

RECOMENDACIÓN UIT-R BO.650-2***

Normas relativas a los sistemas de televisión convencional para la radiodifusión por satélite en los canales definidos por el Apéndice 30 del Reglamento de Radiocomunicaciones

(1986-1990-1992)

La Asamblea de Radiocomunicaciones de la UIT,

considerando

- a) que la puesta en servicio de satélites de radiodifusión ofrece la posibilidad de reducir la disparidad entre las normas de televisión en el mundo entero;
- b) que esa puesta en servicio ofrece también la ocasión, gracias a la evolución tecnológica, de mejorar la calidad y aumentar la cantidad y la diversidad de los servicios ofrecidos al público; la nueva tecnología permitirá también poner en servicio sistemas de multiplaje por división en el tiempo, en los que el alto grado de elementos comunes puede traducirse en receptores multinormas de precio módico;
- c) que, sin duda, será preciso mantener sistemas de televisión de 625 líneas y 525 líneas;
- d) que se están introduciendo servicios de radiodifusión por satélite que utilizan codificación compuesta analógica de las señales vídeo de acuerdo con el Anexo 1 a la Recomendación UIT-R BT.470;
- e) que se prevé, por regla general, que las normas de radiodifusión por satélite faciliten al máximo la utilización de los equipos terrenales existentes, especialmente los que se utilizan para recepción individual y comunal (receptores, cable, métodos de distribución por retransmisión, etc.). Con tal fin, es conveniente una sola señal de banda de base común al sistema de radiodifusión por satélite y a la red de distribución terrenal;
- f) que el Apéndice 30 del Reglamento de Radiocomunicaciones (RR) ha definido las exigencias de sensibilidad a las interferencias de los sistemas utilizables;
- g) que de todos modos es imposible lograr la compatibilidad total con los receptores existentes para las emisiones de radiodifusión por satélite con modulación de frecuencia;

* *Nota* – En la preparación de esta Recomendación se tomaron como referencia los siguientes Informes: UIT-R BT.624-4, UIT-R BO.632-4, UIT-R BS.795-3, UIT-R BT.802-3, UIT-R BO.953-2, UIT-R BO.954-2, UIT-R BO.1073-1, UIT-R BO.1074-1 y UIT-R BO.1228.

** La Comisión de Estudio 6 de Radiocomunicaciones efectuó modificaciones de redacción en esta Recomendación en 2001 de conformidad con la Resolución UIT-R 44.

h) que, en lo relativo a la señal vídeo:

- en la Recomendación UIT-R BT.601 se ha establecido como principio importante la base para la transmisión de componentes separadas;
- los estudios que utilicen señales de vídeo por componentes producirán imágenes de mayor calidad que los estudios actuales que utilizan señales compuestas;
- la calidad de imagen de las emisiones actuales con una señal vídeo compuesta está limitada por los efectos de diafotía crominancia/luminancia debidos a la compartición de la banda vídeo por las señales de luminancia y de crominancia;
- las nuevas tecnologías permiten construir receptores que pueden tratar las componentes separadas emitidas con compresión temporal y multiplexación por distribución en el tiempo;
- la emisión de componentes separadas permitirá introducir ulteriormente nuevas mejoras en la calidad de la imagen;

j) que, en lo relativo a los canales de sonido y los servicios de datos que acompañan a la imagen de televisión:

- el empleo de la codificación digital permite mejorar considerablemente la calidad del sonido;
- conviene adoptar, de entre los sistemas descritos en el Informe UIT-R BO.632, el que ofrezca la mayor capacidad posible, utilizando en forma óptima los radiocanales definidos por el Apéndice 30 del teniendo en cuenta, si es necesario, el § e);
- el principio de multiplexación temporal entre el sonido y los datos digitales, por un lado, y la señal de imagen, por otro, suprime los problemas de intermodulación entre las señales;

k) que, en lo relativo a la multiplexación de las señales audio y de las señales de datos correspondientes a los servicios auxiliares de la televisión definidos en el Apéndice 2 al Anexo 1:

- es importante utilizar en forma óptima la capacidad ofrecida por el sistema de modulación digital;
- interesa utilizar las normas de codificación de los canales audio digitales especificadas en la Recomendación UIT-R BO.651 y en la Publicación especial del UIT-R «Especificaciones de los sistemas de transmisión para el servicio de radiodifusión por satélite», así como poder asociar a esa codificación en banda base varios niveles de protección contra errores, para adaptarse a las necesidades particulares de las administraciones;
- importa obtener la máxima flexibilidad del procedimiento de multiplexado seleccionable entre aquellos cuyos principios se describen en el Apéndice 2 al Anexo 1, a fin de adaptarse a las necesidades particulares de las administraciones para la distribución de la capacidad disponible entre servicios audio y servicios de datos, así como para poder modificar oportunamente esa distribución, e introducir ulteriormente nuevos servicios no identificados aún;

l) que la solidez del sistema debe permitir proporcionar un servicio hasta con la más baja relación portadora/ruido posible,

recomienda

que, cuando se establezca un servicio de radiodifusión por satélite en los canales de la banda de 12 GHz definidos por el Apéndice 30 del RR, los sistemas preferidos para los servicios basados en las normas de 625 y 525 líneas (Nota 1) sean:

- los sistemas que utilizan componentes analógicas multiplexadas de acuerdo con el Anexo 1 (Nota 2);
- los sistemas que utilizan la codificación compuesta analógica de la señal de imagen, descritos en el Anexo 1, o acordes con la Recomendación UIT-R BT.470, o para algunas de las administraciones de la Región 2, con alguna variante de los mismos.

NOTA 1 – En Canadá y Estados Unidos de América sigue en estudio el formato de la señal de transmisión en el servicio de radiodifusión por satélite. Entre los sistemas considerados figuran el sistema de televisión por componentes (B-MAC de 525 líneas) descrito en el Anexo 1, § 2.2 y diversos sistemas compuestos basados en el formato de la señal de imagen en banda de base NTSC.

NOTA 2 – En varias administraciones de la Región 1 (las de los países con miembros activos de la UER) conviene utilizar uno de los sistemas de la familia MAC/paquetes (es decir, C, D, D2).

ANEXO 1

Normas de televisión para el servicio de radiodifusión por satélite

1 Introducción

En el presente Anexo se resumen y comparan las características básicas de algunos de los sistemas diseñados para la transmisión de televisión junto con servicios de sonido y datos en la radiodifusión por satélite. Dada la conveniencia de reducir el número de métodos de modulación y las diferencias en las características de estos métodos, se ha preparado, utilizando los parámetros básicos de cada sistema, una serie de cuadros que hacen resaltar las similitudes entre los sistemas. En estos cuadros se recogen únicamente los sistemas cuyas especificaciones han sido plenamente adoptadas, o están siendo consideradas seriamente para su adopción al menos por una administración. Las especificaciones detalladas de estos sistemas figuran en una publicación separada del UIT-R «Especificaciones de los sistemas de transmisión para el servicio de radiodifusión por satélite».

