

RECOMENDACIÓN UIT-R BO.1408*

**SISTEMA DE TRANSMISIÓN PARA SERVICIOS MULTIMEDIA AVANZADOS
DE LA RADIODIFUSIÓN DIGITAL DE SERVICIOS INTEGRADOS
EN UN CANAL DE RADIODIFUSIÓN POR SATÉLITE**

(Cuestión UIT-R 101/11)

(1999)

La Asamblea de Radiocomunicaciones de la UIT,

considerando

- a) que las diversas clases de información tales como la de vídeo, ya sea de televisión de alta definición (TVAD) o de televisión de definición convencional (TVDC), audio, texto, gráficos y datos llegan al público a través de canales de radiodifusión;
- b) que la información de los servicios puede integrarse eficaz y flexiblemente utilizando técnicas digitales;
- c) que pueden utilizarse técnicas de radiodifusión digital de servicios integrados (RDDSI) para componer servicios que explotan todas las ventajas de la radiodifusión digital;
- d) que el tren de transporte MPEG (MPEG-TS, *transport stream*) se aplica ampliamente como contenedor de información codificada digitalmente;
- e) que pueden obtenerse grandes ventajas integrando datos y servicios sobre la base del tren de transporte, lo que exige que el sistema de transmisión trate múltiples MPEG-TS;
- f) que los avances recientes en tecnología digital permiten utilizar esquemas de modulación muy eficaces en cuanto a anchura de banda tales como el MDP-8, además del MDP-4 y MDP-2 con codificación convolucional;
- g) que la calidad de servicio y la disponibilidad de servicio requerida difieren según las aplicaciones;
- h) que en los sistemas de radiodifusión por satélite se debe tener en cuenta la atenuación debida a la lluvia que es distinta según las zonas climáticas;
- j) que conviene disponer de un sistema de transmisión RDDSI común que ofrezca una gran flexibilidad de utilización así como una gran eficacia espectral y que atienda a todos los requisitos de aplicaciones, calidad y atenuación debida a la lluvia, más que introducir múltiples sistemas desarrollados específicamente para aplicaciones particulares;
- k) que la Recomendación UIT-R BO.1294 plantea requisitos funcionales comunes para el receptor-decodificador integrado (IRD, *integrated receiver-decoder*) de radiodifusión digital multiprograma por satélite,

* Debido a su aplicación particular para la multiprogramación por satélite mencionada en el texto, el sistema descrito en esta Recomendación contiene elementos que deben considerarse como una alternativa a los sistemas similares que actualmente contemplan las Recomendaciones UIT-R BO.1211 y UIT-R BO.1294. Por tanto, debe efectuarse una evaluación de estos sistemas conforme al § 6.1.2 de la Resolución UIT-R 1. No se dispone en la actualidad de una evaluación de este tipo en ninguna Recomendación pertinente del UIT-R.

No obstante, se ha nombrado un Relator Especial para que evalúe los elementos comunes y las diferencias entre los sistemas que intervienen en ésta y en otras Recomendaciones correspondientes, es decir, las Recomendaciones UIT-R BO.1211 y UIT-R BO.1294. Los resultados de esta evaluación se incluirán en los proyectos de revisión de dichas Recomendaciones o en un proyecto de nueva Recomendación por separado que se presentará a la Comisión de Estudio 11 de Radiocomunicaciones a finales de 1999.

observando

a) que los sistemas multimedia avanzados para los servicios de tipo RDDSI se caracterizan por tener la flexibilidad máxima en cuanto a:

- el tratamiento de varios MPEG-TS;
- la aceptación de un multiplex temporal de esquemas de modulación adecuados para aplicaciones con diversas calidades de transmisión, por ejemplo, MDP-8, MDP-4 y MDP-2;
- la información que pasan al demodulador sobre la configuración, la transmisión y la multiplexación por medio de señales de control especialmente resistentes;
- que los circuitos integrados para los receptores de RDDSI por satélite (RDDSI-S) pueden probablemente utilizarse para el sistema definido en la Recomendación UIT-R BO.1294, porque cada una de las técnicas componentes que se utilizan en la RDDSI-S se emplea también en los sistemas que define dicha Recomendación,

recomienda

1 que se utilice el sistema de transmisión descrito en el Anexo 1 para las aplicaciones de RDDSI-S.

ANEXO 1

Especificaciones generales de un sistema genérico de transmisión RDDSI-S

Introducción

La RDDSI es un tipo nuevo de radiodifusión para servicios multimedia. Integra sistemáticamente diversas clases de contenidos digitales, pudiendo incluir cada uno de ellos señales vídeo multiprograma que van desde las de televisión de definición reducida (TVDR) a las de (TVAD), audio multiprograma, gráficos, textos y otras. Hoy en día, la mayoría de los contenidos digitales van codificados en forma de MPEG-TS y se distribuyen por todo el mundo. Conviene integrar los contenidos digitales sobre una base del MPEG-TS.

Como la RDDSI tiene diversos servicios, el sistema tiene que abarcar una amplia gama de requisitos que pueden diferir entre un servicio y otro. Por ejemplo, se requiere una gran capacidad de transmisión para el servicio de TVAD, mientras que se precisa una gran disponibilidad del servicio (o fiabilidad de la transmisión) para los servicios de datos tales como los de entrega de la clave en el acceso condicional, la telecarga de programas, etc. Para integrar estas señales con distintos requisitos de servicio, conviene que los sistemas de transmisión cuenten con una serie de esquemas de modulación y/o protección contra errores que puedan seleccionarse y combinarse de forma flexible, a fin de satisfacer cada requisito de los servicios integrados. Ello es especialmente necesario en los sistemas de RDDSI-S que funcionan en la banda del servicio de radiodifusión por satélite (SRS) en 11-12 GHz, en los países situados en zonas climáticas con una elevada atenuación debido a la lluvia.

