

UIT-R

Sector de Radiocomunicaciones de la UIT

Recomendación UIT-R BT.1306-8
(04/2020)

**Métodos de corrección de errores,
de configuración de trama de datos,
de modulación y de emisión
para la radiodifusión de
televisión digital terrenal**

Serie BT
Servicio de radiodifusión
(televisión)



Prólogo

El Sector de Radiocomunicaciones tiene como cometido garantizar la utilización racional, equitativa, eficaz y económica del espectro de frecuencias radioeléctricas por todos los servicios de radiocomunicaciones, incluidos los servicios por satélite, y realizar, sin limitación de gamas de frecuencias, estudios que sirvan de base para la adopción de las Recomendaciones UIT-R.

Las Conferencias Mundiales y Regionales de Radiocomunicaciones y las Asambleas de Radiocomunicaciones, con la colaboración de las Comisiones de Estudio, cumplen las funciones reglamentarias y políticas del Sector de Radiocomunicaciones.

Política sobre Derechos de Propiedad Intelectual (IPR)

La política del UIT-R sobre Derechos de Propiedad Intelectual se describe en la Política Común de Patentes UIT-T/UIT-R/ISO/CEI a la que se hace referencia en la Resolución UIT-R 1. Los formularios que deben utilizarse en la declaración sobre patentes y utilización de patentes por los titulares de las mismas figuran en la dirección web <http://www.itu.int/ITU-R/go/patents/es>, donde también aparecen las Directrices para la implementación de la Política Común de Patentes UIT-T/UIT-R/ISO/CEI y la base de datos sobre información de patentes del UIT-R sobre este asunto.

Series de las Recomendaciones UIT-R

(También disponible en línea en <http://www.itu.int/publ/R-REC/es>)

Series	Título
BO	Distribución por satélite
BR	Registro para producción, archivo y reproducción; películas en televisión
BS	Servicio de radiodifusión (sonora)
BT	Servicio de radiodifusión (televisión)
F	Servicio fijo
M	Servicios móviles, de radiodeterminación, de aficionados y otros servicios por satélite conexos
P	Propagación de las ondas radioeléctricas
RA	Radioastronomía
RS	Sistemas de detección a distancia
S	Servicio fijo por satélite
SA	Aplicaciones espaciales y meteorología
SF	Compartición de frecuencias y coordinación entre los sistemas del servicio fijo por satélite y del servicio fijo
SM	Gestión del espectro
SNG	Periodismo electrónico por satélite
TF	Emisiones de frecuencias patrón y señales horarias
V	Vocabulario y cuestiones afines

Nota: Esta Recomendación UIT-R fue aprobada en inglés conforme al procedimiento detallado en la Resolución UIT-R 1.

Publicación electrónica
Ginebra, 2020

© UIT 2020

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

RECOMENDACIÓN UIT-R BT.1306-8

Métodos de corrección de errores, de configuración de trama de datos, de modulación y de emisión para la radiodifusión de televisión digital terrenal

(Cuestión UIT-R 132-5/6)

(1997-2000-2005-2006-2009-03/2011-12/2011-2015-2020)

Cometido

La presente Recomendación define los métodos de corrección de errores, de configuración de trama de datos, de modulación y de emisión para los actuales sistemas de la radiodifusión de televisión digital terrenal.

Palabras clave

Corrección de errores, configuración de trama de datos, características de modulación, métodos de emisión, RTDT

La Asamblea de Radiocomunicaciones de la UIT,

considerando

- a) que algunas administraciones están introduciendo la radiodifusión de televisión digital terrenal (RTDT) en las bandas métricas y decimétricas a partir de 1997;
- b) que la RTDT debe insertarse en los canales existentes de 6, 7 y 8 MHz destinados a la transmisión de televisión analógica;
- c) que podría ser conveniente sustentar la transmisión simultánea de una jerarquía de niveles de calidad anidados (incluidas televisión de alta definición (TVAD), de definición convencional (TVDC) y de baja definición (TVBD) en un solo canal;
- d) que puede ser necesario que los servicios de RTDT coexistan con transmisiones de televisión analógica durante un cierto periodo de tiempo;
- e) que en las bandas de ondas métricas y decimétricas existen muchos tipos de interferencia, incluida la interferencia cocanal y de canal adyacente, ruido de encendido, propagación multitrayecto y otras distorsiones;
- f) que podría ser conveniente que existiesen elementos con concepción común con los otros medios, tales como el cable y el satélite, a nivel del esquema de codificación exterior;
- g) que es necesario que la sincronización de trama pueda ser resistente en los canales sujetos a errores de transmisión;
- h) que es conveniente que la estructura de trama se adapte a canales de diferentes velocidades binarias;
- i) que pueden introducirse métodos de modulación uniportadora y multiportadora;
- j) que es conveniente que haya la máxima comunidad de características entre los sistemas;
- k) que es conveniente que haya la máxima comunidad de concepción entre las transmisiones de televisión digital terrenal que necesiten coexistir con transmisiones de televisión analógica existentes y las que no lo necesitan;
- l) que, con la rápida evolución de las tecnologías digitales, los sistemas de televisión digital terrenal propuestos en diferentes oportunidades abren nuevas posibilidades y servicios atractivos;

m) que la selección de opciones de modulación debe basarse en condiciones específicas, tales como los recursos de espectro, políticas, requisitos de cobertura, estructura de red existente, condiciones de recepción, tipo del servicio requerido y costos para los consumidores y radiodifusores,

recomienda

que las administraciones que deseen introducir la RTDT deberán utilizar una de las familias de métodos de corrección de errores, configuración de trama, modulación y emisión descritas en el Anexo 1.

Anexo 1

El Cuadro 1a) proporciona datos para sistemas uniportadora, el Cuadro 1b) proporciona datos sobre sistemas multiportadora, el Cuadro 1c) sobre sistemas multiportadora con segmentación de banda de radiofrecuencias y el Cuadro 1d) proporciona los datos sobre los sistemas uniportadora y multiportadora combinados. Las especificaciones para los Sistemas A, B, C y D se encuentran en los Adjuntos 1, 2, 3 y 4.