Debieran tenerse especialmente en cuenta los sistemas que aplican el principio general de la multiplexión por división de tiempo, ya que el mismo permite mejorar la calidad de la señal al eliminar, en particular, los problemas de intermodulación y diafotía de color. Una estructura de múltiplex por división de tiempo permitirá también introducir ulteriormente, en forma compatible, nuevos servicios o nuevas mejoras de la calidad de los servicios básicos. Por ejemplo, pueden transmitirse imágenes con formato de pantalla ancha. Pantallas con una relación 4:3 pueden presentar la parte más interesante de la imagen, seleccionable utilizando una señal digital de datos. En el Apéndice 1 se dan más detalles de estas mejoras de la señal de imagen.

Todos los sistemas descritos en este Anexo aplican técnicas digitales para el sonido (y para los datos), a fin de explotar en la mayor medida posible la capacidad que ofrecen los canales definidos por el Apéndice 30 del RR. Teniendo en cuenta que puede ser necesaria una traslación directa a las redes de distribución con pequeña anchura de banda, de un múltiplex de sonido/datos (asociado con

el sistema de identificación del servicio), es muy importante también que el sistema ofrezca la capacidad requerida y, al mismo tiempo, un máximo de flexibilidad. Se considera cada vez más importante que estos sistemas ofrezcan la posibilidad de embrollar* la señal, con vistas a la seguridad de la transmisión y al control de la recepción.

Este Anexo presenta un breve resumen de las principales características de cada uno de los cinco sistemas completamente especificados, seguido de cuadros que indican los valores de las principales características de cada sistema.

2 Breve descripción de los sistemas

2.1 Familia MAC/paquetes

La familia de normas MAC/paquetes tiene tres miembros adecuados para la radiodifusión por satélite: C-MAC/paquetes, D-MAC/paquetes y D2-MAC/paquetes. Estos sistemas han sido optimizados en diferentes condiciones y cumplen las diversas características del servicio de radiodifusión por satélite en la banda 12 GHz cuando se utiliza la norma de 625 líneas con un canal de satélite de 27 MHz de anchura.

Estos sistemas tienen las siguientes características comunes:

- múltiplex por distribución en el tiempo;
- codificación de imagen MAC, con capacidad para un formato de imagen ampliado;
- multiplexión por paquetes para sonido y datos;
- codificación digital de sonido de calidad alta y mediana, y método de protección contra errores (véase la Recomendación UIT-R BO.651 y la Publicación especial del UIT-R «Especificaciones de los sistemas de transmisión para el servicio de radiodifusión por satélite»);
- sistemas de identificación del servicio y acceso condicional con embrollación de vídeo y de audio; especificaciones elaboradas por varias organizaciones;
- modo digital en todo el canal, cuando el área del cuadro de televisión habitualmente reservada para la señal de imagen MAC (y su intervalo de supresión) es sustituida por una ráfaga de datos (véase la Recomendación UIT-R BO.712).

Las frecuencias de reloj utilizadas en estos tres sistemas tienen relaciones simples con las frecuencias de muestreo de la norma digital de estudio definida en la Recomendación UIT-R BT.601.

Esta estrecha relación entre estos sistemas permite realizar y ofrecer receptores aptos para todas las normas.

2.1.1 Sistema C-MAC/paquetes

El sistema C-MAC/paquetes se desarrolló, en parte, para proporcionar una capacidad elevada en el canal de datos.

* En este Anexo se utiliza el término «embrollar» como equivalente al término inglés «scrambling», que generalmente se traduce por «aleatorizar».

Las características específicas del sistema C-MAC/paquetes son:

- la utilización de un multiplex por distribución en el tiempo en RF en el que la portadora es modulada en frecuencia por señales de imagen analógicas durante una cierta fracción de la duración de la línea, y modulada MDP-2-4 durante el resto de la duración de la línea por un multiplex que transporta varios canales de sonido, y señales de sincronización y de datos;
- la capacidad del multiplex de sonido/datos es aproximadamente de unos 3 Mbit/s, lo que equivale a ocho canales de sonido de alta calidad con una anchura de banda de 15 kHz y compresión-expansión casi instantánea de 14/10 bits (con protección de un bit de paridad por muestra). La capacidad de datos sobrante puede utilizarse para otros servicios.

2.1.2 D-MAC/paquetes

El sistema D-MAC/paquetes se desarrolló, en parte, para proporcionar tanto un canal de datos de alta capacidad como un interfaz único en banda base con otros medios de transmisión y distribución.

Las características específicas del sistema D-MAC/paquetes son:

- un multiplex por distribución en el tiempo en banda base, en el cual las señales analógicas de imagen se combinan con señales digitales de sonido, de sincronización y de datos, codificados en forma duobinaria;
- la capacidad de multiplex de sonido/datos es de aproximadamente 3 Mbit/s, lo que equivale a ocho canales de sonido de 15 kHz de alta calidad con compresión-expansión casi instantánea de 14/10 bits (con protección de 1 bit de paridad por muestra). La capacidad de datos sobrante puede utilizarse para otros servicios;
- la única representación en banda base de la señal del multiplex por distribución en el tiempo se modula en frecuencia previamente a la radiodifusión por satélite.

El sistema D-MAC/paquetes ha sido estudiado más a fondo por expertos de un cierto número de organizaciones y se ha demostrado que es también útil para la radiodifusión por satélite.

Como resultado de esta evolución, el Reino Unido y Noruega utilizan ahora el sistema D-MAC/paquetes para los servicios de radiodifusión por satélite en la banda de 12 GHz.

2.1.3 Sistema D2-MAC/paquetes

El sistema D2-MAC/paquetes se desarrolló, en parte, para proporcionar un único interfaz en banda de base con otros medios de transmisión y distribución.

Las características específicas del sistema D2-MAC/paquetes son:

- un multiplex por distribución en el tiempo en la banda de base, en el cual las señales analógicas de imagen se combinan con señales digitales de sonido, de sincronización y de datos, codificados en forma duobinaria;
- la capacidad del multiplex de sonido/datos es aproximadamente 1,5 Mbit/s, lo que equivale a cuatro canales de sonido de 15 kHz de alta calidad, con compansión casi instantánea de 14/10 bits (con protección de 1 bit de paridad por muestra). La capacidad de datos sobrante puede utilizarse para otros servicios;
- la única representación en banda base de la señal del multiplex por distribución en el tiempo se modula en frecuencia previamente a la radiodifusión por satélite.

La República Federal de Alemania y Francia han adoptado el sistema D2-MAC/paquetes para la explotación de sus servicios de radiodifusión por satélite en la banda de 12 GHz (TV-SAT2, TDF-1 y TDF-2).

2.2 Sistemas B-MAC

Existen dos desarrollos estrechamente relacionados del sistema B-MAC para aplicaciones a las normas de 525 y 625 líneas. Ambos sistemas son adecuados para el servicio de radiodifusión por satélite en la banda de 12 GHz con una separación de canales de 24 MHz o 27 MHz.

La señal B-MAC es un múltiplex por distribución en el tiempo en banda de base, que comprende señales de imagen analógicas combinadas con una ráfaga de datos de cuatro (o dos) niveles que contiene información digital de sonido, sincronización y datos.

