datos por satélites que funcionan en la gama de frecuencias 11/12 GHz.

Se pidió concretamente al GTM 10-11/S que efectuase las siguientes tareas:

- analizar los elementos comunes de los sistemas existentes,
- definir y describir las funciones de un modelo de sistema genérico,
- identificar los procesos y el conjunto mínimo de parámetros de los diferentes subsistemas,
- definir las interfaces internas entre los módulos del sistema genérico y las interfaces externas del sistema.

En este Anexo se analiza la viabilidad del IRD universal para la recepción de múltiples programas de televisión por satélite. Los requisitos funcionales comunes (IRD universal) están concebidos para ser capaces de recibir señales digitales de televisión por satélite de los sistemas dominantes en el mundo: DVB-S, DSS y GI-MPEG-2. Las administraciones han presentado estos sistemas al UIT-R con miras a su posible recomendación por la UIT.

Este Informe proporciona un modelo de referencia genérico para los requisitos funcionales comunes del IRD universal por satélite con el fin de analizar las repercusiones de la arquitectura de un receptor multinormas, así como las estimaciones de los posibles costes del IRD universal con respecto a un IRD preparado para recibir señales con arreglo a un solo sistema.

En el § 2 se presenta el modelo de referencia genérico para los requisitos funcionales comunes de un IRD universal por satélite, así como una referencia a la pila típica de protocolos IRD. En el § 3 se analizan los elementos universales de las funciones básicas del IRD, indicándose la complejidad adicional de la implementación universal con respecto a uno solo. En el § 4 se proporcionan estimaciones de los costes del IRD universal como factor relativo a los del DVB-S, considerándose dos posibles configuraciones con miras a la coexistencia en más de un sistema:

- Configuración A – Un solo IRD normalizado dotado de elementos universales
- Configuración B – Un IRD universal multinormas.

Por último, en el § 5 se extraen las conclusiones principales. En los Apéndices se facilita información adicional: características resumidas de sistemas de televisión digital multiprogramas por satélite, lista de empresas con las cuales se entró en contacto y distribución típica de costes IRD.

Este Anexo se ha considerado como material de base para permitir la elaboración de la Recomendación UIT-R BO.1294 – Requisitos funcionales comunes para la recepción de emisiones de televisión digital multiprograma por satélites que funcionan en la gama de frecuencias 11/12 GHz.

2 Modelo de referencia genérico para los requisitos funcionales comunes de un IRD por satélite

Se ha producido un modelo de referencia genérico para los requisitos funcionales comunes de un IRD por satélite a fin de analizar la viabilidad de los elementos universales de un IRD por satélite, identificando la aplicabilidad del modelo de referencia genérico a los tres sistemas actualmente en uso.

Este modelo genérico se refiere al IRD de tipo doméstico y no pretende especificar las funciones requeridas en los IRD para profesionales.

El modelo de referencia genérico se ha definido basándose en las funciones requeridas para cubrir todas las capas de una pila de protocolos IRD típica. Como referencia, la Fig. 2 presenta la pila de protocolos IRD típica que se basa en las siguientes capas:

- *Capas física y de enlace*, que comprenden las funciones típicas de extremo frontal: sintonizador, demodulador MDP-4, decodificación convolucional, desentrelazado, decodificación RS y eliminación de la dispersión de energía.
- *Capa de transporte*, encargada de la demultiplexación de los diferentes programas y componentes así como de la despaquetización de la información (vídeo, audio y datos).
- *Acceso condicional (CA)*, funciones que controlan la operación de las funciones externas del decodificador (interfaz común para acceso condicional, como opción).
- *Servicios de red*, efectúan la decodificación de vídeo y audio, así como la gestión de funciones de la guía electrónica de programas (EPG, *electronic program guide*) e información de servicio y, opcionalmente, decodificación de datos.
- *Capa de presentación*, responsable, entre otras cosas, de la interfaz de usuario, operación del control a distancia, etc.
- *Servicios de cliente*, que comprenden las diferentes aplicaciones basadas en vídeo, audio y datos.

Sobre la base de la pila de protocolos, se obtiene el modelo de referencia genérico para el IRD por satélite. (En la Fig. 3 se indica el diagrama de bloques del modelo de referencia genérico.)

Se identifican dos tipos de funciones en el modelo de referencia genérico: funciones básicas del IRD y otras funciones esenciales adicionales.

- *Funciones básicas del IRD*: comprenden las funciones clave del IRD que definen el sistema de televisión digital. Las funciones básicas del IRD incluyen:
 - demodulación y decodificación,
 - transporte y demultiplexación,
 - decodificación de la fuente de vídeo, audio y datos.

- *Funciones esenciales adicionales:* se requieren para hacer funcionar el sistema y potenciarlo con características adicionales y/o complementarias. Estas funciones están estrechamente relacionadas con el suministro del servicio. Las siguientes funciones y bloques podrían ser considerados como las funciones esenciales adicionales y pueden diferenciar un IRD de otro:
 - sintonizador de satélite,
 - interfaces de salida,
 - sistema operativo y aplicaciones,
 - EPG,
 - SI,
 - CA,
 - visualización, control a distancia y diferentes mandos,
 - ROM, RAM y memoria FLASH,
 - módulo interactivo,
 - microcontrolador,
 - otras funciones como teletexto, subtítulo, etc.