En el Adjunto 5 del Anexo 1 se describen las guías de selección de los Sistemas A, B, C y D.

CUADRO 1

Parámetros de los sistemas de transmisión de RTDT

a) Sistemas uniportadora

	Parámetros	6 MHz	7 MHz	8 MHz
1	Ancho de banda utilizado	5,38 MHz (-3 dB)	6,00 MHz (-3 dB)	7,00 MHz (-3 dB)
2	Número de portadoras radiadas	1	1	1
3	Método de modulación	8-BLR	8-BLR	8-BLR
4	Función de conformación de espectro	Caída en raíz de coseno alzado $R = 5,8\%$	Caída en raíz de coseno alzado $R = 8,3\%$	Caída en raíz de coseno alzado $R = 7,1\%$
5	Ocupación de canal ⁽¹⁷⁾	Véase la Rec. UIT-R BT.1206	-	-
6	Duración de símbolo activo	92,9 ns	83,3 ns	71,4 ns
7	Duración total de símbolo o segmento	77,3 μ s (segmento)	69,3 μ s (segmento)	59,4 μ s (segmento)
8	Duración de trama de transmisión	48,4 ms	43,4 ms	37,2 ms
9	Ecuación del canal			

CUADRO 1 (continuación)

a) Sistemas uniportadora (fin)

	Parámetros	6 MHz	7 MHz	8 MHz
10	Entrelazado interior	12 (trenes independiente- mente codificados entrelazados en tiempo)	24 (trenes independiente- mente codificados entrelazados en tiempo)	28 (trenes independiente- mente codificados entrelazados en tiempo)
	Canal interior	$R = 2/3$ reticular, concatenado $R = 1/2$ o $R = 1/4$ reticular	$R = 2/3$ reticular, concatenado $R = 1/2$ o $R = 1/4$ reticular	$R = 2/3$ reticular, concatenado $R = 1/2$ o $R = 1/4$ reticular
11	Código Reed-Solomon (RS) de canal exterior	RS (207,187, $T = 10$), concatenado RS (184,164, $T = 10$)	RS (207,187, $T = 10$), concatenado RS (184,164, $T = 10$)	RS (207,187, $T = 10$), concatenado RS (184,164, $T = 10$)
12	Entrelazado exterior	Byte convolucional de 52 segmentos entrelazado, byte concatenado de 46 segmentos entrelazado	Byte convolucional de 52 segmentos entrelazado, byte concatenado de 46 segmentos entrelazado	Byte convolucional de 52 segmentos entrelazado, byte concatenado de 46 segmentos entrelazado
13	Aleatorización de datos/dispersión de energía	PRBS de 16 bits	PRBS de 16 bits	PRBS de 16 bits
14	Sincronización de tiempo/frecuencia	Sincronización de segmento, portadora piloto	Sincronización de segmento, portadora piloto	Sincronización de segmento, portadora piloto
15	Sincronización de trama	Sincronización de trama	Sincronización de trama	Sincronización de trama
16	Ecuación de datos	Sincronización de trama, PN.511 y $3 \times$ PN.63	Sincronización de trama, PN.511 y $3 \times$ PN.63	Sincronización de trama, PN.511 y $3 \times$ PN.63
17	Identificación del modo de transmisión	Símbolos de modo en sincronización de trama	Símbolos de modo en sincronización de trama	Símbolos de modo en sincronización de trama
18	Velocidad de datos neta	4,23-19,39 Mbit/s dependiendo de la velocidad del código de modulación	4,72-21,62 Mbit/s dependiendo de la velocidad del código de modulación	5,99-27,48 Mbit/s dependiendo de la velocidad del código de modulación
19	Relación portadora/ ruido en un canal de ruido gaussiano blanco aditivo (AWGN)	15,19 dB, 9,2 dB, 6,2 dB ^{(1), (2)} dependiendo del código de canal	15,19 dB, 9,2 dB, 6,2 dB ⁽²⁾ dependiendo del código de canal	15,19 dB, 9,2 dB, 6,2 dB ⁽²⁾ dependiendo del código de canal

CUADRO 1 (continuación)