La codificación de la señal de imagen se realiza utilizando el mismo factor de compresión temporal que en los niveles C-MAC/paquetes y D2-MAC/paquetes. Las frecuencias de reloj de 625/50 y 525/60 utilizadas en los sistemas B-MAC son los mismos múltiplos de las frecuencias de exploración de línea correspondientes para que puedan utilizarse los mismos circuitos integrados en ambos sistemas. En la versión de 525 líneas las frecuencias de reloj tienen una relación simple con la frecuencia subportadora del sistema NTSC, lo que facilita la sencilla transcodificación a NTSC. Ambos sistemas B-MAC pueden configurarse de modo que puedan transmitir imágenes con un formato de 16:9.

Los sistemas B-MAC proporcionan una capacidad total de datos de aproximadamente 1,6 Mbit/s, que puede utilizarse para proporcionar 6 canales de audio de 15 kHz de alta calidad utilizando la modulación delta adaptable que se caracteriza por la ocultación de errores y la protección de paridad (véase la Publicación especial del UIT-R «Especificaciones de los sistemas de transmisión para el servicio de radiodifusión por satélite»); estos canales pueden configurarse también como canales de 204 kbit/s. Un canal de datos de servicio utiliza la capacidad restante del múltiplex de datos.

La estructura del sistema B-MAC incluye un sistema de acceso condicional basado en el embrollado por translación de líneas para vídeo y el cifrado de datos para el audio digital. En vista de los numerosos puntos comunes entre los sistemas B-MAC de 625 y 525 líneas, será posible realizar un receptor apto para recibir cualquiera de los dos sistemas B-MAC.

El sistema B-MAC proporciona un único interfaz en banda de base con otros medios de transmisión y distribución.

El sistema B-MAC de 625 líneas ha sido adoptado en Australia para el «Homestead and Community Broadcasting-Satellite Service (HACBSS)» que comenzó a funcionar en octubre de 1985.

El sistema B-MAC de 525 líneas está en curso de activo examen por la «Direct Broadcasting Satellite Association» y por el «Advanced Television Systems Committee» de Estados Unidos y también por Canadá.

2.3 Sistema de subportadora digital/NTSC

En este sistema se multiplexa en frecuencia una subportadora digital con la señal de imagen convencional NTSC. Se ha desarrollado para el servicio de radiodifusión por satélite.

Los parámetros de imagen del sistema se basan en los del sistema M/NTSC descritos en la Recomendación UIT-R BT.470, por lo que es compatible con la norma de imagen terrenal.

Las señales de sonido/datos se cursan mediante una subportadora de 5,73 MHz que utiliza la modulación por desplazamiento de fase cuadrivalente diferencial. Esta subportadora, junto con la

señal de imagen, modula en frecuencia a la portadora principal. La capacidad de datos del sistema es de aproximadamente 2 Mbit/s, lo que puede proporcionar cuatro canales de audio de 15 kHz de alta calidad que utilizan expansión casi instantánea de 14/10 bits, o dos canales de 20 kHz de muy alta calidad, gracias a la utilización de la codificación lineal de 16 bits. Se proporciona también un canal de datos adicional en ambos casos. Los dos sistemas utilizan protección contra errores mediante un código BCH (63,56).

En 1982 la Administración japonesa adoptó este sistema para su servicio de radiodifusión por satélite, que comenzó a funcionar en mayo de 1984 con el satélite BS-2a y se ajusta al Apéndice 30 del RR.

Se han establecido especificaciones detalladas para el canal de datos. La capacidad del mismo varía de 224 a 1 760 kbit/s, según el modo de transmisión de las señales sonoras. Para el canal de datos se utiliza un esquema de multiplexión por paquetes (véase el Apéndice 2).

CUADRO 1
Estructura del múltiplex de vídeo/datos

Parámetro/sistema		Sistemas MAC/Paquetes			B-MAC (625 líneas)	B-MAC (525 líneas)	Subportadora digital/NTSC	
		C	D	D2				
Parámetros generales	1.1	Frecuencia de trama de la modulación (Hz)	25			29,97		
	1.2	Número de líneas por imagen (trama)	625			525		
	1.3	Frecuencia de línea (Hz)	15 625			15 734		
	1.4	Número de incrementos de tiempo por línea	1 296		1 365		–	
	1.5	Frecuencia nominal de referencia del reloj (MHz)	20,25		21,328	21,477	–	
Estructura del múltiplex	1.6	Principio de multiplexión	En radiofrecuencia	En banda de base		Subportadora		
	1.7	Codificación de imagen	Componentes analógicas multiplexadas en el tiempo				Compuesta ⁽¹⁾	
	1.8	Anchura de banda nominal de la señal de imagen transmitida (MHz)	8,4 ⁽²⁾		7,5 ⁽²⁾	6,3 ⁽²⁾	4,5	
	1.9	Amplitud nominal de la señal de vídeo (V cresta a cresta) ⁽³⁾	1,000					
	1.10	Codificación de los datos	Véase el § 4.2 del Cuadro 4	Duobinaria		Cuaternaria/binaria ⁽⁴⁾		Véase el § 4.2 del Cuadro 4
	1.11	Velocidad de símbolos (MBd)	20,25		10,125	7,11	7,16	2,048
	1.12	Espectro ocupado por la señal de datos (MHz)	No se aplica	10,0	5,0	7,11 ⁽⁵⁾	7,16 ⁽⁵⁾	1,2
	1.13	Amplitud nominal de la señal de datos (V cresta a cresta) ⁽³⁾	No se aplica	0,800	0,800	0,770		Véase el Cuadro 4
	1.14	Número de bits por símbolo	1			2/1 ⁽⁴⁾		1
	1.15	Velocidad de transmisión de bits instantánea (Mbit/s)	20,25		10,125	14,22/7,11 ⁽⁴⁾	14,32/7,16 ⁽⁴⁾	2,048
	1.16	Descripción del múltiplex ⁽⁶⁾	Flexible ⁽⁷⁾			Rígido		–
	1.17	Configuración básica del múltiplex de trama	Véase la Fig. 1					–
	1.18	Configuración básica del múltiplex de línea	Véase la Fig. 2a	Véase la Fig. 2b	Véase la Fig. 3	Véase la Fig. 4		–

CUADRO 1 (Continuación)

Parámetro/sistema		Sistemas MAC/Paquetes			B-MAC (625 líneas)	B-MAC (525 líneas)	Subportadora digital/NTSC	
		C	D	D2				
Señales de referencia	1.19	Principio de sincronización	Palabra de código digital			Imagen: (1) Datos: Palabra de código digital		
	1.20	Recuperación del reloj	A partir de los datos			Ráfaga de referencia de 10 ciclos (20 símbolos) en cada línea -		
	1.21	Sincronización de línea	Palabra de 6 bits			No se aplica (1)		
	1.22	Sincronización de trama	Palabra de 64 bits en la línea 625			1 131 símbolos en la línea 2 (8) 16 bits/trama de datos		
	1.23	Nivel de referencia para la fijación del nivel de imagen y datos	Nivel constante			Nivel medio de la ráfaga de referencia de 20 símbolos (binarios) en el intervalo de supresión horizontal Imagen: (1) Datos: No pertinentes		
	1.24	Periodo de fijación (μs)	0,75			2,81	2,79	Imagen: (1) Datos: No pertinentes
		(número de periodos de reloj)	15			- 60		
1.25	Nivel de referencia del CAG (V) (3)	± 0,500 Con relación al nivel de fijación en una línea por campo en el intervalo de supresión vertical			- 0,500 Con relación al nivel de fijación en una línea por campo en el intervalo de supresión vertical		-	