Los sistemas de transmisión de RDDSI-S se caracterizan por:

- Interfaz MPEG: las señales de entrada al codificador y de salida de éste se ajustan a las especificaciones MPEG-TS.
- Capacidad de integración de la señal sobre una base MPEG-TS: los contenidos digitales pueden multiplexarse sin la codificación/re-codificación de los trenes de entrada.
- Utilización flexible de esquemas de modulación: los contenidos digitales pueden transmitirse simultáneamente con los esquemas de modulación adecuados para cada contenido integrado en el tren RDDSI.
- Utilización de una señal de control que informa al receptor de la multiplexación y la configuración de modulación.

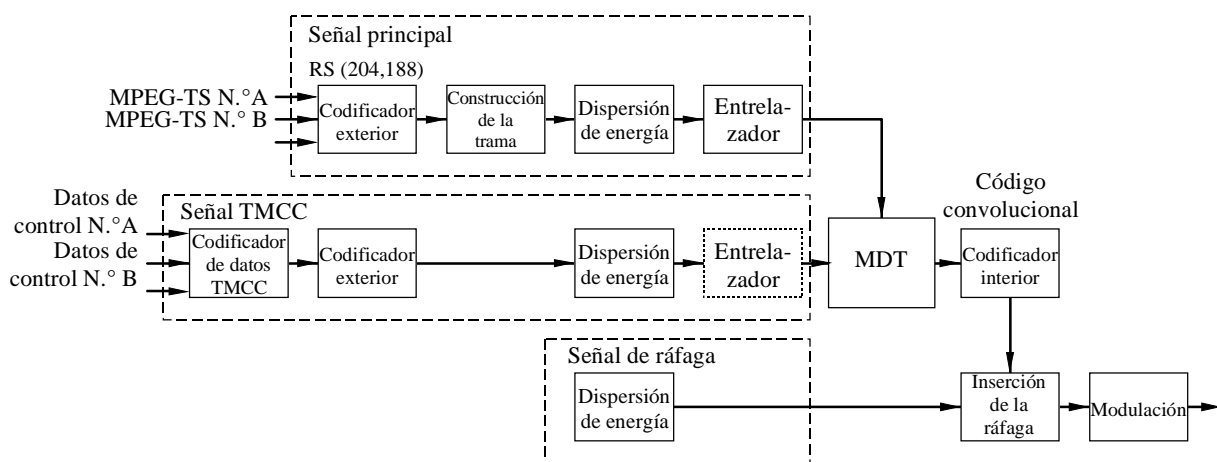
A continuación se describe el sistema genérico de RDDSI-S.

1 Diagrama de bloques

La Fig. 1 representa una configuración genérica del sistema. El sistema tratará tres tipos de señales para transmitir trenes MPEG-TS múltiples con varias clases de modulación y para lograr una recepción estable y fácil. Las tres señales son:

- la señal principal que consta de múltiples MPEG-TS y que lleva el contenido del programa;
- la señal de control de configuración de transmisión y multiplexación (TMCC, *transmission and multiplexing configuration control*) que informa al receptor de los esquemas de modulación aplicados, la identificación de los MPEG-TS, etc., y
- la señal de ráfaga que garantiza una recuperación estable de la portadora en el receptor en cualquier condición de recepción (especialmente en condiciones de relación portadora/ruido (C/N) reducida).

FIGURA 1
Configuración general del sistema



1408-01

Para tratar múltiples MPEG-TS y atender a diversos esquemas de modulación utilizados simultáneamente, se introduce una estructura de trama en la señal principal. Los MPEG-TS de entrada se combinarán en un tren único al que se aplican procesos de señal ordinarios de sistemas de satélite (es decir, dispersión de energía, entrelazado y codificación interior). Los datos de control que designan los esquemas de modulación y otras características para cada paquete del TS se codificarán en la señal TMCC a la que se aplica una serie de codificaciones de canal. En la mayoría de los casos algunas partes de la codificación del canal pueden compartirse con la señal principal. Se aplica una dispersión de energía a la señal de ráfaga para evitar espectros de línea en la señal de transmisión. Este proceso se efectúa modulando la ráfaga con una secuencia aleatoria. De esta manera, la señal de ráfaga puede llevar información, modulándola con datos de información en lugar de hacerlo con una secuencia aleatoria. En dicho caso, puede ser necesario aplicar una codificación de canal adicional. Estas tres señales irán multiplexadas por división en el tiempo (MDT – multiplexación por división en el tiempo) y estarán moduladas por los esquemas de modulación designados.

2 Código exterior para la señal principal

A cada paquete MPEG-TS de entrada (188 bytes) se le aplicará un código abreviado Reed-Solomon (RS), (204,188), a partir del original RS (255,239) para generar el paquete protegido contra errores (204 bytes). La codificación RS se aplicará también al primer byte del paquete (palabra de sincronismo MPEG).

- Polinomio generador del código: $g(x) = (x + \lambda^0)(x + \lambda^1)(x + \lambda^2)(x + \lambda^{15})$, donde $\lambda = 02_h$
- Polinomio generador del campo: $p(x) = x^8 + x^4 + x^3 + x^2 + 1$.