b) Sistemas multiportadora

	Parámetros	Multiportadora 6 MHz (MDFO)	Multiportadora 7 MHz (MDFO)	Multiportadora 8 MHz (MDFO)
1	Ancho de banda utilizado	5,71 MHz	6,66 MHz	7,61 MHz
2	Número de portadoras radiadas	1 705 (modo 2k) ⁽³⁾ 3 409 (modo 4k) 6 817 (modo 8k)	1 705 (modo 2k) ⁽³⁾ 3 409 (modo 4k) 6 817 (modo 8k)	1 705 (modo 2k) ⁽³⁾ 3 409 (modo 4k) 6 817 (modo 8k)
3	Modo de modulación	Codificación y modulación constantes (CCM)	Codificación y modulación constantes (CCM)	Codificación y modulación constantes (CCM)
4	Método de modulación	MDP-4, MAQ-16, MAQ-64, MAQ-16-MR, MAQ-64-MR ⁽⁴⁾	MDP-4, MAQ-16, MAQ-64, MAQ-16-MR, MAQ-64-MR ⁽⁴⁾	MDP-4, MAQ-16, MAQ-64, MAQ-16-MR, MAQ-64-MR ⁽⁴⁾
5	Ocupación de canal ⁽¹⁷⁾	Véase la Rec. UIT-R SM.1541	Véanse las Recs. UIT-R BT.1206 o UIT-R SM.1541	Véanse las Recs. UIT-R BT.1206 o UIT-R SM.1541
6	Duración de símbolo activo	298,67 µs (modo 2k) 597,33 µs (modo 4k) 1 194,67 µs (modo 8k)	256 µs (modo 2k) 512 µs (modo 4k) 1 024 µs (modo 8k)	224 µs (modo 2k) 448 µs (modo 4k) 896 µs (modo 8k)
7	Separación de portadoras	3 348,21 Hz (modo 2k) 1 674,11 Hz (modo 4k) 837,05 Hz (modo 8k)	3 906 Hz (modo 2k) 1 953 Hz (modo 4k) 976 Hz (modo 8k)	4 464 Hz (modo 2k) 2 232 Hz (modo 4k) 1 116 Hz (modo 8k)
8	Duración del intervalo de guarda	1/32, 1/16, 1/8, 1/4 de la duración de símbolo activo 9,33, 18,67, 37,33, 74,67 µs (modo 2k) 18,67, 37,33, 74,67, 149,33 (modo 4k) 37,33, 74,67, 149,33, 298,67 µs (modo 8k)	1/32, 1/16, 1/8, 1/4 de la duración de símbolo activo 8, 16, 32, 64 µs (modo 2k) 16, 32, 64, 128 µs (modo 4k) 32, 64, 128, 256 µs (modo 8k)	1/32, 1/16, 1/8, 1/4 de la duración de símbolo activo 7, 14, 28, 56 µs (modo 2k) 14, 28, 56, 112 µs (modo 4k) 28, 56, 112, 224 µs (modo 8k)
9	Duración global de símbolo	308,00, 317,33, 336,00, 373,33 µs (modo 2k) 616,00, 634,67, 672,00, 746,67 µs (modo 4k) 1 232,00, 1 269,33, 1 344,00, 1 493,33 µs (modo 8k)	264, 272, 288, 320 µs (modo 2k) 528, 544, 576, 640 µs (modo 4k) 1 048, 1 088, 1 152, 1 280 µs (modo 8k)	231, 238, 252, 280 µs (modo 2k) 462, 476, 504, 560 µs (modo 4k) 924, 952, 1 008, 1 120 µs (modo 8k)
10	Duración de trama de transmisión	68 símbolos MDFO. Una supertrama consta de 4 tramas	68 símbolos MDFO. Una supertrama consta de 4 tramas	68 símbolos MDFO. Una supertrama consta de 4 tramas
11	Código de canal interior	Código convolucional, 1/2 de velocidad matriz con 64 estados. Perforación a 2/3, 3/4, 5/6, 7/8 de velocidad	Código convolucional, 1/2 de velocidad matriz con 64 estados. Perforación a 2/3, 3/4, 5/6, 7/8 de velocidad	Código convolucional, 1/2 de velocidad matriz con 64 estados. Perforación a 2/3, 3/4, 5/6, 7/8 de velocidad
12	Entrelazado interior	Entrelazado de bits, combinado con entrelazado de símbolos nativos o en profundidad ⁽⁵⁾	Entrelazado de bits, combinado con entrelazado de símbolos nativos o en profundidad ⁽⁵⁾	Entrelazado de bits, combinado con entrelazado de símbolos nativos o en profundidad ⁽⁵⁾

CUADRO 1 (Continuación)

b) Sistemas multiportadora (fin)

	Parámetros	Multiportadora 6 MHz (MDFO)	Multiportadora 7 MHz (MDFO)	Multiportadora 8 MHz (MDFO)
13	Código Reed-Solomon (RS) de canal exterior	RS (204,188, $T = 8$)	RS (204,188, $T = 8$)	RS (204,188, $T = 8$)
14	Entrelazado exterior	Entrelazado convolucional por bytes, $I = 12$	Entrelazado convolucional por bytes, $I = 12$	Entrelazado convolucional por bytes, $I = 12$
15	Aleatorización de datos/dispersión de energía	PRBS	PRBS	PRBS
16	Sincronización de tiempo/frecuencia	Portadoras piloto ⁽⁶⁾	Portadoras piloto ⁽⁶⁾	Portadoras piloto ⁽⁶⁾
17	Código (RS) de canal exterior IP	MPE-FEC RS (255,191) ⁽⁷⁾	MPE-FEC RS (255,191) ⁽⁷⁾	MPE-FEC RS (255,191) ⁽⁷⁾
18	Reducción del consumo de potencia del receptor	Segmentación de tiempo ⁽⁸⁾	Segmentación de tiempo ⁽⁸⁾	Segmentación de tiempo ⁽⁸⁾
19	Señalización de parámetros de transmisión (TPS) ⁽⁹⁾	Transportada por portadoras piloto TPS	Transportada por portadoras piloto TPS	Transportada por portadoras piloto TPS
20	Formato del tren de transporte del sistema	MPEG-2 TS	MPEG-2 TS	MPEG-2 TS
21	Velocidad de datos neta	Dependiente de la modulación, de la velocidad de código y del intervalo de guarda (3,69-23,5 Mbit/s para modos no jerárquicos) ⁽¹⁰⁾	Dependiente de la modulación, de la velocidad de código y del intervalo de guarda (4,35-27,71 Mbit/s para modos no jerárquicos) ⁽¹⁰⁾	Dependiente de la modulación, de la velocidad de código y del intervalo de guarda (4,98-31,67 Mbit/s para modos no jerárquicos) ⁽¹⁰⁾
22	Relación portadora/ruido en un canal AWGN	Dependiente de la modulación y del código de canal. 3,1-20,1 dB ⁽¹¹⁾	Dependiente de la modulación y del código de canal. 3,1-20,1 dB ⁽¹¹⁾	Dependiente de la modulación y del código de canal. 3,1-20,1 dB ⁽¹¹⁾

CUADRO 1 (continuación)