- (1) El sistema está basado en las características de la banda de base del sistema M/NTSC (véase la Recomendación UIT-R BT.470).
- (2) En cada caso, esta anchura de banda está por debajo del límite impuesto por la frecuencia de muestreo.
- (3) Todas las tensiones se miden con respecto a una carga de 75 Ω.
- (4) La codificación de los datos puede efectuarse en la práctica de dos maneras: primeramente, mediante un sistema cuaternario con dos bits por símbolo y, en segundo lugar, mediante un código binario más resistente.
- (5) Antes de la transmisión, el espectro está deliberadamente limitado en frecuencia por un filtrado a 6,3 MHz.
- (6) La estructura del múltiplex puede reconfigurarse en forma compatible para la transmisión de datos en campo completo.
- (7) Por la descripción de cada «componente» en forma de incrementos temporales y números de líneas en la norma de 625 líneas.
- (8) Esta es la línea 2 del formato B-MAC, equivalente a la línea 625 del sistema PAL.

CUADRO 2
Codificación de la señal de imagen

Parámetro/sistema		Sistemas C-MAC/paquetes, D-MAC/paquetes y D2-MAC/paquetes	B-MAC (625 líneas)	B-MAC (525 líneas)	Subportadora digital/NTSC	
Parámetros generales de vídeo	2.1 Método de exploración	De izquierda a derecha y de arriba a abajo				
	2.2 Líneas activas por trama	574		483		
	2.3 Líneas sobrantes por trama (disponibles para servicios adicionales y señales de prueba)	47	21/38 (1)		24	
	2.4 Relación de entrelazado	2:1				
	2.5 Formato de imagen	4:3 (2)			4:3	
	2.6.1 Valor supuesto de gamma en la visualización	2,8		2,2		
	2.6.2 Gamma total	1,2		1,0		
	2.7 Cromaticidades de los colores primarios: Rojo: Verde: Azul:			<i>x</i> 0,67 0,21 0,14	<i>y</i> 0,33 0,71 0,08	
	2.8 Coordenadas cromáticas para señales primarias iguales $E'_R = E'_G = E'_B$	Iluminante D ₆₅ $x = 0,313$ $y = 0,329$			Iluminante C $x = 0,310$ $y = 0,316$	
	2.9 Ecuación de la señal de luminancia	$E'_Y = 0,299 E'_R + 0,587 E'_G + 0,114 E'_B$				
2.10 Ecuaciones de las señales de diferencia de color	$E'_R - E'_Y = 0,701 E'_R - 0,587 E'_G - 0,114 E'_B$ $E'_B - E'_Y = -0,299 E'_R - 0,587 E'_G + 0,886 E'_B$		$E'_I = -0,27 (E'_B - E'_Y) + 0,74 (E'_R - E'_Y)$ $E'_Q = 0,41 (E'_B - E'_Y) + 0,48 (E'_R - E'_Y)$			
Luminancia	2.11 Número de periodos de reloj	696	750		No se aplica (3)	
	2.12 Relación de compresión	3:2				
	2.13 Frecuencia de muestreo nominal (MHz)	13,500	14,219	14,318		
	2.14 Anchura de banda sin compresión (nominal) (MHz)	5,6 (4)	5,0 (4)	4,2 (4)	4,5	
	2.15 Nivel de referencia del negro (V) (5)	-0,500 con relación al nivel de fijación				No se aplica (3)
	2.16 Ecuación de la señal de luminancia transmitida (V) (5)	$-0,500 + E'_Y$				
	2.17 Gama de amplitudes (V cresta a cresta) (5)	de -0,500 a +0,500				

CUADRO 2 (Continuación)

Parámetro/sistema		Sistemas C-MAC/paquetes, D-MAC/paquetes y D2-MAC/paquetes	B-MAC (625 líneas)	B-MAC (525 líneas)	Subportadora digital/NTSC	
Crominancia	2.18	Número de periodos de reloj	348		375	No se aplica ⁽³⁾
	2.19	Relación de compresión	3:1			
	2.20	Frecuencia de muestreo (MHz)	6,750	7,109	7,159	
	2.21	Anchura de banda sin compresión (nominal) (MHz) ⁽⁶⁾	2,4	2,1		
	2.22	Nivel de referencia cero de crominancia (V) ⁽⁵⁾	0,000 con relación al nivel de fijación			
	2.23	Ecuaciones de la señal de crominancia transmitida (V) ⁽⁵⁾	$E'_{DB} = 0,733 (E'_B - E'_Y)$ $E'_{DR} = 0,927 (E'_R - E'_Y)$	$E'_{DB} = 0,694 (E'_B - E'_Y)$ $E'_{DR} = 0,926 (E'_R - E'_Y)$		
	2.24	Gama de amplitudes ⁽⁷⁾ (V cresta a cresta) ⁽⁵⁾	de -0,500 a +0,500			No se aplica ⁽³⁾
	2.25	Transmisión secuencial	E'_{DB} se transmite en las líneas activas impares de cada campo E'_{DR} se transmite en las líneas activas pares de cada campo			
	2.26	Filtrado previo vertical ⁽⁸⁾	Los parámetros del filtro se dejan a criterio del organismo radiodifusor	0,25, 0,5, 0,25		
2.27	Coincidencia entre luminancia y crominancia	La crominancia se transmite una línea antes de la luminancia asociada				
Proceso de embrollación	2.28	Proceso de embrollación para acceso condicional	Rotación de componentes con corte doble o rotación de líneas con corte simple	Traslación de línea	Rotación de líneas, permutación de líneas o una combinación de los dos métodos	

- (1) La cifra menor corresponde a un sistema de acceso totalmente condicional.
- (2) Los sistemas pueden aceptar también un formato de imagen de 16:9.
- (3) El sistema está basado en las características de la banda de base del sistema M-NTSC (véase la Recomendación UIT-R BT.470).
- (4) Esta anchura de banda puede ampliarse para acercarla a la de Nyquist (por ejemplo, para la utilización de un formato de imagen de 16:9).
- (5) Todas las tensiones se miden con respecto a una carga de 75 Ω.
- (6) Esta anchura de banda estará limitada en el codificador por un filtro destinado a minimizar la oscilación transitoria.
- (7) Las señales de crominancia comprenden barras de color con amplitud de 100% y saturación de 75%.
- (8) Debe utilizarse un filtro de 0,5, 0, 0,5 en el receptor.