FIGURA 2
Pila de protocolos IRD típica

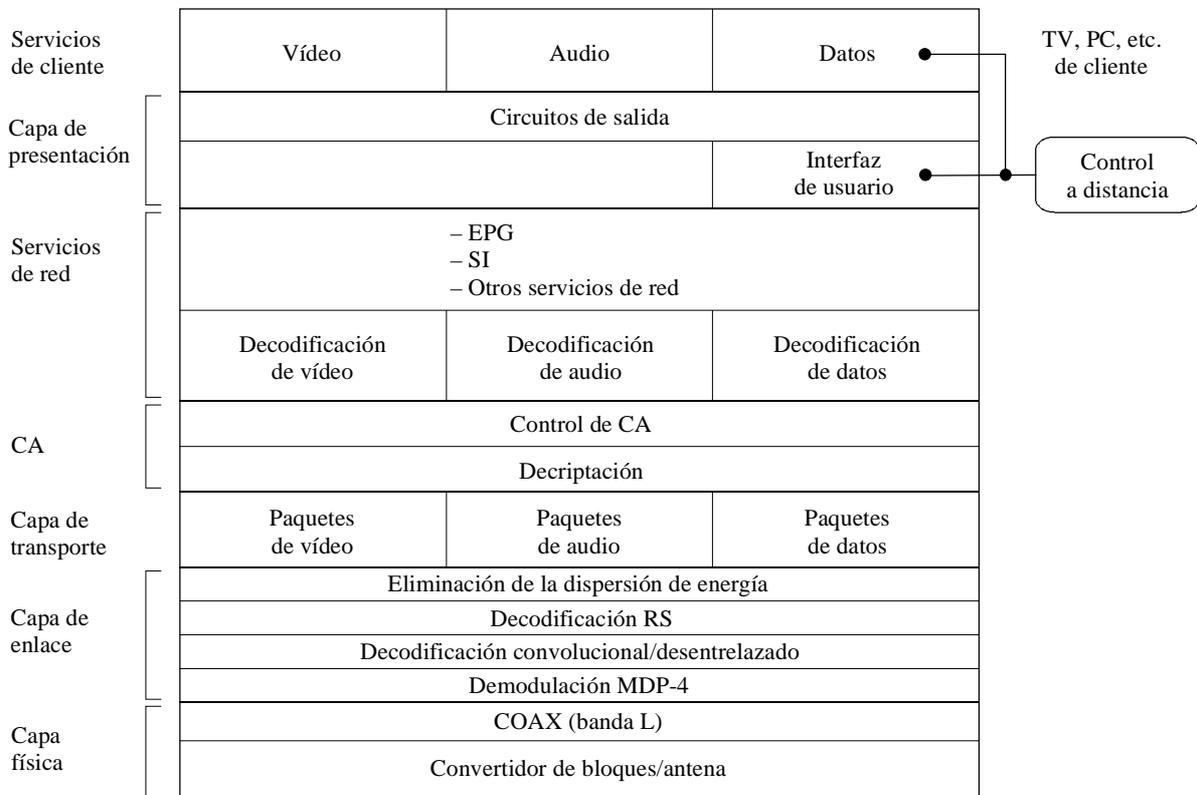
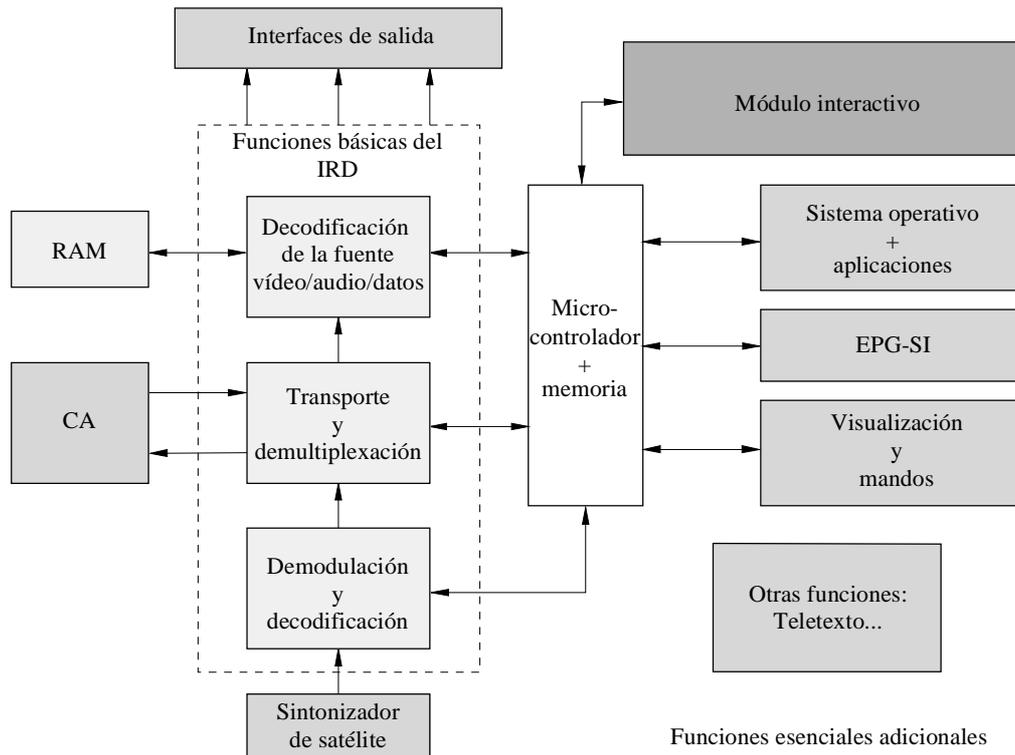


FIGURA 3
Modelo de referencia genérico de un IRD por satélite



Rap 2008-03

3 Elementos universales de un IRD por satélite

Gracias a un análisis de las funciones básicas y esenciales y sus elementos comunes y particularidades, así como de las repercusiones a nivel de coste de los tres sistemas se llegó a la conclusión de que era viable definir elementos universales con respecto a un IRD por satélite.

Los elementos universales de un IRD por satélite realizan las siguientes funciones:

- demodulación y decodificación,
- transporte y demultiplexación,
- decodificación en la fuente de vídeo, audio y datos.

Se entiende que la definición de las funciones esenciales adicionales cae fuera del alcance de la Recomendación UIT-R BO.1294, ya que estas funciones serían específicas para cada servicio y muy próximas a la implementación específica de cada fabricante, a reserva de cierto número de condiciones exteriores y de servicio. Por tanto, la diversidad potencial de las funciones esenciales adicionales entre los IRD por satélite no repercute en los elementos universales del IRD por satélite.

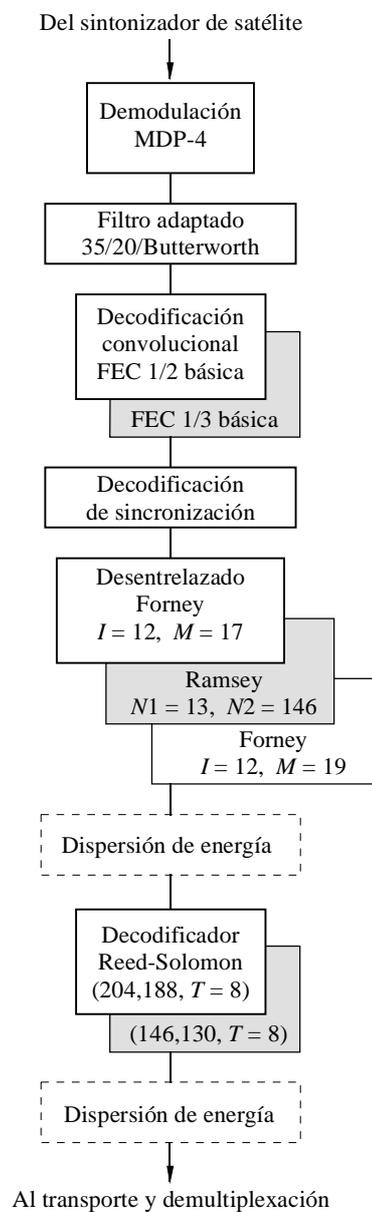
Aunque para el análisis de la viabilidad del IRD universal las funciones se dividen como se señaló antes, hay que indicar que desde el punto de vista de la realización electrónica los fabricantes producen normalmente integraciones de bloque de la siguiente forma:

- *Paso de entrada del satélite*, que incluye las funciones del sintonizador, demodulación y decodificación del satélite.
- *Procesamiento de la banda de base*, lo que incluye las funciones de transporte, demultiplexación, decodificación en la fuente (vídeo/audio/datos), microprocesador, memoria viva dinámica (DRAM, *dynamic random access memory*) requerida para la demultiplexación y memoria instantánea necesaria para almacenar el soporte lógico residencial y/o actualizar el soporte lógico a distancia.

3.1 Demodulación y decodificación

El diagrama de bloques de las funciones de demodulación y decodificación para los elementos universales de un IRD por satélite se presenta en la Fig. 4. Los bloques superpuestos representan funciones con elementos comunes a los tres sistemas, aunque con características diferentes. Los bloques de trazo interrumpido representan funciones no utilizadas por los tres sistemas.