c) Sistemas multiportadora con segmentación de banda de radiofrecuencias⁽¹²⁾

	Parámetros	Multiportadora 6 MHz (MDFO con segmentación)	Multiportadora 7 MHz (MDFO con segmentación)	Multiportadora 8 MHz (MDFO con segmentación)
1	Número de segmentos (Ns)	13 ⁽¹³⁾	13 ⁽¹³⁾	13 ⁽¹³⁾
2	Anchura de banda del segmento (Bws)	6 000/14 = 428,57 kHz	7 000/14 = 500 kHz	8 000/14 = 571,428 kHz
3	Anchura de banda utilizada (Bw)	Bw × Ns + Cs 5,575 MHz (modo 1) 5,573 MHz (modo 2) 5,572 MHz (modo 3)	Bw × Ns + Cs 6,504 MHz (modo 1) 6,502 MHz (modo 2) 6,501 MHz (modo 3)	Bw × Ns + Cs 7,434 MHz (modo 1) 7,431 MHz (modo 2) 7,430 MHz (modo 3)
4	Número de portadoras radiadas	1 405 (modo 1) 2 809 (modo 2) 5 617 (modo 3)	1 405 (modo 1) 2 809 (modo 2) 5 617 (modo 3)	1 405 (modo 1) 2 809 (modo 2) 5 617 (modo 3)
5	Método de modulación	MDP-4 D, MDP-4, MAQ-16, MAQ-64	MDP-4 D, MDP-4, MAQ-16, MAQ-64	MDP-4 D, MDP-4, MAQ-16, MAQ-64
6	Ocupación de canal ⁽¹⁷⁾	Véanse las Recs. UIT-R BT.1206 o UIT-R SM.1541	Véanse las Recs. UIT-R BT.1206 o UIT-R SM.1541	Véanse las Recs. UIT-R BT.1206 o UIT-R SM.1541
7	Duración de símbolo activo	252 μs (modo 1) 502 μs (modo 2) 1 008 μs (modo 3)	216 μs (modo 1) 432 μs (modo 2) 864 μs (modo 3)	189 μs (modo 1) 378 μs (modo 2) 756 μs (modo 3)
8	Separación de portadoras (Cs)	Bws/108 = 3,968 kHz (modo 1) Bws/216 = 1,948 kHz (modo 2) Bws/432 = 0,992 kHz (modo 3)	Bws/108 = 4,629 kHz (modo 1) Bws/216 = 2,314 kHz (modo 2) Bws/432 = 1,157 kHz (modo 3)	Bws/108 = 5,271 kHz (modo 1) Bws/216 = 2,645 kHz (modo 2) Bws/432 = 1,322 kHz (modo 3)
9	Duración del intervalo de guarda	1/4, 1/8, 1/16, 1/32 de la duración del símbolo activo 63, 31,5, 15,75, 7,875 μs (modo 1) 126, 63, 31,5, 15,75 μs (modo 2) 252, 126, 63, 31,5 μs (modo 3)	1/4, 1/8, 1/16, 1/32 de la duración del símbolo activo 54, 27, 13,5, 6,75 μs (modo 1) 108, 54, 27, 13,5 μs (modo 2) 216, 108, 54, 27 μs (modo 3)	1/4, 1/8, 1/16, 1/32 de la duración del símbolo activo 47,25, 23,625, 11,8125, 5,90625 μs (modo 1) 94,5, 47,25, 23,625, 11,8125 μs (modo 2) 189, 94,5, 47,25, 23,625 μs (modo 3)
10	Duración total del símbolo	315, 283,5, 267,75, 259,875 μs (modo 1) 630, 567, 535,5, 519,75 μs (modo 2) 1 260, 1 134, 1 071, 1 039,5 μs (modo 3)	270, 243, 229,5, 222,75 μs (modo 1) 540, 486, 459, 445,5 μs (modo 2) 1 080, 972, 918, 891 μs (modo 3)	236,25, 212,625, 200,8125, 194,90625 μs (modo 1) 472,5, 425,25, 401,625, 389,8125 μs (modo 2) 945, 850,5, 803,25, 779,625 μs (modo 3)
11	Duración de trama de transmisión	204 símbolos MDFO	204 símbolos MDFO	204 símbolos MDFO

CUADRO 1 (continuación)

c) Sistemas multiportadora con segmentación de banda de radiofrecuencias⁽¹²⁾ (fin)

	Parámetros	Multiportadora 6 MHz (MDFO con segmentación)	Multiportadora 7 MHz (MDFO con segmentación)	Multiportadora 8 MHz (MDFO con segmentación)
12	Código de canal interior	Código convolucional, 1/2 de vel. matriz con 64 estados. Perforación a 2/3, 3/4, 5/6, 7/8	Código convolucional, 1/2 de vel. matriz con 64 estados. Perforación a 2/3, 3/4, 5/6, 7/8	Código convolucional, 1/2 de vel. matriz con 64 estados. Perforación a 2/3, 3/4, 5/6, 7/8
13	Entrelazado interior	Entrelazado interior y entre segmentos (entrelazado de frecuencia) combinado con entrelazado convolucional de símbolos para 0, 380, 760, 1 520 símbolos (modo 1) 0, 190, 380, 760 símbolos (modo 2) 0, 95, 190, 380 símbolos (modo 3) (entrelazado de tiempo)	Entrelazado interior y entre segmentos (entrelazado de frecuencia) combinado con entrelazado convolucional de símbolos para 0, 380, 760, 1 520 símbolos (modo 1) 0, 190, 380, 760 símbolos (modo 2) 0, 95, 190, 380 símbolos (modo 3) (entrelazado de tiempo)	Entrelazado interior y entre segmentos (entrelazado de frecuencia) combinado con entrelazado convolucional de símbolos para 0, 380, 760, 1 520 símbolos (modo 1) 0, 190, 380, 760 símbolos (modo 2) 0, 95, 190, 380 símbolos (modo 3) (entrelazado de tiempo)
14	Código de canal exterior	RS (204,188, $T = 8$)	RS (204,188, $T = 8$)	RS (204,188, $T = 8$)
15	Entrelazado exterior	Entrelazado convolucional de octetos, $I = 12$	Entrelazado convolucional de octetos, $I = 12$	Entrelazado convolucional de octetos, $I = 12$
16	Aleatorización de datos/dispersión de energía	PRBS	PRBS	PRBS
17	Sincronización de tiempo/frecuencia	Portadoras piloto	Portadoras piloto	Portadoras piloto
18	Configuración de transmisión y multiplexión	Transportado por las portadoras piloto TMCC	Transportado por las portadoras piloto TMCC	Transportado por las portadoras piloto TMCC
19	Velocidad de datos neta	Dependiente de la modulación, de la velocidad de código, de la estructura jerárquica y del intervalo de guarda, 3,65-23,2 Mbit/s	Dependiente de la modulación, de la velocidad de código, de la estructura jerárquica y del intervalo de guarda, 4,26-27,1 Mbit/s	Dependiente de la modulación, de la velocidad de código, de la estructura jerárquica y del intervalo de guarda, 4,87-31,0 Mbit/s
20	Relación portadora/ ruido en un canal AWGN	Dependiente de la modulación y del código de canal 5,0-23 dB ⁽¹⁴⁾	Dependiente de la modulación y del código de canal 5,0-23 dB ⁽¹⁴⁾	Dependiente de la modulación y del código de canal 5,0-23 dB ⁽¹⁴⁾