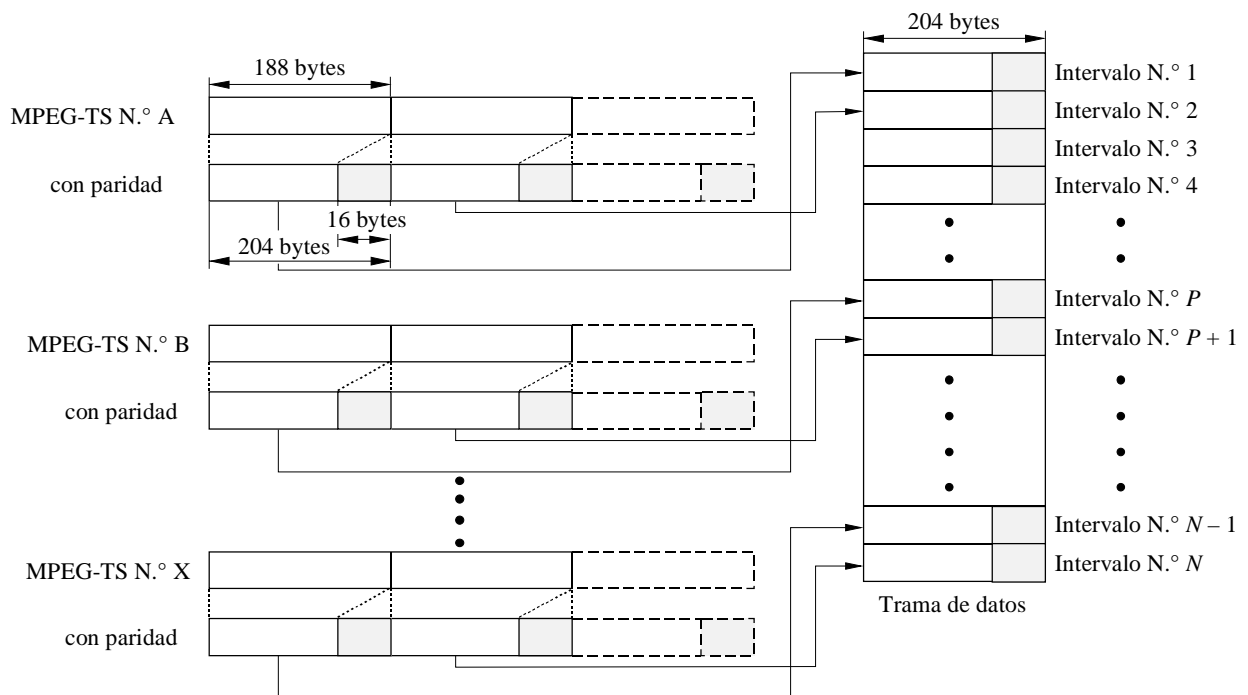
El código RS abreviado puede obtenerse añadiendo 51 bytes, puestos todos en 0, antes de los bytes de información, a la entrada de un codificador RS (255,239). Tras el procedimiento de codificación RS, estos bytes nulos se descartan.

3 Combinador de transporte

3.1 Estructura de formación de trama

Para combinar los TS, los paquetes de 204 bytes protegidos contra errores se asignarán a «intervalos» en una «trama de datos», tal como se representa en la Fig. 2. El intervalo indica la posición absoluta en la trama de datos y se utiliza como unidad que designa el esquema de modulación y la identificación MPEG-TS. El tamaño del intervalo (el número de bytes en un intervalo) será de 204 bytes para mantener la correspondencia unívoca entre los intervalos y los paquetes protegidos contra errores. La trama de datos estará compuesta de N intervalos.

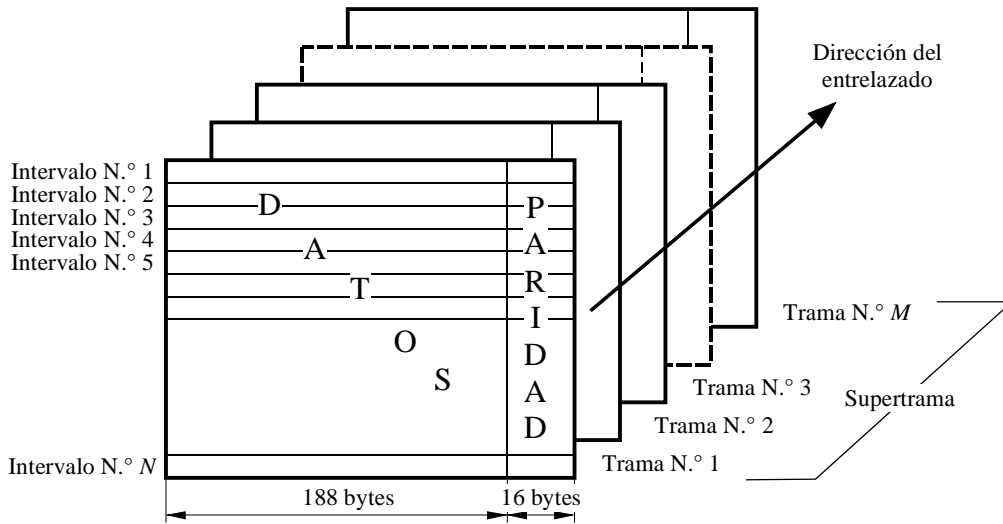
FIGURA 2
Estructura de la trama



1408-02

Se introduce una supertrama para realizar fácilmente el entrelazado. La Fig. 3 muestra la estructura de dicha supertrama. Esta supertrama se compondrá de M tramas, correspondiendo M a la profundidad del entrelazado.