FIGURA 4
Diagrama de bloques para demodulación y decodificación de canal

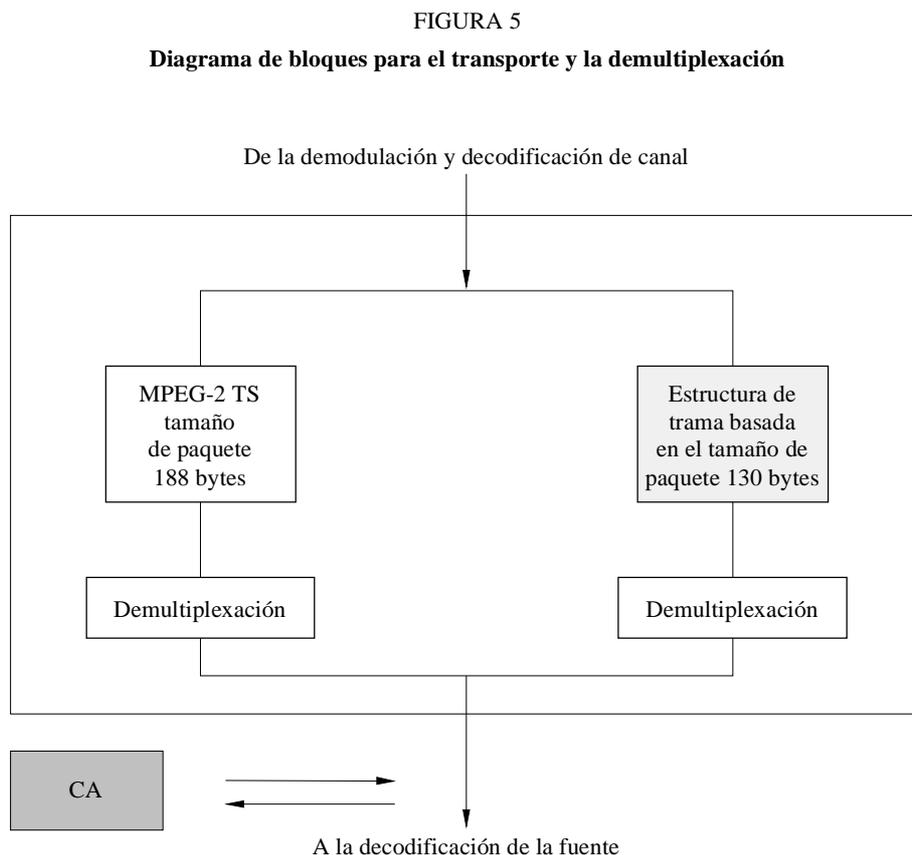


Se destacan los siguientes aspectos:

- El filtro adaptado debería ser capaz de realizar los siguientes filtrados de corte progresivo: filtro 0,35/0,20/Butterworth. Esto no supone una apreciable complejidad adicional en el IRD con respecto a un solo filtrado de corte progresivo.
- La decodificación convolucional debería funcionar basándose en una FEC básica de 1/2, así como de 1/3. Esto entraña un pequeño grado de complejidad adicional con respecto a un solo enfoque básico de la FEC, siempre que el polinomio generador utilizado sea el mismo en los tres sistemas.
- El entrelazado debería realizarse con un enfoque de Forney con $I = 12$ y $M = 17$ y 19, así como Ramsey con $N1 = 13$ y $N2 = 146$. Esto puede suponer un pequeño grado de complejidad adicional con respecto a la aplicación de un solo enfoque de entrelazado.
- La retirada de la energía debería realizarse dos veces de modo que se aplicase sea antes del decodificador RS o después y con un polinomio distinto. Entraña, además un efecto desdeñable en términos de complejidad.
- El decodificador RS debería implementarse con los parámetros (204,188, $T = 8$) así como (146,130, $T = 8$). Entraña, además, una complejidad adicional desdeñable.

3.2 Transporte y demultiplexación

El diagrama de bloques de las funciones de transporte y demultiplexación para el IRD por satélite se presenta en la Fig. 5.



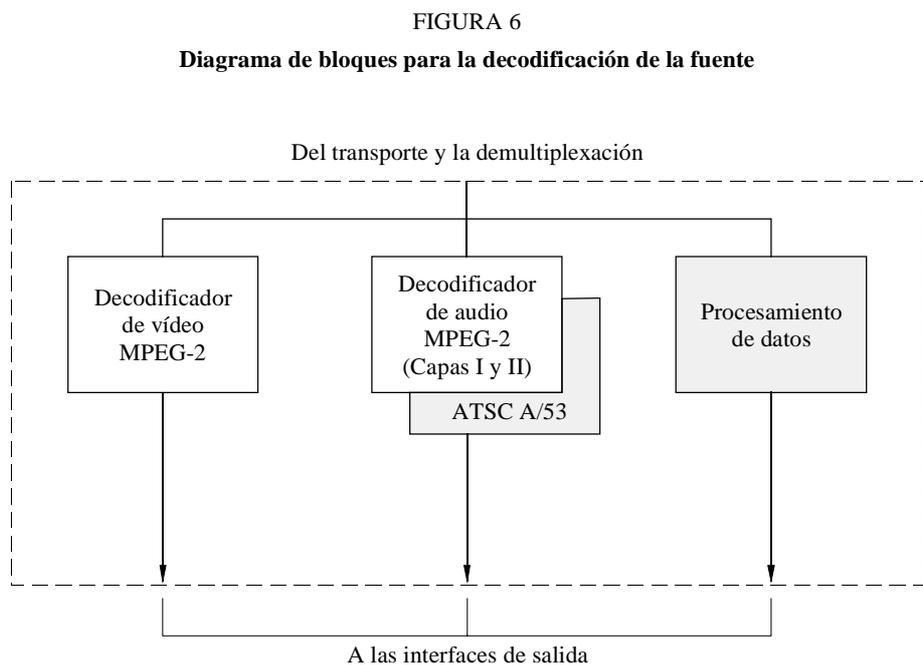
Rap 2008-05

El sistema será capaz de recibir y demultiplexar paquetes con arreglo al multiplexador de transporte MPEG-2 (véase la Norma ISO/CEI 13818-1) implementado en sistemas DVB-S y GI-MPEG-2, así como a las características específicas de flujo de transporte del sistema DSS.

El aspecto esencial del transporte y la demultiplexación universales es la gestión de los diferentes tamaños de paquete en la alineación de trama, lo cual no constituye una modificación muy compleja con respecto a la paquetización única, ya que es normalmente programada por microprogramas en los chips.

3.3 Decodificación en la fuente de vídeo, audio y datos

El diagrama de bloques de las funciones de decodificación en la fuente de vídeo, audio y datos para el IRD por satélite se indica en la Fig. 6.



Rap 2008-06

3.3.1 Vídeo

El elemento universal de un IRD por satélite decodificará señales de vídeo MPEG-2 que se han codificado según lo especificado en la Norma ISO/CEI 13818-2.