CUADRO 1 (continuación)

d) Sistemas combinados uniportadora y multiportadora

	Parámetros	6 MHz	7 MHz	8 MHz
1	Ancho de banda utilizado	5,67 MHz	6,62 MHz	7,56 MHz
2	Número de portadoras radiadas	1 (modo uniportadora) 3 780 (modo multiportadora)	1 (modo uniportadora) 3 780 (modo multiportadora)	1 (modo uniportadora) 3 780 (modo multiportadora)
3	Modo de modulación	Codificación y modulación constantes (CCM)	Codificación y modulación constantes (CCM)	Codificación y modulación constantes (CCM)
4	Método de modulación	MAQ-4-NR, MAQ-4, MAQ-16, MAQ-32, MAQ-64	MAQ-4-NR, MAQ-4, MAQ-16, MAQ-32, MAQ-64	MAQ-4-NR, MAQ-4, MAQ-16, MAQ-32, MAQ-64
5	Ocupación de canal ⁽¹⁷⁾	Véase la Rec. UIT-R BT.1206	Véase la Rec. UIT-R BT.1206	Véase la Rec. UIT-R BT.1206
6	Duración de símbolo activo	0,176 μ s (modo uniportadora) 666,67 μ s (modo multiportadora)	0,151 μ s (modo uniportadora) 571,43 μ s (modo multiportadora)	0,132 μ s (modo uniportadora) 500 μ s (modo multiportadora)
7	Separación de portadoras	5,67 MHz (modo uniportadora) 1,5 kHz (modo multiportadora)	6,62 MHz (modo uniportadora) 1,75 kHz (modo multiportadora)	7,56 MHz (modo uniportadora) 2,0 kHz (modo multiportadora)
8	Duración del encabezamiento de trama	1/9, 1/6, 1/4 del cuerpo de trama de la duración de la trama de señal 74,07, 104,94, 166,67 μ s	1/9, 1/6, 1/4 del cuerpo de trama de la duración de la trama de señal 63,49, 89,95, 142,86 μ s	1/9, 1/6, 1/4 del cuerpo de trama de la duración de la trama de señal 55,56, 78,70, 125,00 μ s
9	Duración global de la trama de señal	740,74, 771,60, 833,33 μ s	634,92, 661,38, 714,29 μ s	555,56, 578,70, 625,00 μ s
10	Duración de trama de transmisión	Trama de día de 24 horas, trama de minuto de 60 s, supertrama de 166,7 ms, y tramas de señal de 740,74, 771,60, 833,33 μ s	Trama de día de 24 horas, trama de minuto de 60 s, supertrama de 142,8 ms, y tramas de señal de 634,92, 661,38, 714,29 μ s	Trama de día de 24 horas, trama de minuto de 60 s, supertrama de 125 ms, y tramas de señal de 555,56, 578,70, 625,00 μ s
11	Código LDPC de canal interior	0,4 (7 488, 3 008), 0,6 (7 488, 4 512), 0,8 (7 488, 6 016)	0,4 (7 488, 3 008), 0,6 (7 488, 4 512), 0,8 (7 488, 6 016)	0,4 (7 488, 3 008), 0,6 (7 488, 4 512), 0,8 (7 488, 6 016)
12	Entrelazado interior en el dominio de la frecuencia	En el interior de una trama de señal (modo multiportadora)	En el interior de una trama de señal (modo multiportadora)	En el interior de una trama de señal (modo multiportadora)
13	Código BCH de canal exterior	BCH (762, 752) derivado de BCH (1 023, 1 013)	BCH (762, 752) derivado de BCH (1 023, 1 013)	BCH (762, 752) derivado de BCH (1 023, 1 013)
14	Entrelazado convolucional exterior en el dominio del tiempo	Número de ramas de entrelazado B = 52, profundidad de entrelazado M = 240, 720	Número de ramas de entrelazado B = 52, profundidad de entrelazado M = 240, 720	Número de ramas de entrelazado B = 52, profundidad de entrelazado M = 240, 720
15	Aleatorización de datos/dispersión de energía	PRBS	PRBS	PRBS

CUADRO 1 (Continuación)

d) Sistemas combinados uniportadora y multiportadora (fin)

	Parámetros	6 MHz	7 MHz	8 MHz
16	Sincronización de tiempo/frecuencia	Secuencia PN como el encabezamiento de trama de la trama de señal ⁽¹⁵⁾	Secuencia PN como el encabezamiento de trama de la trama de señal ⁽¹⁵⁾	Secuencia PN como el encabezamiento de trama de la trama de señal ⁽¹⁵⁾
17	Información del sistema	Transportada por 36 símbolos de información del sistema por cada trama de señal	Transportada por 36 símbolos de información del sistema por cada trama de señal	Transportada por 36 símbolos de información del sistema por cada trama de señal
18	Formato del tren de transporte del sistema	MPEG-2 TS	MPEG-2 TS	MPEG-2 TS
19	Velocidad de datos neta	Dependiente de la modulación, del código y de encabezamiento de trama (3,610-24,436 Mbit/s)	Dependiente de la modulación, del código y de encabezamiento de trama (4,211-28,426 Mbit/s)	Dependiente de la modulación, del código y de encabezamiento de trama (4,813-32,486 Mbit/s)
20	Relación portadora/ruido en un canal AWGN	Dependiente de la modulación y del código de canal. 2,5-22,0 dB ⁽¹⁶⁾	Dependiente de la modulación y del código de canal. 2,5-22,0 dB ⁽¹⁶⁾	Dependiente de la modulación y del código de canal. 2,5-22,0 dB ⁽¹⁶⁾

Notas al Cuadro 1:

- MDAP: Modulación por desplazamiento de amplitud y fase
- BCH: Código de bloque binario de corrección de múltiples errores Bose – Chandhuri – Hocquenghem
- LDPC: Verificación de paridad de baja densidad
- MPE-FEC: Encapsulación multiprotocolo – Corrección de errores en recepción
- NR: Nordstrom Robinson
- MDFO: Múltiplex por división de frecuencia ortogonal
- PN-MC: Secuencia PN multiportadora
- PRBS: Secuencia binaria pseudoaleatoria
- MDP-4: Modulación por desplazamiento de fase cuaternaria
- TMCC: Control de transmisión y de multiplexación
- BLR: Banda lateral residual

- (1) Valor medido. Tras la decodificación RS, la proporción de errores es de 3×10^{-6} .
- (2) Las relaciones de C/N son de 9,2 dB para la codificación reticular concatenada de velocidad 1/2 y 6,2 dB para la codificación reticular concatenada de velocidad 1/4.
- (3) El modo 2k puede utilizarse en explotación con un solo transmisor, para relleno de huecos unifrecuencia y para pequeñas redes unifrecuencia. El modo 8k puede utilizarse para las mismas estructuras de red y también para grandes redes unifrecuencia. El modo 4k ofrece una solución de compromiso adicional entre el tamaño de las células en transmisión y las capacidades de recepción móvil, añadiendo flexibilidad a la planificación de red de cobertura móvil y portátil.
- (4) MAQ-16, MAQ-64, MAQ-16-MR y MAQ-64-MR (MAQ-MR: constelaciones MAQ (modulación de amplitud en cuadratura) no uniformes), pueden utilizarse para esquemas de transmisión jerárquicos. En este caso dos capas de modulación transportan dos trenes de transporte MPEG-2 diferentes. Las dos capas pueden tener diferentes velocidades de código y decodificarse independientemente.
- (5) Entrelazador de símbolos en profundidad en los modos 2k y 4k para mejorar su robustez en el entorno móvil así como las condiciones de ruido impulsivo.
- (6) Las portadoras piloto son señales piloto continuas, transportadas por 45 (modo 2k) o 177 (modo 8k) portadoras en todos los símbolos MDFO, y señales piloto dispersas, repartidas en tiempo y frecuencia.
- (7) Para mejorar el valor de la relación C/N y el comportamiento Doppler en canales móviles.

Notas al Cuadro 1 (fin):

- (8) Para reducir el consumo de potencia media del terminal y permitir un traspaso de frecuencias sin interrupciones.
- (9) El piloto TPS transporta información sobre modulación, velocidad de código y otros parámetros de transmisión.
- (10) La elección de la modulación, velocidad de código e intervalo de guarda depende de las necesidades del servicio y del entorno de planificación.
- (11) Simulado con perfecta estimación del canal, modos no jerárquicos. La proporción de errores antes de la decodificación RS es 2×10^{-4} , y la proporción de errores después de la decodificación RS es 1×10^{-11} .
- (12) La segmentación de banda de radiofrecuencias permite la utilización de una modulación apropiada y un plan de corrección de errores por segmento, así como la recepción de un segmento central con receptores de banda estrecha.
- (13) Los sistemas multiportadora con segmentación de banda de radiofrecuencias utilizan 13 segmentos para los servicios de televisión, pero puede utilizarse cualquier número de segmentos para los demás servicios, como los servicios radiofónicos.
- (14) Proporción de error antes de la decodificación RS: 2×10^{-4} ; proporción de error después de la decodificación RS: 1×10^{-11} .
- (15) La trama de señal consiste en un encabezamiento de trama (FH) y un cuerpo de trama (FB). FH utiliza una secuencia binaria pseudoaleatoria y modulación de una sola portadora tanto para el intervalo de guarda y la secuencia de acondicionamiento de sincronización como para la estimación de canal. FB tiene 3 744 símbolos de datos y 36 símbolos de información y puede modularse utilizando un esquema uniportadora o multiportadora.
- (16) Proporción de error después de la decodificación BCH: 3×10^{-6} .
- (17) El parámetro «ocupación del canal» está relacionado con la máscara de límites de espectro. En la Recomendación UIT-R SM.1541 se señalan los límites de emisiones en el dominio fuera de banda que deben considerarse máscaras de límites del espectro genéricas, incluidos los sistemas de radiodifusión de televisión terrenal digital. En la Recomendación UIT-R BT-1206 se proporcionan los límites del espectro específicos para los sistemas de radiodifusión de televisión digital terrenal en el caso de entornos específicos a fin de mejorar la compatibilidad con otros servicios de radiocomunicaciones.

Adjunto 1 al Anexo 1

Norma del Sistema A

Bibliografía

- ATSC [septiembre de 1996] Recommended Practice A/58. Harmonization with DVB SI in the use of the ATSC digital television standard. Advanced Television Systems Committee.
- ATSC [mayo de 2008] Recommended Practice A/64B. Transmission measurement and compliance for digital television. Advanced Television Systems Committee.
- ATSC [noviembre de 2010] Standard A/52:2010. Digital audio compression standard (AC-3, E AC 3). Advanced Television Systems Committee.
- ATSC [abril de 2009] Standard A/65:2009. Program and system information protocol for terrestrial broadcasting and cable (PSIP). Advanced Television Systems Committee.
- ATSC [mayo de 2008] Standard A/57B. Content Identification and Labeling for ATSC Transport. Advanced Television Systems Committee.
- ATSC [diciembre de 2006] Recommended Practice A/54A. Guide to the use of the ATSC digital television Standard, with Corrigendum No. 1. Advanced Television Systems Committee.

- ATSC [abril de 2010] Recommended Practice A/74:2010. Receiver performance guidelines. Advanced Television Systems Committee.
- ATSC [agosto de 2009] Standard A/53, Part 1:2009. Digital television system. Advanced Television Systems Committee.
- ATSC [enero de 2007] Standard A/53, Part 2:2007. RF/Transmission system characteristics. Advanced Television Systems Committee.
- ATSC [agosto de 2009] Standard A/53, Part 3:2009. Service multiplex and transport subsystem characteristics. Advanced Television Systems Committee.
- ATSC [agosto de 2009] Standard A/53, Part 4:2009. MPEG-2 Video system characteristics. Advanced Television Systems Committee.
- ATSC [julio de 2010] Standard A/53, Part 5:2010. AC-3 Audio system characteristics. Advanced Television Systems Committee.
- ATSC [julio de 2010] Standard A/53, Part 6:2010. Enhanced AC-3 Audio system characteristics. Advanced Television Systems Committee.
- ATSC [noviembre de 2010] Standard A/70, Part 1:2010. Conditional access system for terrestrial broadcast. Advanced Television Systems Committee.