FIGURA 3
Estructura de la supertrama



1408-03

3.2 Asignación de intervalos

Como la eficacia espectral o el número de bits transmisibles por símbolo varían con la combinación de la modulación y la velocidad del código interior, el número de paquetes que se transmite depende de dicha combinación. Como el número de símbolos que se han de modular con un esquema particular de modulación debe ser un valor entero, la relación entre el número de paquetes transmitidos y el número de símbolos para la modulación viene dada por la ecuación (1).

$$I_k = \frac{8 B P_k}{E_k} \quad (1)$$

siendo:

$I_k P_k$: enteros

I_k : número de símbolos transmitidos con la combinación k -ésima del esquema de modulación y de la velocidad del código interior

P_k : número de paquetes transmitidos con la combinación k -ésima del esquema de modulación y de la velocidad del código interior

E_k : eficacia espectral de la combinación k -ésima del esquema de modulación y de la velocidad del código interior

B : número de bytes por paquete (=204).

El número de símbolos por trama de datos, I_D , se expresa por la ecuación (2).

$$I_D = \sum_k I_k \quad (2)$$

El número de paquetes transmitidos durante una trama se hace máximo cuando todos los paquetes están modulados por la combinación de modulación-código que presente la eficacia espectral máxima entre las combinaciones posibles del sistema. Por tanto, el número de intervalos que permite el sistema se obtiene sustituyendo I_D y $E_{m\acute{a}x}$ en la ecuación (1).

$$N = \frac{I_D E_{m\acute{a}x}}{8 B} \quad (3)$$

donde N es el número de intervalos que ofrece el sistema y $E_{m\acute{a}x}$ es la eficacia máxima del espectro de las combinaciones modulación-código que ofrece el sistema.

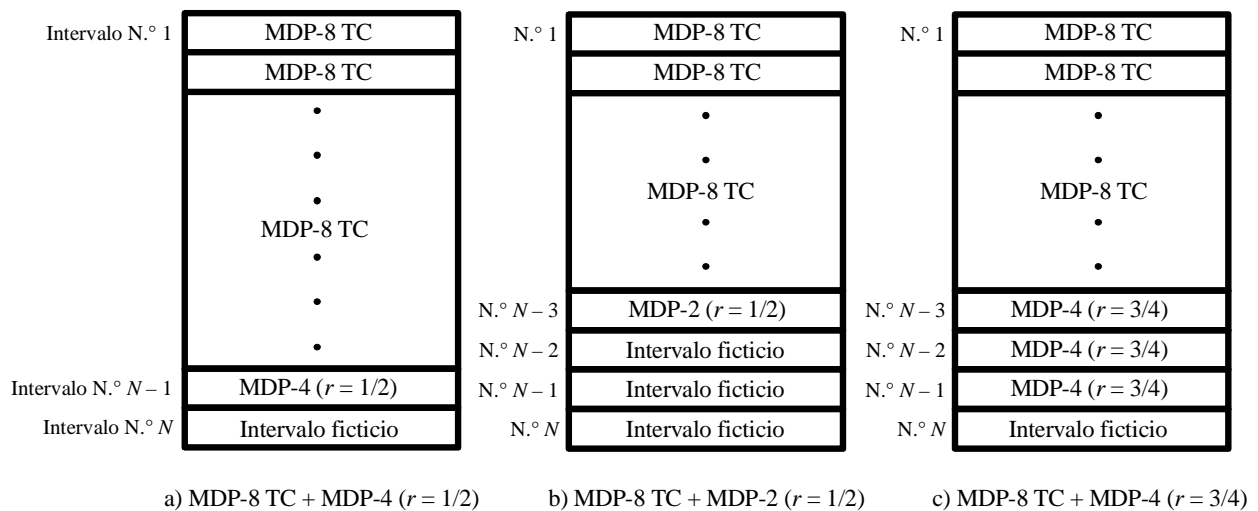
Cuando se utilizan las combinaciones modulación-código que no tienen la máxima eficacia espectral, el número de paquetes que se transmiten es inferior al número de intervalos que ofrece el sistema. En este caso, algunos de los intervalos se rellenarán con datos ficticios para mantener constante el tamaño de la trama (el número de intervalos en una trama). Estos intervalos se denominan «intervalos ficticios». El número de intervalos ficticios, S_d , en una trama se obtiene mediante la ecuación (4).

$$S_d = N - \sum_k P_k \quad (4)$$

Si se utilizan múltiples esquemas de modulación simultáneamente, es decir, cuando parte de los intervalos de una trama están modulados por una combinación particular de modulación-código, mientras que el resto de los intervalos están modulados por otras combinaciones, los datos irán modulados por un esquema que va desde el de eficacia espectral máxima al de eficacia espectral mínima, entre las combinaciones que realmente se utilicen. Dicho de otra manera, los paquetes transmitidos con combinaciones de eficacia superior se asignan a los intervalos con numeración inferior en una trama. Este orden de modulación da el valor mínimo de la proporción de bits erróneos (BER) tras la decodificación del código convolucional en una recepción con relación C/N reducida.

La Fig. 4 muestra algunos ejemplos de asignación de intervalos cuando se utiliza la MDP-4 ($r = 1/2$; r es la velocidad del código), MDP-2 ($r = 1/2$) y MDP-4 ($r = 3/4$), respectivamente con MDP-8 con código reticular (TC, *trellis coded*) (MDP-8 TC) ($r = 2/3$). En los ejemplos, se supone que la MDP-8 TC ($r = 2/3$) es la combinación con la eficacia espectral máxima del sistema. Como la eficacia espectral de la MDP-4 ($r = 1/2$) es la mitad de la de la MDP-8 TC, se inserta un intervalo ficticio (Fig. 4a)); como la eficacia espectral de la MDP-2 ($r = 1/2$) es un cuarto de la de la MDP-8 TC, se insertan tres intervalos ficticios (Fig. 4b)); y como la eficacia espectral de la MDP-4 ($r = 3/4$) es 3/4 de la de la MDP-8 TC, se inserta un intervalo ficticio para cada tres intervalos activos (Fig. 4c)).