3.3.2 Audio

Este elemento universal de un IRD por satélite decodificará señales audio según los formatos MPEG-2 de Capas I y II (Norma ISO/CEI 13818-3) y ATSC-A/53, Anexo B. Hay que señalar que el decodificador de audio del sistema DSS (MPEG-1 de Capa II) se ha implementado ya en el decodificador de audio MPEG-2, debido a que éste es compatible en el canal de retorno con el MPEG-1.

3.3.3 Datos

Este bloque trata las funciones para procesar los datos asociados al múltiplex de transporte. Este tema cae fuera del alcance de la Recomendación UIT-R BO.1294.

4 Estimaciones de coste

Las estimaciones de coste se basan en el modelo de referencia funcional para el IRD universal. Se ha considerado un modelo simplificado con el fin de evaluar los costes de manera más ajustada al enfoque de integración en bloques aplicado por los fabricantes.

Basándose en una extensa campaña de consulta a los fabricantes, en los puntos siguientes se presenta la estimación de los costes.

4.1 Evaluación de los costes de las microplaquetas

Las consultas con los fabricantes han permitido estimar el incremento de la complejidad para la solución universal de cada una de las funciones básicas en relación con la implementación de un solo sistema (se ha tomado como referencia el DVB). La mayoría de los fabricantes señalan que abarcar las tres opciones tiene un efecto poco significativo en el coste final de las microplaquetas para las funciones básicas del IRD. Aunque se indica que el incremento de coste de las microplaquetas requeridas para incorporar funciones DSS a las basadas en el DVB podría ser ligeramente mayor que el que supone incorporar funciones GI-MPEG-2, se calcula que la inclusión de elementos universales supone en promedio un aumento del 7% o el 22% con respecto a la caja total, dependiendo de la configuración considerada: sea un IRD de norma única con elementos universales o bien un IRD universal multinormas. Estos costes podrían reducirse en función de las economías de escala que se logren.

Hay que señalar las preocupaciones expresadas por varios fabricantes en relación con la concesión de licencias. Este aspecto supone una incertidumbre adicional a nivel de costes que resulta difícil evaluar en el presente Anexo.

4.2 Evaluación de los costes totales del IRD

Como base de referencia, se proporcionan aquí estimaciones aproximadas del coste/complejidad de las diferentes funciones en un IRD DVB-S como factor relativo de la caja total, considerándose que el correspondiente a ésta es 100. Se señala que la distribución de los costes depende de varios factores y que las cifras exactas son muy distintas, dependiendo de diferentes condiciones, tales como los volúmenes de producción, el tipo de funciones esenciales adicionales implementadas (por ejemplo, acceso condicional, guía electrónica de programas, aplicaciones informáticas), etc.

Las estimaciones aproximadas para el *IRD DVB-S* son las siguientes:

| | |
|--|-------------|
| – Paso de entrada del satélite, incluidos sintonizador/demodulación/decodificación | 15% |
| – Procesamiento de la banda de base DVB, incluidos transporte/demultiplexación/decodificación vídeo/audio/datos DVB/microprocesador/DRAM/memoria FLASH | 25% |
| – Funciones operacionales y varias | 60% |
| – <i>Total IRD DVB</i> | <i>100%</i> |

Con propósitos de referencia, en el Apéndice 3 se indica una serie de estimaciones típicas detalladas de la distribución de costes.

Se señala que la estimación de costes para un solo sistema IRD, con independencia de que sea DVB, DSS, o GI-MPEG-2, podría asimilarse a la estimación aproximada proporcionada para el IRD DVB-S.

Basándose en las respuestas de los fabricantes, así como en los debates celebrados en el Grupo de Relator Especial sobre la convergencia hacia una norma mundial para la televisión digital por satélite, se definieron dos configuraciones de IRD con elementos universales/universal en lo que concierne a su aplicabilidad cuando coexistan más de un sistema:

- *Configuración A – IRD de norma única proporcionado con elementos universales.* Se promueve el conjunto de microplaquetas basado en elementos universales para lograr un máximo de economías de escala. Sin embargo, el IRD construido con estas microplaquetas es capaz de recibir sólo un sistema. Se ha calculado que el coste inicial de los IRD diseñados para un solo sistema, pero equipados con elementos universales, suponen una complejidad adicional del 7% aproximadamente, aunque este coste podría reducirse gracias al potencial de economía de escala que se alcance. Varios fabricantes han señalado que los elementos universales no supondrían un aumento de los costes, y que lo que se registraría sería una reducción de los mismos debido al volumen de la producción de microplaquetas.
- *Configuración B – IRD universal multinormas.* La caja total del IRD realizada con las funciones esenciales adicionales para recibir diferentes sistemas. GI ha calculado que el coste material de producir un IRD plenamente universal supone una complejidad adicional de un 16% a un 25% en relación con un IRD GI. Como referencia, se ha tomado una media del 22%. Esta configuración podría aplicarse en las zonas geográficas en que coexistan o puedan coexistir varios sistemas de televisión digital.

Queda entendido que en las zonas geográficas o mercados donde se obtenga un nivel suficiente de economías de escala podría ocurrir que no sea posible aplicar ninguna de estas configuraciones IRD y que, en su lugar, se promueva un solo sistema IRD.

4.2.1 Configuración A – IRD de norma única proporcionado con elementos universales

Se ha efectuado una estimación similar de costes que es bastante conservadora, en el caso de un IRD de norma única proporcionado con elementos universales, partiendo de factores relativos al coste total, y manteniendo el índice de coste del IRD de norma única (IRD DVB-S de referencia) en 100%.

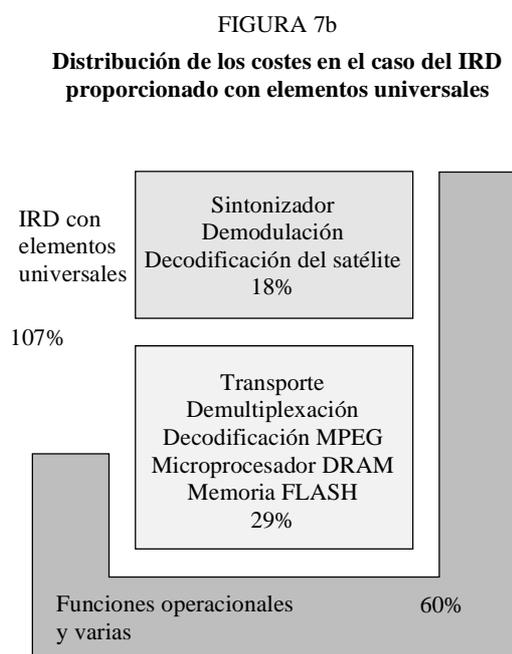
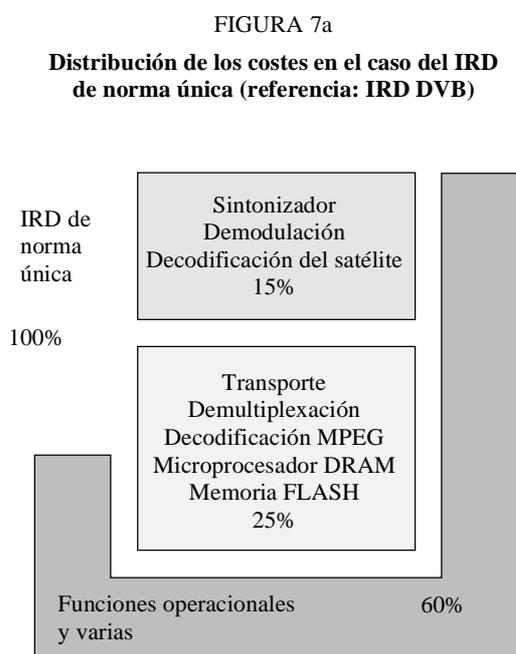
Las estimaciones aproximadas del IRD de norma única proporcionado con elementos universales son las siguientes:

- Paso de entrada del satélite incluidos sintonizador/demodulación universal/decodificación 18%
- Procesamiento de la banda de base universal, incluidos transporte/demultiplexación/decodificación vídeo/audio/datos DVB/microprocesador/DRAM/memoria FLASH 29%
- Funciones operacionales y varias 60%
- *Total IRD universal* 107%

Si se suman todos los factores, el coste total de un IRD de norma única proporcionado con elementos universales podría evaluarse como un factor de 1,07 con respecto a un IRD de norma única (IRD DVB-S de referencia).

Basándose en las cifras precitadas, cabe concluir que, si bien el coste de las funcionalidades básicas del IRD universal podría representar un coste adicional apreciable con respecto a las requeridas por el DVB-S, el impacto en el coste final del IRD completo es muy reducido, a la vista del coste relativamente elevado de implementar las funciones esenciales adicionales.

En la Fig. 7 se resume la distribución de costes para el caso del IRD de norma única y del IRD de norma única proporcionado con elementos universales, que se computan como costes relativos al coste del primero (IRD DVB).



Rap 2008-07

El precio al detalle del IRD después de dos años de su introducción en el mercado podría ascender a 500 dólares de los EE.UU., aunque esto es una referencia muy genérica. El coste depende principalmente de los volúmenes y otras condiciones comerciales muy variables, por lo cual el coste de producción podría representar unos 300 dólares de los EE.UU.

4.2.2 Configuración B – IRD universal multinormas

Se proporcionan también estimaciones de costes para el IRD multinormas, conocido como IRD universal, que se ha preparado para recibir cualquiera de los tres tipos de sistemas de televisión digital por satélite.

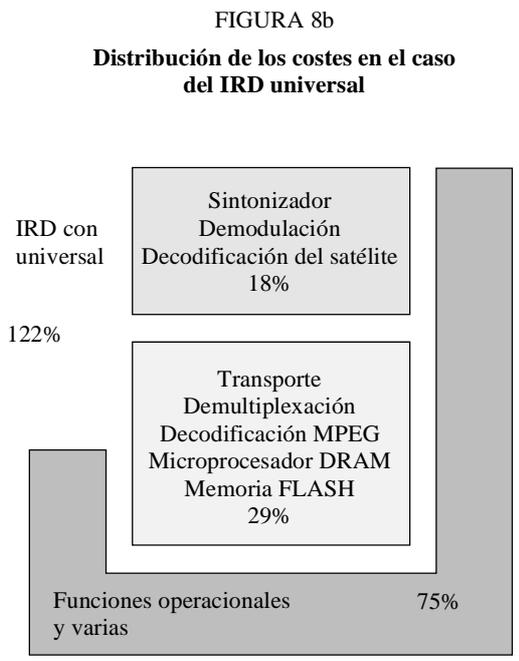
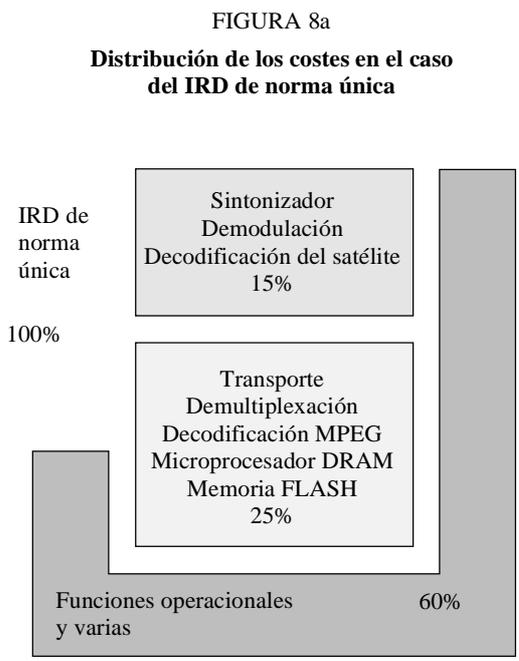
Estimaciones aproximadas para el *IRD universal*:

| | |
|--|-------------|
| – Paso de entrada del satélite, incluidos sintonizador/demodulación universal/decodificación | 18% |
| – Procesamiento de la banda de base universal, incluidos transporte/demultiplexación/decodificación vídeo/audio/datos DVB/microprocesador/DRAM/memoria FLASH | 29% |
| – Funciones operacionales y varias | 75% |
| – <i>Total IRD universal</i> | <i>122%</i> |

Si se adicionan todos los factores, el coste total de un IRD universal podría evaluarse como un factor 1,22 con respecto al correspondiente al IRD DVB. Se trata de una estimación muy aproximada, en función de una serie de variables, tales como volúmenes, capacidad de programas y equipo y, principalmente, licencias.

Como se desprende del análisis anterior, el coste de un IRD universal para el usuario final es siempre inferior a la suma de los costes de cada uno de los tres IRD para recibir cada uno de los sistemas de televisión digital en las zonas en que coexistan dichos sistemas y en caso de que el usuario desee recibir señales de más de uno de ellos.

En la Fig. 8 se resume la distribución de los costes para el IRD de norma única y los IRD universales, costes estos últimos que se computan en relación con los del primero.



5 Conclusiones

Del análisis presentado en este Anexo se desprenden las siguientes conclusiones, a que se ha llegado en base a las consultas con los fabricantes de microplaquetas e IRD:

- Se ha concluido que la viabilidad de la convergencia de los tres principales sistemas de televisión digital en el mundo: DVB-S, DSS y GI-MPEG-2, hacia un concepto IRD universal es posible, basándose en una evaluación técnica del desarrollo fiable de un receptor capaz de recibir señales de los tres sistemas. Esta conclusión puede representar un instrumento muy útil al planificar servicios para mercados/zonas en que coexistan más de un sistema.
- En este Anexo se ha presentado la arquitectura funcional. Las funciones básicas del IRD se han separado de las funciones esenciales adicionales. El concepto de IRD universal queda apoyado al proporcionar elementos universales IRD flexibles, en lugar de funciones esenciales adicionales homogéneas. Las funciones esenciales adicionales diferenciarán un IRD de otro, ya que pueden hacerse corresponder a los requisitos o limitaciones comerciales específicos de cada sistema.
- El coste adicional del IRD universal con respecto a un IRD construido para recibir un solo sistema es desdeñable y queda diluido en el coste total del IRD. Como se ha señalado, el coste principal del IRD representa las funciones esenciales adicionales.
- Se han propuesto dos configuraciones: IRD universal y elementos universales del IRD. La aplicabilidad de estas configuraciones viene reforzada por las economías de escala previstas en el caso de los elementos universales y la utilización de un IRD universal es multinormas en zonas donde puedan coexistir varios sistemas de televisión digital por satélite.
- En consecuencia, es viable la idea de elaborar un nuevo proyecto de Recomendación UIT sobre un IRD universal o los requisitos funcionales comunes de los elementos universales capaces de recibir señales basadas en DVB-S, DSS y GI-MPEG-2. **Se recomienda preparar un proyecto de nueva Recomendación que permita al mundo disfrutar de las ventajas de un concepto universal para la recepción de transmisiones digitales de múltiples programas por satélite.**

BIBLIOGRAFÍA

Textos de la UIT

Doc. 10-11S/85 – Report to 10-11S, 4 Octubre 1996 (Special Rapporteur on Convergence to a Worldwide Standard for Digital Multiprogramme Emissions by Satellite).