Adjunto 2 al Anexo 1

Norma del Sistema B

Bibliografía

- ETSI ETS 300 472. Digital Video Broadcasting (DVB). Specification for conveying ITU-R System B Teletext in DVB bit streams.
- ETSI ETR 162. Digital broadcasting systems for television, sound and data services. Allocation of Service Information (SI) codes for Digital Video Broadcasting (DVB) systems.
- ETSI ETR 154. Digital Video Broadcasting (DVB). Implementation guidelines for the use of MPEG-2 systems, video and audio in satellite and cable broadcasting applications.
- ETSI ETR 211. Digital Video Broadcasting (DVB). Guidelines on implementation and usage of DVB service information.
- ETSI ETR 289. Digital Video Broadcasting (DVB). Support for use of scrambling and Conditional Access (CA) within digital broadcasting systems.
- ETSI ETS 300 468. Digital Video Broadcasting (DVB). Specification for Service Information (SI) in DVB systems.
- ETSI ETS 300 743. Digital Video Broadcasting (DVB). Subtitling systems.
- ETSI EN 300 744. Digital Video Broadcasting (DVB). Framing structure, channel coding and modulation for digital terrestrial television.
- ETSI EN 301 192. Digital Video Broadcasting (DVB). DVB specification for data broadcasting.
- ETSI EN 302 304. Digital Video Broadcasting (DVB). Transmission to Handheld terminals (DVB H).
- ETSI TS 101 191. Digital Video Broadcasting (DVB). DVB mega-frame for Single Frequency Network (SFN) synchronization.

Adjunto 3 al Anexo 1

Norma del Sistema C

Bibliografía

ABNT ABNT NBR 15601. Digital terrestrial television – Transmission system.

ABNT ABNT NBR 15602 (Part 1-3). Digital terrestrial television – Video coding, audio coding and multiplexing.

ABNT ABNT NBR 15603 (Part 1-3). Digital terrestrial television – Multiplexing and service information (SI).

ABNT ABNT NBR 15604. Digital terrestrial television – Receivers.

ABNT ABNT NBR 15605. Digital terrestrial television – Security issues.

ABNT ABNT NBR 15606 (Part 1-5). Digital terrestrial television – Data coding and transmission specification.

ABNT ABNT NBR 15607. Digital terrestrial television – Interactivity channel.

ARIB ARIB STD-B10. Service information for digital broadcasting system.

ARIB ARIB STD-B21. Receiver for digital broadcasting.

ARIB ARIB STD-B24. Data coding and transmission specification for digital broadcasting.

ARIB ARIB STD-B25. Conditional access system specifications for digital broadcasting.

ARIB ARIB STD-B31. Transmission system for digital terrestrial television broadcasting.

ARIB ARIB STD-B32. Video coding, Audio coding and multiplexing specifications for digital broadcasting.

Adjunto 4 al Anexo 1

Norma del Sistema D

Bibliografía

Norma China GB20600-2006. Framing structure, channel coding and modulation for digital television terrestrial broadcasting system.

Norma China GY/T 236-2008. Implementation guidelines for transmission system of digital terrestrial television broadcasting.

Norma China GY/T 237-2008. Frequency planning criteria for digital terrestrial television broadcasting in the VHF/UHF bands.

Norma China GY/T 229.4-2008. Technical specifications and methods of measurement for digital terrestrial television broadcasting transmitters.

Norma China GY/T 229.3-2008. Specification for transport stream multiplexing and interfaces in terrestrial digital television.

Norma China GY/T 229.2-2008. Technical specifications and methods of measurement for digital terrestrial television broadcasting exciter.

Norma China GY/T 229.1-2008. Technical specifications and methods of measurement for digital terrestrial television broadcasting single frequency network adapter.

Norma China GY/T 230-2008. Specification of service information for digital television broadcasting.

Norma China GY/T 231-2008. Specification of electronic programme guide for digital television broadcasting.

Norma China GY/T 238.1-2008. Objective assessment and measurement methods for coverage of digital terrestrial television broadcasting signals Part 1: Single transmitter and outdoor fixed reception.

Adjunto 5 al Anexo 1

Guía de selección de sistemas

La selección de un sistema conveniente puede concebirse como un proceso iterativo que comprende tres fases:

- Fase I: una evaluación inicial acerca de qué sistema es más probable que satisfaga los requisitos principales del radiodifusor, teniendo en cuenta el entorno técnico/reglamentario predominante.
- Fase II: una evaluación más detallada de las diferencias «ponderadas» de calidad de funcionamiento.
- Fase III: una evaluación general de los factores comerciales y de funcionamiento que repercuten en la elección del sistema.

A continuación se presenta una descripción más completa de estas tres fases.

Fase I: Evaluación inicial

Como punto de partida, puede emplearse el Cuadro 2 para evaluar cuál de los sistemas responderá mejor a cada requisito particular de radiodifusión.