FIGURA 4
Ejemplos de asignación de intervalos

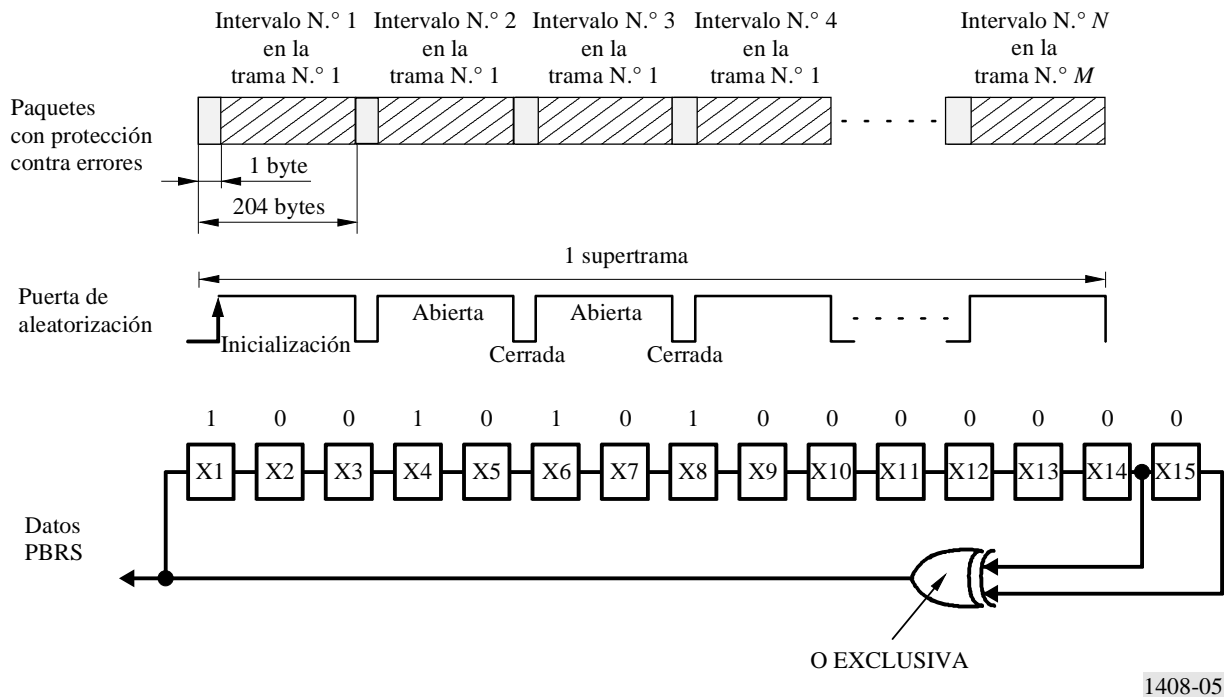


1408-04

4 Aleatorización para la dispersión de energía en la señal principal

Para cumplir con el Reglamento de Radiocomunicaciones de la UIT y lograr transiciones binarias adecuadas, los datos de la trama deben aleatorizarse según la configuración que se representa en la Fig. 5.

FIGURA 5
Diagrama del aleatorizador



1408-05

El polinomio para el generador de secuencia binaria pseudoaleatoria (PRBS, *pseudo random binary sequence*) será:

$$1 + x^{14} + x^{15}$$

La carga de la secuencia «100101010000000» en los registros PRBS tal como se indica en la Fig. 5 se iniciará en el segundo byte de cada supertrama. El primer bit de la salida del generador PRBS se aplicará al primer bit (es decir, el más significativo (MSB)) del segundo byte del intervalo N.º 1 en la trama N.º 1. La secuencia pseudoaleatoria se añadirá a los datos excepto en el primer byte (byte de sincronismo MPEG) de cada intervalo.