CUADRO 3
Estructura del múltiplex de datos

Parámetro/sistema		C-MAC/paquetes D-MAC/paquetes	D2-MAC/paquetes	B-MAC (625 líneas)	B-MAC (525 líneas)	Subportadora digital/NTSC
Parámetros generales de datos	3.1 Ráfaga de datos útiles (bits/línea)	2×99 ⁽¹⁾	99	102/51 ⁽²⁾		–
	3.2 Tipo de múltiplex	Por paquetes		Continuo		Continuo para las señales sonoras; en paquetes para las señales de datos
	3.3 Organización	2×82 paquetes de 751 bits/trama ⁽¹⁾	82 paquetes de 751 bits/trama	6 canales de 203 kbit/s más un canal de 62,5 kbit/s	6 canales de 204,5 kbit/s más un canal de 62,9 kbit/s	Trama de datos que comprende 32 columnas de 64 bits cada una
	3.4 Velocidad de datos media (Mbit/s)	3,08 ⁽³⁾ ($2 \times 2\,050$ paquetes/s)	1,54 ⁽³⁾ (2 050 paquetes/s)	1,59	1,60	2,048
	3.5 Embrollación (para el acceso condicional)	Adición en módulo 2 de una secuencia binaria seudoaleatoria a nivel del canal de datos, sincronizada con la trama de modulación		No revelado		Adición en módulo 2 de una secuencia seudoaleatoria en el canal de datos
Codifi- cación del sonido	3.6 Frecuencia de muestreo de la señal de audio	32 kHz para alta calidad (AC) 16 kHz para calidad media (CM)		Velocidad básica en audio (para alta calidad) 203 kbit/s 204,5 kbit/s Control del tamaño del paso 7,8 kbit/s 7,9 kbit/s Control de acentuación 7,8 kbit/s 7,9 kbit/s	32 kHz o 48 kHz	
	3.7 Preacentuación de audio	Recomendación UIT-T J.17		Adaptable		50/15 μ s

CUADRO 3 (Continuación)

Parámetro/sistema		C-MAC/paquetes D-MAC/paquetes	D2-MAC/paquetes	B-MAC (625 líneas)	B-MAC (525 líneas)	Subportadora digital/NTSC																				
Codifi- cación del sonido	3.8 Método de codificación de la señal de audio	Lineal con 14 bits/muestra (L) o bien casi instantánea con 10 bits/muestra (I) Gama de codificación: 5 niveles		Modulación delta adaptable (véase la Publicación especial del UIT-R «Especificaciones de los sistemas de transmisión para el servicio de radiodifusión por satélite»)		Casi instantánea de 14/10 bits o bien lineal de 16 bits																				
	3.9 Protección	Gama de protección: 2 niveles 1 – primer nivel con 1 bit de paridad por muestra; o bien 2 – segundo nivel con 5 bits (código de Hamming) por muestra		2,33 bits por bloque de 13 bits		BCH (63,56), SEC, DED																				
	3.10 Velocidad de paquetes por canal mono o estéreo (paquetes/s)	<table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>CM mono</th> <th>AC mono</th> <th>AC estéreo</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>I1</td> <td>253</td> <td>503</td> <td>1 003</td> </tr> <tr> <td>L1</td> <td>336,3</td> <td>669,7</td> <td>1 336,3</td> </tr> <tr> <td>I2</td> <td>336,3</td> <td>669,7</td> <td>1 336,3</td> </tr> <tr> <td>L2</td> <td>447,4</td> <td>891,9</td> <td>1 780,8</td> </tr> </tbody> </table>			CM mono	AC mono	AC estéreo	I1	253	503	1 003	L1	336,3	669,7	1 336,3	I2	336,3	669,7	1 336,3	L2	447,4	891,9	1 780,8	No se aplica		
		CM mono	AC mono	AC estéreo																						
	I1	253	503	1 003																						
L1	336,3	669,7	1 336,3																							
I2	336,3	669,7	1 336,3																							
L2	447,4	891,9	1 780,8																							
3.11 Identificación del método de codificación	Explícita, por bloques de interpretación		No se aplica		Código de control																					
3.12 Número máximo de canales audio monofónicos de alta calidad	8	4	6/3 (2)		4 (15 kHz) o 2 (20 kHz)																					
Identifi- cación del servicio	3.13 Ubicación de los datos de identificación del servicio	1 línea por trama en el intervalo de supresión vertical y canal de datos 0 en el múltiplex de paquetes		2 líneas por trama en el intervalo de supresión vertical		En estudio																				
	3.14 Organización de los datos de descripción del servicio	Grupos de datos, instrucciones y parámetros transportados en paquetes		No se aplica																						

CUADRO 3 (Continuación)

Parámetro/sistema		C-MAC/paquetes D-MAC/paquetes	D2-MAC/paquetes	B-MAC (625 líneas)	B-MAC (525 líneas)	Subportadora digital/NTSC
Acceso condi- cional	3.15 Control de desembrollación	Palabra de control para la inicialización de la secuencia binaria pseudoaleatoria		No revelado		Palabra de control para inicializar la secuencia binaria pseudoaleatoria
	3.16 Información secreta	Claves de autorización por servicio Clave de distribución por abonado		No revelado		Claves de autorización por servicio u organismo de radiodifusión Clave distribuida por decodificador
	3.17 Verificación y gestión de títulos	Difusión de palabras de control y claves de autorización cifradas en el múltiplex de datos		No revelado		Difusión de palabras de control y claves de autorización cifradas en el múltiplex de datos
	3.18 Velocidad de direccionado (direcciones/hora)	150 000 por kbit/s		1 000 000		12 500 por kbit/s
	3.19 Número máximo de direcciones	64×10^9		256×10^6		$4,3 \times 10^9$
Radio- difusión de datos	3.20 Codificación de teletexto	Sistemas A y B de teletexto del UIT-R Documento Técnico 3258, parte 4B de la UER				
	3.21 Protección	Gama de protección: 2 niveles 1 - VRC en el bloque de datos de teletexto (2 bloques de datos de teletexto/paquete) 2 - VRC en el bloque de datos de teletexto más FEC global con código de Golay (24,12) (1 bloque/paquete de datos de teletexto protegido)				
	3.22 Identificación del método de codificación	Determinado por parámetro (DCINF) en el canal de identificación de servicio				

- (1) Al constituirse el múltiplex de paquetes, las dos ráfagas de datos pueden utilizarse como un todo.
- (2) La codificación de los datos puede efectuarse en la práctica de dos maneras: primeramente, mediante un sistema cuaternario con dos bits por símbolo y, en segundo lugar, mediante un código binario más resistente.
- (3) La estructura del múltiplex puede reconfigurarse en forma compatible para la transmisión de datos en campo completo.

CUADRO 4
Parámetros de modulación

Parámetro/sistema		C-MAC/paquetes	D2-MAC/paquetes D-MAC/paquetes	B-MAC (625 líneas)	B-MAC (525 líneas)	Subportadora digital/NTSC	
Parámetros de modulación	4.1	Anchura de banda nominal del canal (MHz)	27		24		27
	4.2	Modulación de la señal de datos	MDP-2-4	MF		MDPD-4-MF	
	4.3	Modulación de la señal de vídeo	MF			MF	
	4.4	Polaridad de la modulación de frecuencia	Positiva				
	4.5	Posición en frecuencia del nivel de referencia	Centrado exactamente en el canal				–
	4.6	Componente de c.c.	Preservada				Acoplada en c.a.
	4.7	Excursión de frecuencia (MHz/V)	13,5		16,5	17,5	17,0 ⁽¹⁾
	4.8	Característica de preacentuación	$E1^{(2)} = H(f) = \frac{1 + jf / f_1}{1 + jf / f_2}$				Recomendación UIT-R F.405
	4.9	Parámetros de la preacentuación <i>A</i> :	0,7071				
		f_1 (MHz) f_2 (MHz)	0,84 1,50		1,87 3,74		
	4.10	Dispersión de energía (kHz)	600 Señal triangular sincronizada con la trama				
	4.11	Frecuencia de la subportadora (MHz)	No se aplica				5,7272 ⁽³⁾
4.12	Excursión de frecuencia de la portadora principal por la subportadora (MHz)	No se aplica				± 3,25	

⁽¹⁾ Indica la excursión de la señal vídeo solamente, es decir, sin la subportadora.