CUADRO 2

Guía para la selección inicial

Requisitos	Sistemas convenientes	
Velocidad de datos máxima en un canal gaussiano para un umbral dado de relación C/N	Se requiere	A o D
	No se requiere	A, B, C o D
Resistencia máxima contra las interferencias multitrayecto ⁽¹⁾	Se requiere	B, C o D
	No se requiere	A, B, C o D
Redes monofrecuencia	Se requiere	B, C o D
	No se requiere	A, B, C o D
Movilidad de recepción ^{(1), (2)}	Se requiere	B, C o D
	No se requiere	A, B, C o D
Transmisión simultánea de diversos niveles de calidad (transmisión jerárquica)	De primordial importancia	C
	Se requiere	B o C
	No se requiere	A, B, C o D
Decodificación independiente de subbloques de datos (por ejemplo, para facilitar la radiodifusión sonora)	Se requiere	C
	No se requiere	A, B, C o D
Cobertura máxima desde un transmisor central a una potencia dada en un entorno gaussiano ⁽³⁾	Se requiere	A o D
	No se requiere	A, B, C o D
Resistencia máxima contra interferencias de impulso ⁽⁴⁾	Se requiere	A, C o D
	No se requiere	A, B, C o D

Notas al Cuadro 1:

- (1) Sustituible por la eficacia de anchura de banda y otros parámetros de sistema.
- (2) Puede no ser posible suministrar una recepción de TVAD en este modo.
- (3) Para todos los sistemas en situaciones en que se requieren transmisores con emisiones de relleno de los huecos de cobertura.
- (4) Para esta comparación se aplican los Sistemas B y C en el modo 8k.

Fase II: Evaluación de las diferencias ponderadas de calidad de funcionamiento

Tras efectuar la evaluación inicial basada en el Cuadro 2, un proceso de selección más detallada requerirá una evaluación comparada de calidad de funcionamiento de los sistemas propuestos. Esto se debe a que la elección de parámetros de selección no constituye de por sí una selección en «blanco o negro». En cualquier situación dada, cada criterio en particular tendrá mayor o menor importancia en el entorno de radiodifusión objeto de estudio, lo que significa que debe haber un medio para identificar un equilibrio entre pequeñas diferencias de calidad de funcionamiento y la mayor o menor importancia de los parámetros de selección. Dicho de otro modo, es evidente que pequeñas diferencias entre sistemas respecto de un parámetro fundamental probablemente influirán en mayor medida en la elección que diferencias más notables en relación con criterios de selección menos importantes.

Se recomienda la siguiente metodología para esta fase de la evaluación de sistemas:

Paso 1: Requiere la identificación de parámetros de calidad de funcionamiento correspondientes a las condiciones de la administración o del radiodifusor que desea optar por un sistema RTDT. Pueden formar parte de estos parámetros las capacidades de calidad de funcionamiento inherentes del sistema digital en sí, su compatibilidad con los servicios analógicos existentes y la necesidad de interoperabilidad con otros servicios de comunicación o radiodifusión de imágenes.

Paso 2: Requiere la asignación de «ponderaciones» a los parámetros, en función de la importancia o criticidad del entorno en el cual se prevé la introducción del servicio de televisión digital. Esta ponderación puede adoptar la forma de un simple factor, como 1 para «normal» y 2 para «importantes».

Paso 3: Consiste en la recopilación de datos de pruebas provenientes de laboratorios y pruebas en el terreno (de preferencia, ambos). Estos datos los pueden reunir directamente las partes interesadas en la evaluación, o pueden obtenerse de otros lugares donde se han realizado pruebas o evaluaciones. Se espera que la Comisión de Estudio 6 de Radiocomunicaciones (antiguamente Comisión de Estudio 11 de Radiocomunicaciones) prepare próximamente un Informe con los resultados técnicos de diferentes sistemas RTDT, que podrán utilizarse cuando no se disponga de datos de prueba adecuados de otras fuentes fiables.

Paso 4: Requiere la comparación de los datos de prueba con los parámetros de calidad de funcionamiento y la determinación de una «clasificación» para cada parámetro. La clasificación final se emplea para elegir el sistema que mejor corresponda a los requisitos. Una estructura tabular que emplea una sencilla clasificación numérica y una escala de ponderación parece convenir a algunas administraciones. Se da «por sentado» que todos los sistemas propuestos son capaces de suministrar un servicio RTDT viable. En consecuencia, las diferencias entre los sistemas serán relativamente pequeñas. Conviene evitar una exageración innecesaria de las diferencias pero, al mismo tiempo, procurar que el proceso de selección responda a las necesidades del servicio que se propone. Una sencilla escala de clasificación numérica homogénea puede constituir un camino para alcanzar estos objetivos.

Las escalas y los ejemplos que se presentan a continuación pueden ser útiles:

Calidad de funcionamiento	Clasificación
Satisfactoria	1
Mejor	2
Óptima	3

En esta escala, se clasifica con un 0 (o valor nulo) todo sistema que no garantiza una calidad de funcionamiento satisfactoria para un parámetro dado o un parámetro que no se puede evaluar.

Importancia	Ponderación
Normal	1
Significativa	2
Decisiva	3

A continuación, se presenta un ejemplo de estructura tabular que podría utilizarse para una evaluación comparativa entre los diversos sistemas.

N°	Criterio	Calidad de funcionamiento del Sistema				Ponderación	Clasificación del Sistema			
		A	B	C	D		A	B	C	D
1	Características de las señales transmitidas									
A	Robustez de la señal									
	Inmunidad a interferencias eléctricas									
	Eficacia de la señal transmitida									
	Cobertura efectiva									
	Recepción empleando una antena interior									
	Calidad de funcionamiento del canal adyacente									
	Calidad de funcionamiento cocanal									
B	Resiliencia a las distorsiones									
	Resiliencia a las distorsiones multitrayecto									
	Movilidad de recepción									
	Portabilidad de recepción									

Fase III: Evaluación de los factores comerciales y de funcionamiento

La fase final consiste en una evaluación de los factores comerciales y de funcionamiento, para determinar cuál de los sistemas representa, en general, la mejor solución. Tal evaluación tendrá en cuenta las escalas de tiempo requeridas para la puesta en servicio, costos y disponibilidad de equipos, interoperabilidad dentro de un entorno de radiodifusión en evolución, etc.

Receptores compatibles

En los casos en que es necesario recibir más de una opción de sistema de modulación, se requieren receptores compatibles. Teniendo en cuenta el progreso de las tecnologías digitales, el precio de tales receptores no debería ser mucho mayor que el de los receptores adaptados a un solo sistema de modulación, pero en cambio sus ventajas pueden ser importantes. Podrían abrir el camino a nuevas posibilidades y nuevos servicios atractivos para el consumidor y el radiodifusor, según indica el Cuadro 2. Se prosiguen los estudios al respecto.