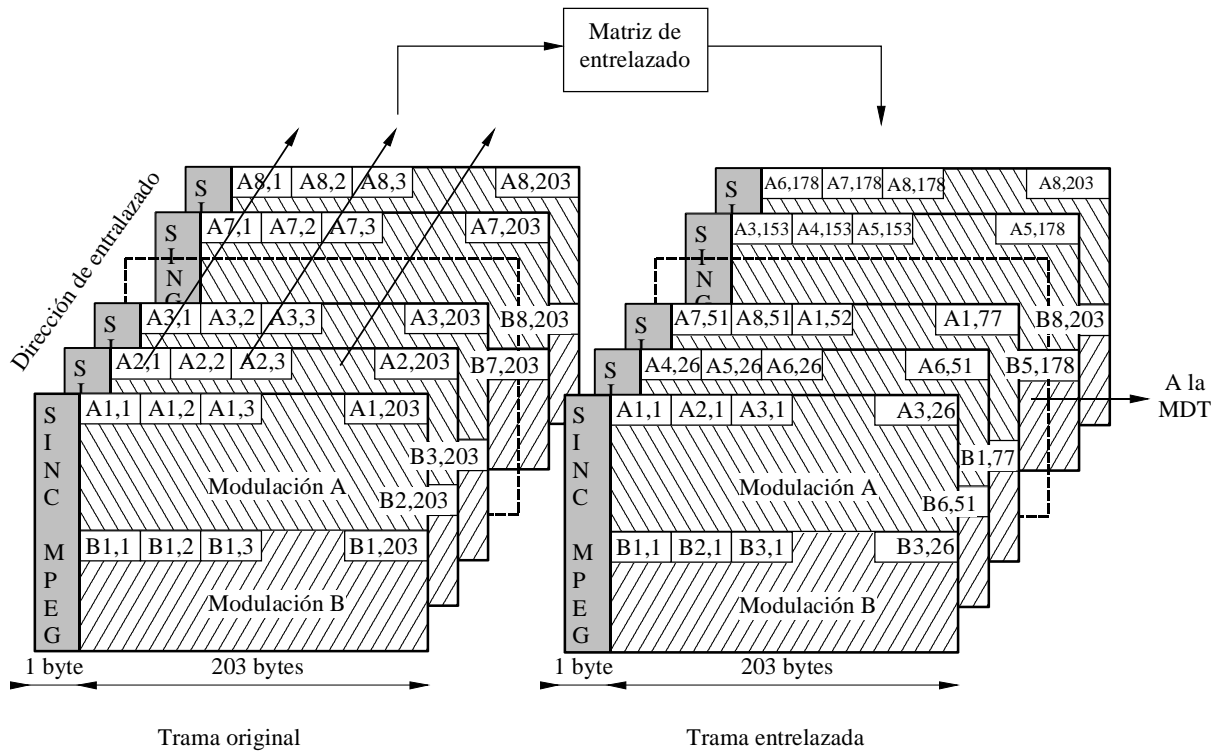
5 Entrelazado en la señal principal

Se aplicará a los datos aleatorizados un entrelazado de bloque intertrama con una profundidad M , tal como se representa en la Fig. 6. La asignación de intervalos para cada trama será idéntica en toda la supertrama lo que hará que los datos queden entrelazados únicamente entre los transmitidos con la misma combinación modulación-código. El entrelazado se aplicará exceptuando el primer byte (byte de sincronismo MPEG) de cada intervalo.

La Fig. 6 ilustra un ejemplo de entrelazado en el que la profundidad es de 8 (es decir, la supertrama consta de 8 tramas) y se utilizan dos clases de combinaciones modulación-código. Los datos de la trama original se leen en el sentido intertrama, es decir en el orden de $A_{1,1}, A_{2,1}, A_{3,1}, \dots$, siendo $A_{i,j}$ los datos del byte en el intervalo j -ésimo de la trama i -ésima, para formar la trama entrelazada. Los datos en la trama entrelazada se leen en el sentido del byte (horizontalmente) y se aplican al multiplexor MDT.

No es necesario transmitir el primer byte de cada paquete (la palabra del sincronismo MPEG de 47_h) porque las referencias de temporización (palabras de sincronismo de trama) son enviadas por la señal TMCC. Las palabras de sincronismo MPEG omitidas tienen que recuperarse en el receptor para realizar adecuadamente la decodificación exterior. Obsérvese que en este caso, el término B de las ecuaciones (1) y (3) debe adoptar el valor 203 a fin de que se cumpla la ecuación.

FIGURA 6
Esquema conceptual del entrelazado



1408-06

6 Señal TMCC

La señal TMCC cursará la información siguiente:

- combinación modulación-código para cada intervalo;
- identificación MPEG-TS para cada intervalo; y
- otras (por ejemplo, orden de cambio, bit de bandera para la radiodifusión de alertas de emergencia).

La información TMCC se transmitirá antes de la señal principal porque ésta no puede demodularse sin la información TMCC. El intervalo mínimo para la renovación de la información TMCC será la duración de una supertrama. Los receptores decodificarán principalmente la información TMCC en cada supertrama. La señal TMCC llevará referencias de temporización además de la información mencionada.

6.1 Codificación de la información TMCC

La información que va en la señal TMCC llevará el formato que se indica en la Fig. 7. A continuación se indican los detalles de cada elemento.

FIGURA 7
Formato de la información TMCC

Orden de cambio	Combinación modulación-código para cada intervalo	Identificación relativa del TS para cada intervalo	Cuadro de correspondencia entre la identificación (ID) del TS (TS_ID) y la ID de MPEG-TS (MPEG TS_ID)	Otras informaciones
-----------------	---	--	---	---------------------

1408-07

6.1.1 Orden de cambio

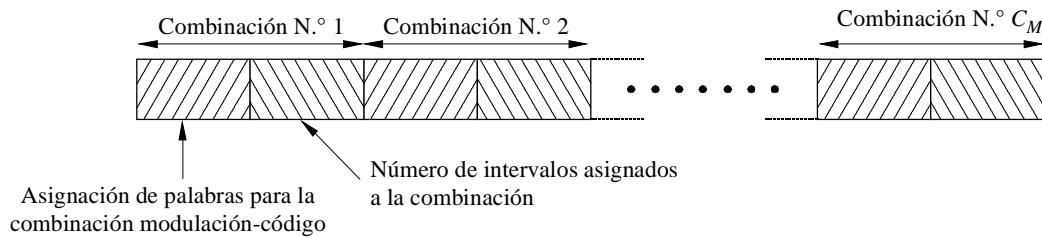
La orden de cambio es un número de 5 bits que indica la renovación de la información TMCC. Se incrementará cada vez que se renueva la TMCC. El receptor puede detectar únicamente los bits y puede decodificar la información TMCC únicamente cuando los bits cambian. La utilización de la orden de cambio se define opcionalmente por el sistema.

6.1.2 Información de combinación modulación-código

Esta información representa las combinaciones del esquema de modulación y de la velocidad del código convolucional para cada intervalo. A fin de reducir los bits de transmisión correspondientes a esta información, se codificará la información en el formato que representa la Fig. 8. El número máximo de combinaciones modulación-código, C_M , que se utiliza simultáneamente será definido por el sistema, teniendo en cuenta los requisitos de servicio. La asignación de palabras para la combinación modulación-código será la que se define en el Cuadro 1. Cuando el número de combinaciones modulación-código utilizadas sea inferior al número máximo especificado por el sistema, se aplicará la palabra «1111» al resto de las combinaciones y el número de intervalos asignados se pondrá en cero.