⁽²⁾ Además de E1, se puede utilizar acentuación no lineal en la familia MAC/paquetes, véase la Publicación especial del UIT-R «Especificaciones de los sistemas de transmisión para el servicio de radiodifusión por satélite».

⁽³⁾ Se ha determinado que la frecuencia de la subportadora sea 8/5 veces la frecuencia nominal de la subportadora de color, considerando el margen de las características del filtro para evitar la interferencia mutua entre las señales de imagen y MDP, y otras.

FIGURA 1
Configuración básica de la trama MDT

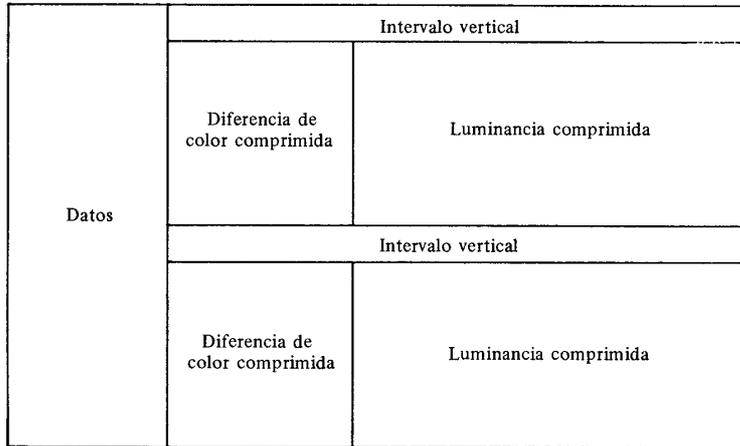


FIGURA 2a
Señal C-MAC/paquetes (no embrollada)

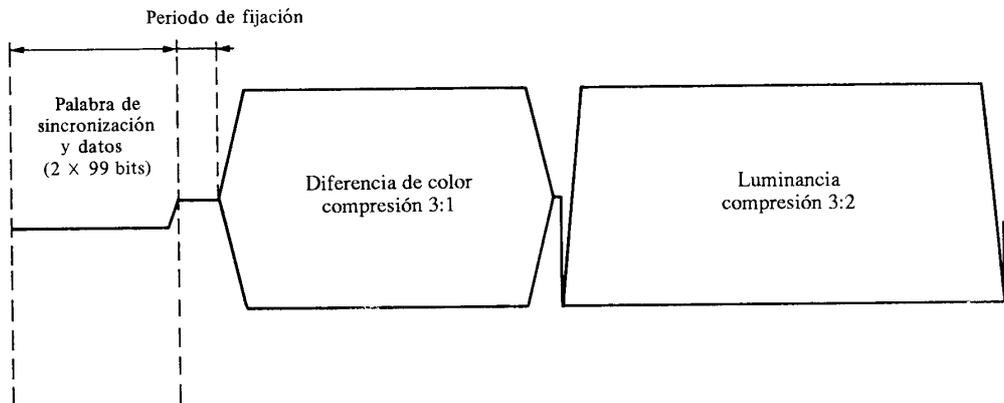


FIGURA 2b
Señal D-MAC/paquetes (no embrollada)

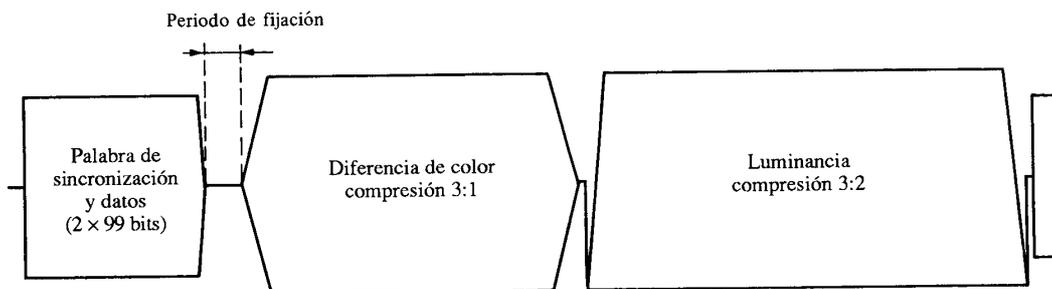


FIGURA 3
Señal de banda de base D2-MAC/paquetes (no embrollada)

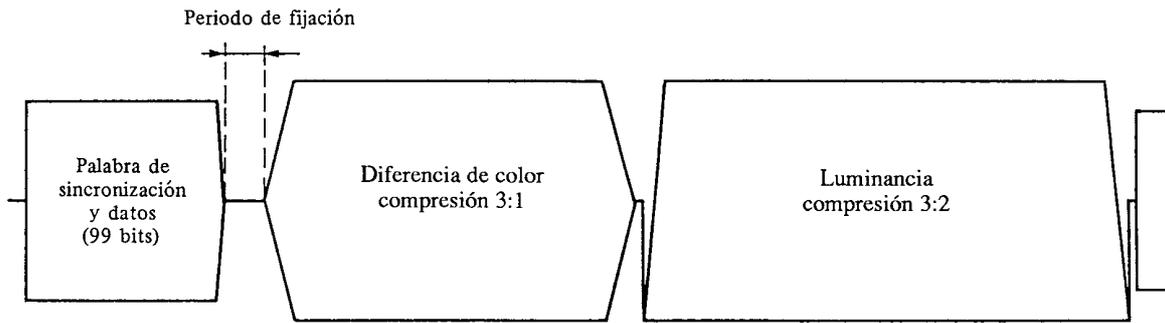
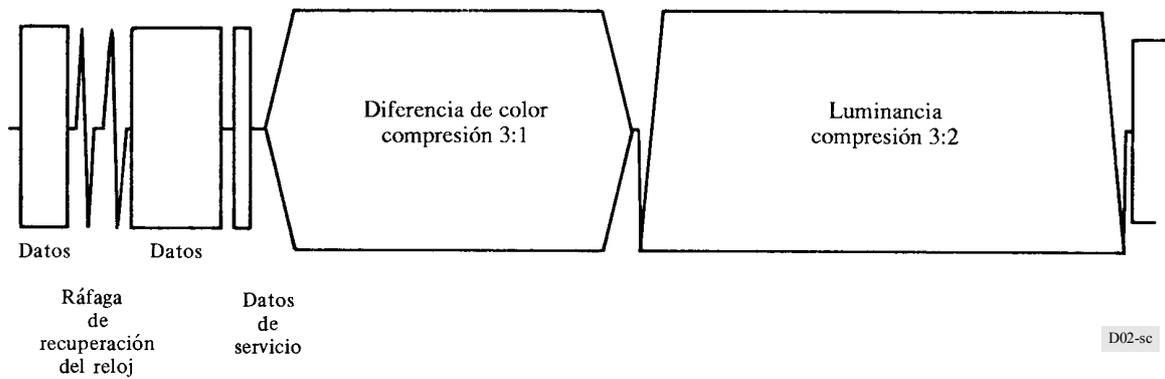