APÉNDICE 1

AL ANEXO 1

Características resumidas de los sistemas de televisión digital multiprogramas por satélite

En el Cuadro 3 se proporciona información sobre los parámetros pertinentes que caracterizan a los sistemas que se utilizan en el mundo. Incluye funciones básicas y funciones esenciales adicionales.

CUADRO 3

Características resumidas de los sistemas de televisión digital multiprogramas por satélite

| <i>Demodulación y decodificación del canal</i> | | | |
|---|--|--|---|
| Función | Sistema A | Sistema B | Sistema C |
| Aleatorización para la dispersión de energía | PRBS: $1 + x^{14} + x^{15}$ | Ninguna | PRBS: $1 + x + x^3 + x^{12} + x^{16}$ truncado para un periodo de 4 894 bytes |
| Aleatorización síncrona | Sí | No disponible | Sí |
| Secuencia de carga en el registro de secuencia binaria pseudoaleatoria (PRBS) | 100101010000000 | No disponible | 0001 _h |
| Lugar para la aplicación de la desaleatorización en el IRD | Después del decodificador Reed-Solomon | No disponible | Antes del decodificador Reed-Solomon |
| Código exterior Reed-Solomon | (204,188, $T = 8$) | (146,130, $T = 8$) | (204,188, $T = 8$) |
| Generador Reed-Solomon | (255,239, $T = 8$) | | |
| Polinomio generador de código Reed-Solomon | $(x + \alpha^0)(x + \alpha^1) \dots (x + \alpha^{15})$ donde, $\alpha = 02_h$ | | $(x + \alpha^1)(x + \alpha^2) \dots (x + \alpha^{16})$ donde, $\alpha = 02_h$ |
| Polinomio generador de campo Reed-Solomon | $x^8 + x^4 + x^3 + x^2 + 1$ | | |
| Entrelazado | Convolutivo, $I = 12, M = 17$ (Forney) | Convolutivo, $N1 = 13, N2 = 146$ (Ramsey Tipo II) | Convolutivo, $I = 12, M = 19$ (Forney) |
| Codificación interior | Convolutivo | | |
| Longitud de limitación de código | $K = 7$ | | |
| Código básico | 1/2 | | 1/3 |
| Polinomio generador | 171, 133 (octal) | | 117, 135, 161 (octal) |
| FEC | 1/2, 2/3, 3/4, 5/6 y 7/8 | 1/2, 2/3 y 6/7 | 1/2, 2/3, 3/4, 3/5, 4/5, 5/6, 5/11 y 7/8 |
| Modulación de la señal | MDP-4 | | |
| Velocidad de símbolos | Variable | Fija | Variable |
| Gama de velocidad de símbolos | No especificada | 20 MBd | 19,5 y 29,3 MBd |
| Anchura de banda ocupada (-3 dB) | Variable | 20 MHz | y MHz, donde y: velocidad de símbolos |
| Anchura de banda atribuida (-25 dB) | Variable | 25,1 MHz | 1,33 y (opcionalmente 1,55 y (MHz) para y velocidad de símbolos = 19,5 y 29,3 MBd |
| Filtro de corte progresivo para conformar la banda de base | 0,35 (coseno elevado a la raíz cuadrada) | 0,20 (coseno elevado a la raíz cuadrada) | Filtro Butterworth de cuarto orden de anchura de banda limitada, modos espectro normalizado y truncado aproximadamente equivalentes a $\alpha = 0,33$ y $\alpha = 0,55$, respectivamente |

CUADRO 3 (Continuación)

| <i>Transporte y demultiplexación</i> | | | |
|---|--------------------------------------|--|--------------------------------------|
| Función | Sistema A | Sistema B | Sistema C |
| Capa de transporte | MPEG-2 | Sistema B | MPEG-2 |
| Tamaño de paquete (bytes) | 188 | 130 | 188 |
| ID de identificación (bit) | 13 (PID) | 12 (SCID) | 13 (PID) |
| Contador de continuidad (bit) | 4 CC | | |
| Bandera de adaptación (bit) | 2 (AD) | 4 (Aux) | 2 (AD) |
| Bandera de aleatorización (bit) | 2 (S) | | |
| Prioridad (bit) | 1 (P) | Ninguno | 1 (P) |
| Límite de haz (bit) | 1 (PE) | | |
| Indicador de error (bit) | 1 (E) | Campo de error de medios de 4 bytes ⁽¹⁾ | 1 (E) |
| Cabida útil (bytes) | 184 | 127 | 184 |
| Byte de palabra de sincronismo | 47 _h | Ninguno | 47 _h |
| Inversión de byte de sincronismo | De 47 _h a B8 _h | Ninguna | De 47 _h a B8 _h |
| Multiplexación estadística | Sin restricciones | Capaz | Capaz |
| Reloj de referencia maestro | 27 MHz | | |
| Método de sincronización para audio y vídeo | Indicación de hora | | |
| <i>Decodificación de la fuente</i> | | | |
| Decodificación de la fuente de vídeo | Sintaxis | MPEG-2 | |
| | Niveles | Al menos el nivel principal | |
| | Perfiles | Al menos el perfil principal | |
| Decodificación de la fuente de audio | MPEG-2, Capas I y II | MPEG-1, Capa II (incluida en MPEG-2) | ATSC A/53 o MPEG-2, Capas I y II |
| Fuente de datos | | | |