FIGURA 8

Formato de codificación para la información de combinación modulación-código



Nota 1 - El orden de las combinaciones será el que se define en el § 3.2, es decir, desde la combinación más eficaz a la menos eficaz.

1408-08

CUADRO 1

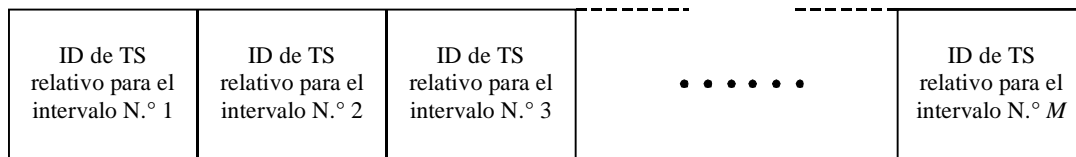
Asignación de palabras para la combinación modulación-código

Palabra	Combinación modulación-código
0000	Reservada
0001	MDP-2 ($r = 1/2$)
0010	MDP-4 ($r = 1/2$)
0011	MDP-4 ($r = 2/3$)
0100	MDP-4 ($r = 3/4$)
0101	MDP-4 ($r = 5/6$)
0110	MDP-4 ($r = 7/8$)
0111	MDP-8 TC ($r = 2/3$)
1000-1110	Reservada
1111	Ficticia

6.1.3 Identificación del TS

En lugar de transmitir una ID de MPEG-TS (MPEG TS_ID) (16 bits) para cada intervalo, se emplea una combinación de identificaciones de TS relativo que identifican únicamente los TS que se transmiten y la tabla de correspondencia entre estas dos clases de ID. Con ello se reducen los bits de transmisión. Las ID de TS relativo para cada intervalo se transmitirán secuencialmente a partir del intervalo N.º 1. El número máximo de TS transmitidos simultáneamente, T_M , se definirá en el sistema.

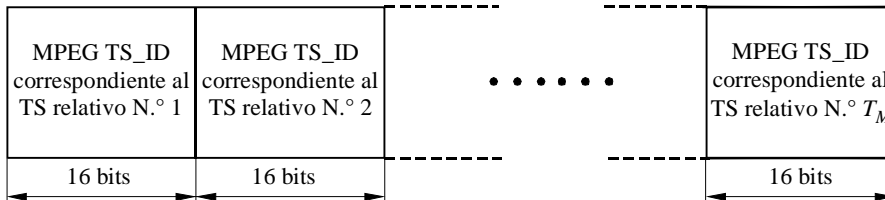
FIGURA 9
Disposición de los datos de la información de ID de TS relativo



1408-09

El cuadro de correspondencia constará de un grupo de números de 16 bits que representan cada MPEG TS_ID. Los números estarán dispuestos a partir del ID de TS relativo 0 a T_M .

FIGURA 10
Disposición de los datos del cuadro de correspondencia



1408-10

6.1.4 Otras informaciones

El formato de codificación para las otras informaciones será definido adecuadamente por el sistema.

6.2 Codificación exterior para la información TMCC

Como la información TMCC es indispensable para la demodulación en los receptores, la señal TMCC debe estar protegida con un nivel de corrección de errores en recepción sin canal de retorno (FEC) superior al de la FEC utilizada para la señal principal. Por el mismo motivo, dicha información se transmitirá con la combinación modulación-código que tenga mayor resistencia al ruido de transmisión.

6.3 Referencias de temporización

Hay dos clases de referencias de temporización, a saber, la palabra de sincronismo de trama que indica el inicio de cada una de ellas y las palabras de identificación de trama que identifican la primera (trama N.º 1). Estas palabras se transmitirán en cada trama.

Tras dividir los datos TMCC con codificación exterior en M bloques (donde M es el número de tramas en una supertrama), las palabras de sincronismo se insertarán en cada bloque, tal como se representa en la Fig. 11. La palabra de sincronismo W1 se insertará al principio de cada bloque. La palabra W2 se insertará al final del bloque que se transmite

en la primera trama, mientras que la palabra W3 se insertará al final de los bloques restantes. Las palabras W1, W2 y W3 estarán compuestas de 2 bytes. La W1 será 1B95_h, la W2 será A340_h y la W3 será 5CBF_h (la W3 se obtiene invirtiendo los bits de la W2).