FIGURA 4
Señal B-MAC (no embrollada)



APÉNDICE 1

AL ANEXO 1

Características principales de la señal MAC

En el sistema de codificación de vídeo MAC, las señales de luminancia y una de las dos señales de diferencia de color de la línea activa sufren una compresión temporal separada y se sitúan sucesivamente en la línea para formar una señal componente analógica multiplexada por división en el tiempo. Las dos señales de diferencia de color con compresión temporal se transmiten en líneas alternas para reducir al mínimo las relaciones de compresión necesarias de todas las señales, y así mejorar la calidad de funcionamiento desde el punto de vista del ruido.

Las señales de luminancia y de diferencia de color se reconstituyen en la recepción utilizando memorias de línea en el decodificador. Este método permite distribuir debidamente las degradaciones de ruido entre la crominancia y la luminancia, para obtener un mejor rendimiento en caso de señales débiles. Los efectos mutuos se eliminan totalmente.

La compresión temporal de las señales de vídeo aumenta proporcionalmente la anchura de banda de vídeo requerida para que pase la señal. Sin embargo, la anchura espectral de la señal MF es función de la frecuencia y de la amplitud de las señales en la banda de base, y puede utilizarse para acomodar una señal con compresión temporal. La ausencia de una subportadora de color reduce la desviación a elevadas frecuencias de modulación, lo que permite aumentar la anchura de la banda de las señales vídeo en la banda de base.

Para una anchura de banda de vídeo constante, la compresión temporal de la señal en el codificador, seguida de la expansión temporal en el decodificador, entraña un aumento de la potencia de ruido a la salida del receptor. En una primera aproximación, la potencia de ruido aumenta proporcionalmente al cubo de la relación de compresión.

De estas consideraciones se desprende claramente que debe tenerse especial cuidado en minimizar las relaciones de compresión utilizadas en el diseño de sistemas MAC. Sin embargo, en general, estos sistemas pueden diseñarse para obtener una mejor calidad de funcionamiento por lo que se refiere al ruido de los sistemas de televisión clásicos que emplean las mismas anchuras de banda de vídeo. A este respecto, las ventajas del sistema MAC son considerables cuando la relación C/N es igual o inferior al umbral MF, debido a que la red de desacentuación MAC sólo causa breves rayas horizontales, menos molestas subjetivamente que las de los sistemas clásicos. Además, las rayas de ruido de umbral no se extienden a los elementos de la imagen adyacentes, por lo que pueden aplicarse fácilmente métodos de ocultación.

1 Aspectos de la multiplexión

Se han desarrollado diversas variantes del formato MAC, que se encuentran ya en una fase avanzada: sistemas de tipo C-MAC/paquetes, D2-MAC/paquetes, D-MAC/paquetes y B-MAC. Las principales diferencias residen en la manera en que se multiplexan las señales digitales de sonido y datos con la señal de vídeo MAC.

En la variante C-MAC/paquetes, las señales de sonido y de datos se insertan en el intervalo de borrado de línea de la señal vídeo en RF en forma de una portadora con modulación digital. En el punto de transmisión, el multiplexado por división en el tiempo se realiza por conmutación en frecuencia intermedia entre las señales de vídeo con modulación de frecuencia y las señales de sonido y de datos con modulación digital, a fin de mantener la continuidad de fase en la portadora RF transmitida.

En los casos del sistema D-MAC/paquetes y del sistema D2-MAC/paquetes, desarrollados por la UER, y el sistema B-MAC, desarrollado en Canadá y Estados Unidos de América, las señales de sonido y de datos se transmiten en el intervalo de borrado de línea en la banda de base como señales digitales. En estos sistemas, el espectro de la señal en los canales audio/datos, puede recuperarse de la banda de base a partir de la salida del demodulador o discriminador de vídeo con bucle de enganche de fase.

Se ha demostrado que una señal C-, D- o D2-MAC/paquetes que utiliza una anchura de banda vídeo comprimida de 8,4 MHz satisface los requisitos de la CAMR-RS-77 para la interferencia en pruebas prácticas (véase el Anexo 3 a la Recomendación UIT-R BO.792). Las mediciones de los aspectos de interferencia para el sistema B-MAC indican que se satisface el criterio de interferencia cocanal de la CARR SAT-83.

2 Aspectos relativos a la señal de vídeo

Con un múltiplex de sonido del sistema C-MAC/paquetes o de tipo B (D-MAC/paquetes, D2-MAC/paquetes, B-MAC), la ausencia de subportadoras permite aumentar la anchura de banda de las señales vídeo de banda de base o la desviación: pruebas de interferencia realizadas con un sistema conocido como «PAL ampliado» han demostrado la posibilidad de aumentar la anchura de banda de vídeo comprimida hasta unos 11 MHz.

Otra característica de los sistemas C-, D- o D2-MAC/paquetes es la facilidad de modificar las señales en las fronteras entre la señal digital y la señal de vídeo, así como entre la señal de vídeo y el intervalo de borrado de trama. Se han formulado propuestas para utilizar tal facilidad, a fin de poder transmitir imágenes de formato ampliado.

La forma de la señal MAC es también muy apropiada para la embrollación del vídeo con fines de acceso condicional. Esos métodos de embrollación exigen un medio sencillo para reestructurar los bloques de vídeo. Esto viene facilitado por la separación de las componentes en un múltiplex por división en el tiempo. La desembrollación se realizaría fácilmente en las memorias de línea del decodificador MAC, sin necesidad de otros circuitos.

El problema de la compatibilidad con los receptores existentes es el mismo, ya se utilice el sistema MAC o la codificación de televisión clásica. En ambos casos, se necesitan nuevas unidades exteriores e interiores de complejidad global comparable. No obstante, en el sistema MAC, muchos receptores pueden necesitar un codificador de señal compuesta en la unidad interior.

3 Resumen

Los sistemas MAC ofrecen muchas ventajas con respecto a los otros sistemas clásicos, entre las que pueden citarse las siguientes:

- la supresión de la diafotía de color y la diafotía de luminancia;
- resolución horizontal mejorada en términos de luminancia y de diferencia de color;
- una mejora global del ruido subjetivo;
- menor distorsión e intermodulación;
- utilización más eficaz del canal de transmisión;
- facilidad para efectuar la embrollación del vídeo en el caso de acceso condicional;
- posibilidades de imágenes de más alta definición y mayor formato;
- gran capacidad de transmisión de señales digitales de sonido/datos.