CUADRO 3 (Continuación)

| <i>Otras características</i> | | | |
|--|---|---|--|
| Función | Sistema A | Sistema B | Sistema C |
| Anchura de banda típica del transpondedor (MHz) | Sin especificar | 24/27 MHz | 24/27/36 MHz |
| Gama de frecuencias de enlace descendente de satélite | Originalmente diseñada para 11/12 GHz, sin excluir otras gamas de frecuencias de satélite | | Originalmente diseñada para las gamas de frecuencias de satélite 11/12 GHz y 4 GHz |
| Compatibilidad con SMATV | Sí | Se requiere cierto procesamiento en el extremo de cabeza al hacer la transmodulación a la MAQ | Sí |
| Compatibilidad con las jerarquías de telecomunicaciones existentes | El tren de transporte podría definirse para que se acomodase con las jerarquías existentes | | |
| Acceso condicional seleccionable | Sí | | |
| Información de servicio | ETS 300 468 | Sistema B | ATSC A/56 + SCTE DVS/011 |
| EPG | ETS 300 707 | Sistema B | Seleccionable por el usuario |
| Teletexto | Admitido | Sin especificar | |
| Subtitulado | Admitido | | |
| Leyenda fija | Sin especificar | Sí | |
| Normas TV entregadas | Sin especificar | NTSC y PAL M | NTSC y PAL |
| Relaciones de aspecto | 4:3 16:9 (2,12:1 opcionalmente) | 4:3 16:9 | 4:3 16:9 |
| Formatos de resolución de vídeo | Sin restricciones, recomendados: 720 × 576 704 × 576 544 × 576 480 × 576 352 × 576 352 × 288 | 720 × 480 704 × 480 544 × 480 480 × 480 352 × 480 352 × 240 | 720(704) × 576 720(704) × 480 528 × 480 528 × 576 352 × 480 352 × 576 352 × 288 352 × 240 |
| Velocidades de trama | Sin especificar | 29,97 | 25 (PAL) 29,97 (NTSC) |
| Compatibilidad con otros sistemas de entrega MPEG-2 | Norma ISO/CEI 13818 | Se requiere algún procesamiento | Norma ISO/CEI 13818 |

(1) Enviado con un encabezamiento de imagen redundante para indicar error incorregible dentro de una imagen. Utiliza código de error de secuencia definido en MPEG-2 de la ISO.

APÉNDICE 2

AL ANEXO 1

**Lista de empresas con las cuales se entró en contacto
(principalmente fabricantes de microplaquetas e IRD)**

| <i>Empresa</i> | <i>Respuestas recibidas</i> |
|-------------------------|-------------------------------------|
| NATIONAL SEMICONDUCTORS | <input checked="" type="checkbox"/> |
| SAT-SAGEM | |
| THOMSON | <input checked="" type="checkbox"/> |
| COMSTREAM | <input checked="" type="checkbox"/> |
| LSI-Logic | <input checked="" type="checkbox"/> |
| TV/COM | |
| SGS THOMSON | <input checked="" type="checkbox"/> |
| COMATLAS | <input checked="" type="checkbox"/> |
| MITSUBISHI | |
| HITACHI | <input checked="" type="checkbox"/> |
| PHILIPS | |
| GEC Plessey | |
| TEXAS INSTRUMENTS | <input checked="" type="checkbox"/> |
| C. CUBE MICROSYSTEMS | |
| MOTOROLA | |
| PIONEER | |
| STANFORD TELECOM | |
| TOSHIBA | <input checked="" type="checkbox"/> |
| SCIENTIFIC ATLANTA | <input checked="" type="checkbox"/> |
| COMPRESION LABS Inc. | |
| GENERAL INSTRUMENTS | <input checked="" type="checkbox"/> |
| BROADCOM | <input checked="" type="checkbox"/> |
| VLSI TECHNOLOGY | <input checked="" type="checkbox"/> |
| DIVICOM | |
| SIEMENS | |

APÉNDICE 3

AL ANEXO 1

Distribución típica de costes IRD

| <i>Coste de producción</i> | <i>Dólares de los EE.UU.</i> | <i>Porcentaje</i> |
|---|------------------------------|-------------------|
| Sintonizador del satélite | 20 | 6,67 |
| Demodulador y decodificación del satélite | 30 | 10,00 |
| Transporte y demultiplexación | 15 | 5,00 |
| Decodificación | 15 | 5,00 |
| Microprocesador | 20 | 6,67 |
| Módem para módulo interactivo (velocidad baja) | 20 | 6,67 |
| Memoria FLASH (8 Mbits) para soporte lógico residencial | 10 | 3,33 |
| DRAM (20 Mbits) para decodificación y de multiplexación | 15 | 5,00 |
| Modulador de la señal analógica de salida | 5 | 1,67 |
| Codificador PAL | 5 | 1,67 |
| Telemando de infrarrojos | 10 | 3,33 |
| Licencias | 20 | 6,67 |
| Tarjeta PC + Caja de plástico | 30 | 10,00 |
| Conectores | 20 | 6,67 |
| PCMCIA para interfaz común con CA | 10 | 3,33 |
| Lector de tarjetas inteligentes | 10 | 3,33 |
| Alimentación | 10 | 3,33 |
| Varios | 35 | 11,67 |
| Coste total de producción | 300 | 100,00 |

No se considera el coste, 30-60 dólares de los EE.UU. del módulo de CA

| <i>Modelo simplificado</i> | <i>Dólares de los EE.UU.</i> | <i>Porcentaje</i> |
|--|------------------------------|-------------------|
| Sintonizador + demodulador + decodificador del satélite | 50 | 16,67 |
| Transporte/demultiplexación/decodificación MPEG-2 + RAM/memoria FLASH + microprocesamiento | 75 | 25,00 |
| Otros | 175 | 58,33 |
| Coste total | 300 | 100,00 |

Agradecimientos

Este Anexo ha sido preparado por el Dr. J. Seseña, Relator Especial, asistido por el Sr. Héctor Prieto, Director de la Unidad de Nuevas Aplicaciones de HISPASAT, con el apoyo del Grupo de Relator Especial sobre convergencia hacia una norma mundial para televisión digital por satélite.

Hay que hacer mención especial del amable espíritu de cooperación mostrado por varios fabricantes, que proporcionaron información industrial actualizada, en particular los señores Rhodes (COMSTREAM), Nguyen (NATIONAL SEMICONDUCTORS), Gillies (THOMSON MULTIMEDIA), Scalise (SGS-THOMSON), Dubreuil (COMATLAS), Anderson (HUGHES), Vehling (VLSI), Nelson (BROADCOM), Zerhusen (TOSHIBA), Shadot (LSI-Logic), Davies (TEXAS INSTRUMENTS), Beavon (HITACHI), Paul Hearty (GENERAL INSTRUMENTS) y Dlugos (GENERAL INSTRUMENTS), y la señora Louise Wasilewski (apellido de soltera, Dobson) (SCIENTIFIC ATLANTA).

ANEXO 2

Experiencia adquirida en la Región 2**1 Introducción**

En este Anexo se pasa revista a la situación de la televisión digital por satélite directa al hogar en Estados Unidos de América y, en cierta medida, en la Región 2. Este examen resumido revela que, si bien existe una arquitectura general común, una amplia diversidad caracteriza a los formatos de transmisión, lo que incluye la utilización de dos formatos diferentes en sistemas que entraron en funcionamiento a principios de 1994.

Hay que señalar que se han normalizado ya muchos procesos e interfaces, lo que permitirá a los fabricantes utilizar grupos de microplaquetas y diseños de receptores comunes.

2 Situación de los sistemas de Estados Unidos de América**2.1 Arquitectura común**

Se investigaron varios sistemas existentes y planeados de transmisión digital por satélite directa al hogar. En estos sistemas se incluyen servicios del SFS y del SRS. Se determinó que los sistemas del SFS considerados corresponden a los sistemas 3 y 4 del Cuadro 4, mientras que los del SRS corresponden a los sistemas 1 y 2 del mismo Cuadro.

