

UIT-R

Sector de Radiocomunicaciones de la UIT

Recomendación UIT-R BT.1306-4
(09/2009)

**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 el Anexo 1 a 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	Radio astronomía
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, 2010

© UIT 2010

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 P.1306-4

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 31/6)

(1997-2000-2005-2006-2009)

Cometido

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

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 mejorada (TVDM) y de definición convencional (TVDC)) 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;
- j) que pueden introducirse métodos de modulación uniportadora y multiportadora;
- k) que es conveniente que haya la máxima comunidad de características entre los sistemas;
- l) 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;
- m) que, con la rápida evolución de las tecnologías digitales, los sistemas de televisión digital terrenal propuestos en diferentes oportunidades abren nuevas posibilidades y servicios atrayentes;

n) 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

1 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 y el Cuadro 1c) sobre sistemas multiportadora con segmentación de banda de radiofrecuencias. Las especificaciones para los Sistemas A, B y C se encuentran en los Apéndices 1, 2 y 3.

En el Apéndice 4 se describen las guías de selección de los Sistemas A, B y C.

CUADRO 1

Parámetros de los sistemas de transmisión de RTDT

a) Sistemas uniportadora

	Parámetros	6 MHz	7 MHz	8 MHz
1	Anchura de banda utilizada	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	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 independientemente codificados entrelazados en tiempo)	24 (trenes independientemente codificados entrelazados en tiempo)	28 (trenes independientemente 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	Anchura de banda utilizada	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		Véase la Rec. UIT-R BT.1206	Véase la Rec. UIT-R BT.1206
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

CUADRO 1 (continuación)

b) Sistemas multiportadora (fin)

	Parámetros	Multiportadora 6 MHz (MDFO)	Multiportadora 7 MHz (MDFO)	Multiportadora 8 MHz (MDFO)
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⁾
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		Véase la Rec. UIT-R BT.1206	Véase la Rec. UIT-R BT.1206
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 = 2,361 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) 628, 565, 533,5, 517,75 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)	237,25, 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 (*fin*)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 (entrelazado de tiempo)	Entrelazado interior y entre segmentos (entrelazado de frecuencia) combinado con entrelazado convolucional de símbolos para 0, 190, 380, 760 símbolos (entrelazado de tiempo)	Entrelazado interior y entre segmentos (entrelazado de frecuencia) combinado con entrelazado convolucional de símbolos para 0,95, 190, 380 símbolos (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⁾

Notas relativas al Cuadro 1:

- BLR: Banda lateral residual.
 MDFO: Múltiplex por división de frecuencia ortogonal.
 PRBS: Secuencia binaria pseudoaleatoria.
 TMCC: Control de transmisión y de multiplexación.
 MPE-FEC: Encapsulación multiprotocolo – Corrección de errores en recepción.

- (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.
- (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} .

Apéndice 1 al Anexo 1

Norma del Sistema A

Bibliografía

- ATSC [Septiembre de 1996] Norma A/58. Recommended practice; Harmonization with DVB SI in the use of the ATSC digital television standard. Comité de sistemas avanzados de televisión de los Estados Unidos de América.
- ATSC [Mayo de 2000] Norma A/64A. Transmission Measurement and Compliance for Digital Television, Rev.
- ATSC [Agosto de 2001] Norma A/52A. Digital audio compression standard (AC-3). Comité de sistemas avanzados de televisión de los Estados Unidos de América.
- ATSC [Marzo de 2003] Norma A/65B. Program and System Information Protocol for Terrestrial Broadcasting and Cable. Comité de sistemas avanzados de televisión de los Estados Unidos de América.
- ATSC [Julio de 2003] Norma A/57A. Program/episode/version identification. Comité de sistemas avanzados de televisión de los Estados Unidos de América.
- ATSC [Diciembre de 2003] Recommended Practice A/54A. Guide to the use of the ATSC digital television Standard.
- ATSC [Junio de 2004] Recommended Practice A/74. Receiver performance guidelines.
- ATSC [Julio de 2004] Norma A/53C con la Enmienda 1. Digital television standard. Comité de sistemas avanzados de televisión de los Estados Unidos de América (The United States Advanced Television Systems Committee).
- ATSC [Julio de 2004] Norma A/70A. Conditional access system for terrestrial broadcast, Revision A, julio. Comité de Sistemas Avanzados de Televisión de los Estados Unidos de América.

Apéndice 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 EN 300 744. Digital Video Broadcasting (DVB). Framing structure, channel coding and modulation for digital terrestrial television.

ETSI ETS 300 743. Digital Video Broadcasting (DVB). Subtitling systems.

ETSI EN 301 192. Digital Video Broadcasting (DVB). DVB specification for data broadcasting.

ETSI TS 101 191. Digital Video Broadcasting (DVB). DVB mega-frame for Single Frequency Network (SFN) synchronization.

ETSI EN 302 304. Digital Video Broadcasting (DVB). Transmission to Handheld terminals (DVB H).

Apéndice 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-B-10. Service information for digital broadcasting system. Association of Radio Industries and Businesses.

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.

Apéndice 4 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
	No se requiere	A, B o C
Resistencia máxima contra las interferencias multitrayecto ⁽¹⁾	Se requiere	B o C
	No se requiere	A, B o C
Redes monofrecuencia	Se requiere	B o C
	No se requiere	A, B o C
Movilidad de recepción ^{(1), (2)}	Se requiere	B o C
	No se requiere	A, B o C
Transmisión simultánea de diversos niveles de calidad (transmisión jerárquica)	De primordial importancia	C
	Se requiere	B o C
	No se requiere	A, B o C
Decodificación independiente de subbloques de datos (por ejemplo, para facilitar la radiodifusión sonora)	Se requiere	C
	No se requiere	A, B o C
Cobertura máxima desde un transmisor central a una potencia dada en un entorno gaussiano ⁽³⁾	Se requiere	A
	No se requiere	A, B o C
Resistencia máxima contra interferencias de impulso	Se requiere ⁽⁴⁾	A
	No se requiere ⁽⁵⁾	A, B o C

Notas relativas al Cuadro 2:

- (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) Esta comparación se aplica a los Sistemas B y C en el modo 2K.
- (5) Los primeros resultados de pruebas efectuadas en Australia del modo 8K indican una mejora significativa respecto del modo 2K y dan a entender que la calidad de funcionamiento de los Sistemas B y C en el modo 8K puede compararse a la del Sistema A. Sin embargo, se requieren otras pruebas comparativas de los Sistemas A, B y C para comprobar las calidades de funcionamiento relativas.

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.º	Criterio	Calidad de funcionamiento del Sistema			Ponderación	Clasificación del Sistema		
		A	B	C		A	B	C
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							
	siliencia 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.