APÉNDICE 2

AL ANEXO 1

Métodos de multiplaje para la emisión de varias señales digitales de sonido y también de señales de datos en radiodifusión

1 Introducción

El presente Apéndice contiene los resultados de una comparación de métodos de multiplaje que pueden utilizarse para la emisión de varios canales digitales de sonido y posiblemente otras informaciones, con una emisión asociada de imágenes de televisión analógica, con vistas a nuevas aplicaciones en radiodifusión.

El estudio de los métodos de multiplaje de varias señales de sonido y de datos debe tener en cuenta los dos métodos principales para multiplexar la señal digital completa con la señal de vídeo, que son los siguientes:

- el «múltiploje interrumpido» que corresponde, a la inserción de impulsos digitales en el intervalo de supresión de línea (realizado en los sistemas MAC);
- el «múltiploje no interrumpido» que corresponde a impulsos digitales en una subportadora (realizado en el sistema de subportadora digital/NSTC).

Aquí se han previsto dos técnicas básicas: el múltiploje «síncrono por división en el tiempo» y el múltiploje «por paquetes», se han estudiado las ventajas y los inconvenientes inherentes al principio de cada uno de estos sistemas para los dos casos mencionados anteriormente, es decir el múltiploje interrumpido y el múltiploje no interrumpido. Será necesario realizar nuevos estudios para optimizar estos tipos de sistemas.

2 Servicios a prestar

Los servicios sonoros previstos en radiodifusión son los siguientes:

- sonido de alta calidad (estereofónico o monofónico) asociado con la imagen (anchura de banda de audio de 15 kHz);
- sonido de alta calidad (monofónico, estereofónico o incluso cuadrifónico) para programas adicionales de radiodifusión sonora (anchura de banda de audiofrecuencia de 15 kHz);
- sonido monofónico de alta calidad o de calidad media con fines diversos (por ejemplo, servicios de comentarios multilingües en asociación con el sonido internacional, etc.);
- señales de calidad «comentario»;
- señales de calidad telefónica.

Entre los servicios de datos adicionales previstos, podrían figurar los siguientes:

- datos de información (por ejemplo, informaciones de servicio, texto codificado, subtítulo, soporte lógico de computador y etiquetaje de programas);
- informaciones especiales para la televisión con peaje;
- sistema de radiobúsqueda.

Esta lista no es exhaustiva; en el futuro surgirán otras aplicaciones en función de la evolución de las necesidades y de la tecnología. Las necesidades pueden variar de un país a otro y en el tiempo.

Por ello, conviene disponer de cierta flexibilidad en la utilización del tren digital de bits. Se han fijado los requisitos relativos al sonido para una capacidad equivalente de dos a ocho canales monofónicos de alta calidad.

3 Multiplaje de las señales sonoras y de datos

Una sola señal digital para el multiplaje con la señal vídeo es producida mediante multiplaje por división en el tiempo de las distintas señales sonoras y de datos. Se conocen dos conceptos básicos de multiplaje, que se describirán como división en el tiempo síncrona y división en el tiempo asíncrona o multiplexión de paquetes.

3.1 Multiplaje por división en el tiempo síncrona

En el multiplaje por división en el tiempo síncrona clásico, el tren de bits se subdivide en secciones de igual longitud, denominadas tramas. La trama en sí misma consiste en intervalos de tiempo, cada uno de los cuales transporta la información relativa a una señal de entrada. Una combinación predeterminada de bits (el patrón de alineación de trama) permite al receptor sintonizarse con la señal digital entrante. Para los sistemas existentes, la tara necesaria a este efecto es, por lo general, inferior al 5%. Se conocen métodos excelentes para establecer la sincronización y mantenerla, incluso en condiciones desfavorables de errores en los bits.

La estructura del múltiplex puede ser estática o puede estar sujeta a reasignaciones de acuerdo con las necesidades de las señales de entrada. Una pequeña parte de la tara puede utilizarse para señalización, a fin de indicar las modificaciones de la estructura y así proporcionar flexibilidad. En servicio normal, la reasignación del canal sonoro será relativamente poco frecuente debido a la naturaleza continua del sonido.

La capacidad de cualquier canal no utilizado para sonido, puede asignarse para datos. En el caso de los datos, la estructura detallada puede transportarse por el canal de datos de manera similar a la utilizada en el multiplaje de paquetes con una longitud de paquete constante (véase el § 3.2). Por

consiguiente, este método no implica ningún aumento de las taras del múltiplex para indicar la presencia de datos. El objetivo de dicha estructura consiste en explotar al máximo la capacidad del canal para la información útil, con un grado de flexibilidad razonable, así como simplicidad y estabilidad en el diseño del receptor.

El sistema NTSC de subportadora digital (véase el Anexo 1) tiene una estructura de multiplaje por división en el tiempo síncrona para los canales de sonido y de datos, con códigos de control en una trama digital que indican la estructura de la trama. El sistema tiene también una estructura de multiplaje de paquetes en la zona del canal de datos (véase el § 3.2).

3.2 Multiplexión de paquetes

En el caso del multiplaje de paquetes, o multiplaje por división en el tiempo asíncrona, el tren de bits final del canal digital consiste en bloques sucesivos de igual longitud, denominados paquetes*, con dos paquetes:

- el encabezamiento, y
- el campo de información.

El encabezamiento transporta principalmente el número o la dirección del canal lógico y, en algunos casos, un índice de continuidad. Dado que cada paquete contiene datos de sólo una señal de entrada, la selección en el receptor se realiza detectando la dirección de la señal deseada. El índice de continuidad sirve para comprobar la secuencia correcta del tren de paquetes entrante. Normalmente, la información contenida en el encabezamiento está bien protegida por un código de corrección de errores en recepción (FEC) contra los errores en los bits que se producen en condiciones de recepción desfavorables. Así, las pérdidas de células debidas a la falsificación de la dirección por errores en los bits son muy raras. La tara para el encabezamiento puede ser de hasta el 10% de la capacidad de la señal.

El campo de información contiene los datos útiles organizados normalmente por octetos y, en algunos casos, información de control.

Dado que los paquetes se siguen inmediatamente uno a otro, el reconocimiento de las fronteras de los paquetes (es decir, la sincronización de los paquetes) puede hacerse verificando el polinomio del código FEC en el encabezamiento (véase la Recomendación UIT-T I.432). En la forma de un sistema concebido para aplicaciones de radiodifusión, la secuencia de paquetes se adapta al campo o la trama de la señal vídeo (por ejemplo, la señal MAC). Así, la sincronización de paquetes es idéntica a, respectivamente, la sincronización de campo o de trama.

Los paquetes de un canal dado no aparecen necesariamente de modo periódico en el múltiplex de paquetes. En cambio, pueden estar distribuidos de manera aleatoria en el múltiplex de acuerdo con las necesidades de la fuente de datos y la disponibilidad de intervalos de tiempo de paquetes vacíos. Esto explica el término asíncrono en el método por división en el tiempo asíncrona.

El comportamiento asíncrono de un múltiplex de paquetes causa el problema de la denominada sincronización de extremo a extremo. Puede tratarse, por ejemplo, mediante un mecanismo de recuperación de reloj adaptativo en el receptor. Con este método, en principio, un VCO en el receptor es controlado promediando la velocidad binaria entrante en una memoria intermedia.

* Nota – En la terminología del UIT-T, estos paquetes se denominan *células*.