Todos los servicios considerados poseen varias características comunes:

- entrega de señales de «definición de norma» NTSC;
- entrega de señales audio y digitales multiplexadas con señales de televisión;
- utilización de una sola portadora multiplexada por transpondedor con una anchura de banda de la señal de 24-54 MHz;
- utilización de un tipo MDP-4;
- utilización de control de errores avanzado, incluidas codificaciones convolucional concatenada y RS;
- codificación/compresión de la señal de imagen utilizando la transformada discreta de coseno y compensación del movimiento;
- encriptado de cada canal de programa por separado para permitir el control de CA canal por canal;
- utilización de un módulo de CA renovable para permitir mejoras de seguridad.

Los IRD para cada servicio poseen las capas de protocolo que se indican en la Fig. 9.

2.2 Resumen de las características de los sistemas

Aunque las arquitecturas técnicas de los servicios son similares, sus realizaciones específicas dan lugar a receptores digitales incompatibles. La utilización de la tecnología de compresión de la señal de imagen MPEG-2 es una norma de facto. Los sistemas suelen utilizar diferentes guías electrónicas de programas e implementaciones de acceso condicional. En el Cuadro 4 se resumen algunas de las características esenciales de cada sistema, así como la producción actual de receptores digitales en la Región 2.

2.3 Evolución a corto plazo

Se espera que las arquitecturas técnicas de los sistemas estadounidenses se diferencien en mayor medida para responder a la presión de la competencia. Aparte de la expansión de la capacidad de canal, las arquitecturas técnicas pueden evolucionar para incluir lo siguiente:

- antenas de recepción más pequeñas;
- «navegadores» avanzados de EPG;
- servicios de datos avanzados, lo que incluye «multimedios»;
- servicios interactivos, lo que incluye varias soluciones con respecto al trayecto de retorno.

CUADRO 4

**Características resumidas de ejemplos de sistemas de transmisión
de múltiples programas en ciertos países de la Región 2**

| | Ejemplo 1 (Sistema B) | Ejemplo 2 (Basado en el Sistema A) | Ejemplo 3 Predecesor del Sistema C | Ejemplo 4 |
|---|--------------------------|--|--|--------------------|
| Servicio | SRS | SRS | SFS | SFS |
| Operacional | Sí | No | Sí | No |
| IRD fabricados (millones) ⁽¹⁾ | 1,20 | – | 0,77 | – |
| IRD instalados (millones) ⁽¹⁾ | 0,74 | – | 0,54 | – |
| Anchura de banda del transpondedor (MHz) | 24 | 24 | 54 | 27 |
| Anchura de banda de la señal (MHz) | 24 | 24 | No disponible | 24 |
| Modulación (formato) | MDP-4 | MDP-4 | MDP-4 | MPD-4 |
| Control de errores (formato) | Convolutacional/RS | Convolutacional/RS | Convolutacional/RS | Convolutacional/RS |
| Capa de transporte | – | MPEG-2 | – | MPEG-2 |
| Codificación de la señal de imagen | MPEG-2 | MPEG-2 | – | MPEG-2 |
| Codificación de la señal de sonido | MPEG-2 | MPEG-2 | – | MPEG-2 |
| Multiplexación estadística | – | No disponible | – | No disponible |
| Encriptado | – | No disponible | No disponible | No disponible |
| Módulo CA retirable | Sí | Sí | Sí | Sí |
| EPG | – | No disponible | Ninguna | No disponible |
| Formatos de televisión entregados | NTSC, vídeo-S | NTSC, vídeo-S | NTSC | No disponible |
| Otros servicios | Audio, datos | Audio, datos | Audio, datos | Audio, datos |

⁽¹⁾ En agosto de 1995.

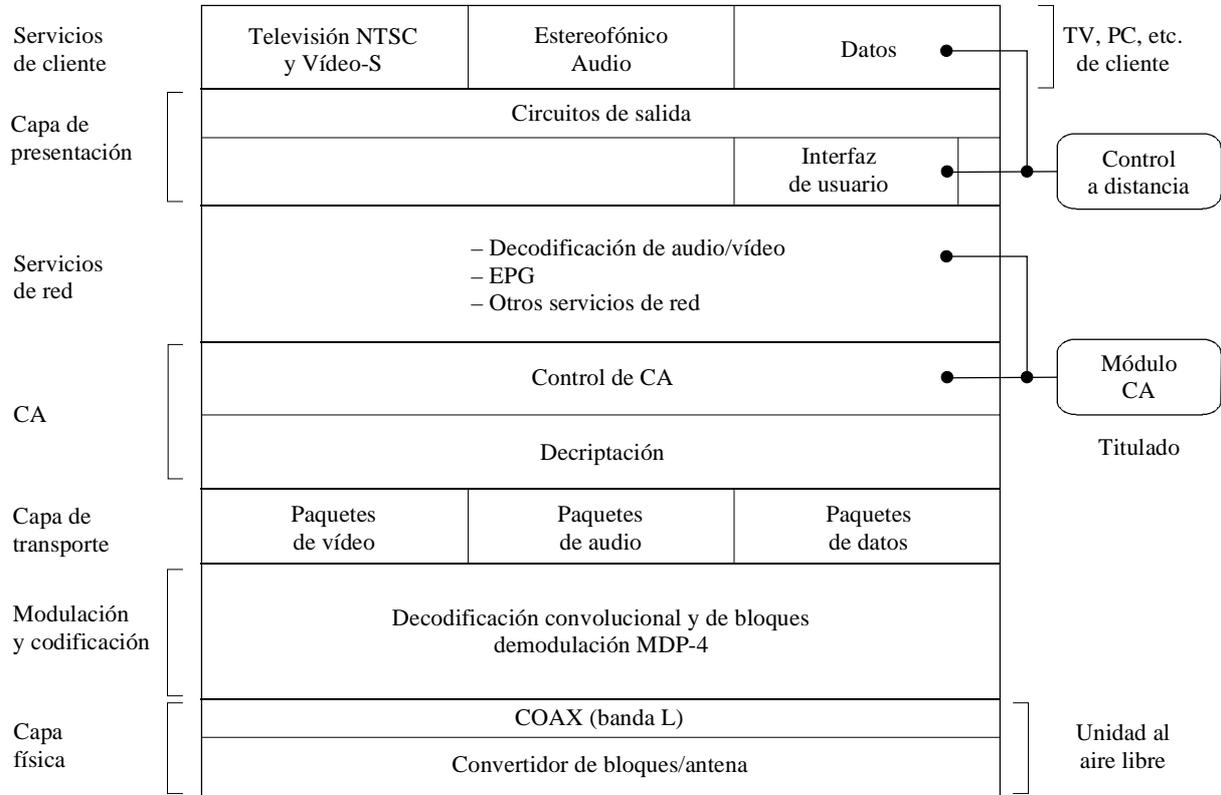
3 Situación de ciertos sistemas en la Región 2

Varias empresas de Estados Unidos de América participan en los proyectos de televisión por satélite directa al hogar en otros países de la Región 2.

En América Latina se están ejecutando otros proyectos de la Región 2.

Todos los servicios planificados utilizan entrega digital multicanal a través del SFS para proporcionar servicios de abonado y de pago por programa directos al hogar.

FIGURA 9
Pila de protocolos IRD típica



Rap 2008-09