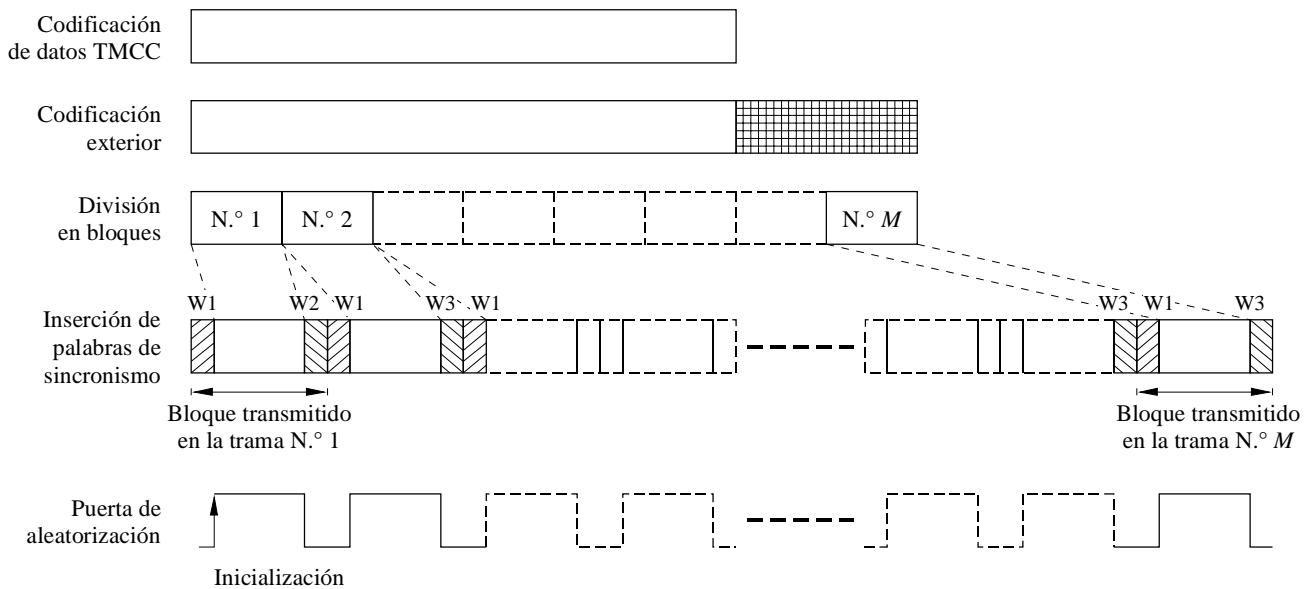
Obsérvese que los primeros 6 bits de las palabras cambiarán con la información de carga útil (contenido de la señal principal y/o de la señal TMCC) debido a la codificación convolucional (longitud restringida a 7), que se aplica a la señal TMCC en la etapa del proceso siguiente. Dicho de otra manera, los primeros 6 bits de la palabra se utilizan como bits de terminación del código convolucional. En consecuencia, el esquema binario único de la palabra de sincronización tiene 10 bits de los 16 bits de la palabra original.

6.4 Codificación del canal para la TMCC

La señal TMCC se aleatorizará para revisar la dispersión de energía. El polinomio del generador PRBS será el mismo que el de la señal principal. La secuencia pseudoaleatoria se iniciará en el tercer byte (inmediatamente después de la palabra de sincronismo) del primer bloque. El primer bit de la salida del generador se aplicará al primer bit (es decir, MSB) del tercer byte del primer bloque. La secuencia pseudoaleatoria se añadirá a los datos, excepto en las palabras de referencia de temporización.

Los procesos de entrelazado pueden no ser necesarios para señales TMCC compuestas de un pequeño número de bits, porque el efecto de entrelazado es limitado. Debe especificarse, si es necesario un proceso adecuado de entrelazado.

FIGURA 11
Generación de la señal TMCC



1408-11

7 Señal de ráfaga

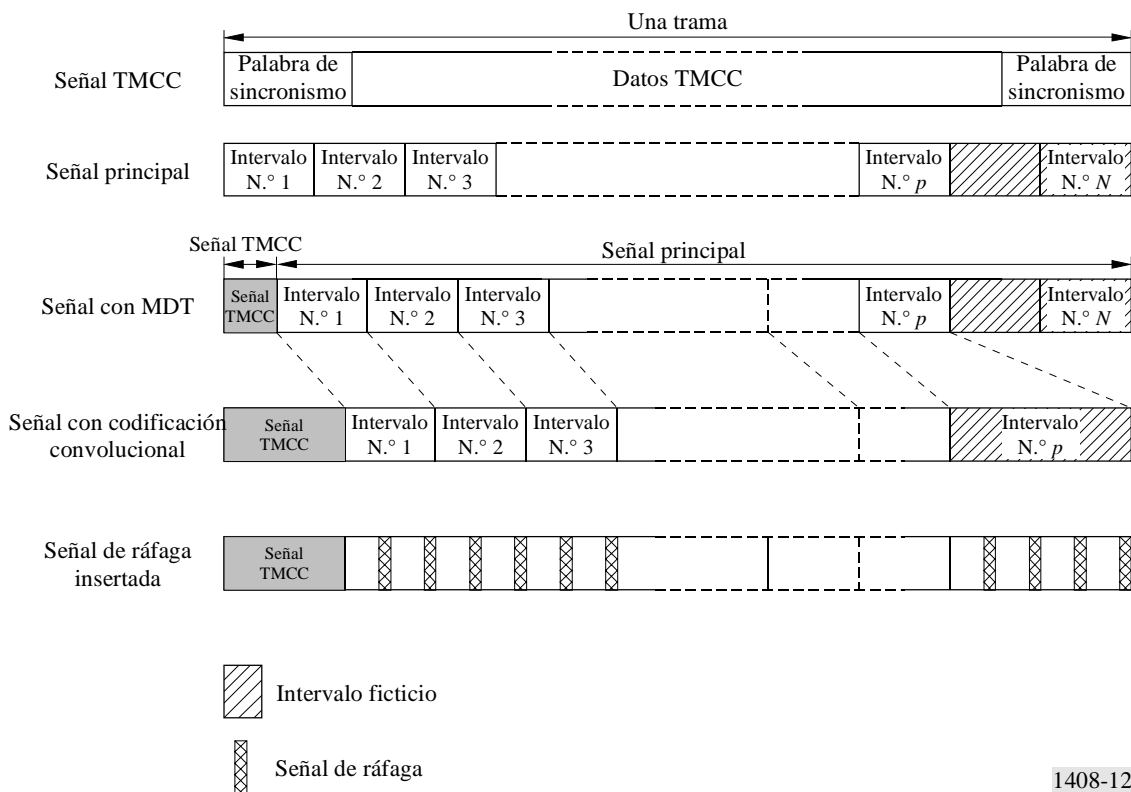
Para mantener un intervalo constante entre las ráfagas sucesivas a lo largo de la trama (véase la Fig. 12), la señal de ráfaga se insertará cada 204 símbolos de la señal principal con codificación convolucional. Obsérvese que la ráfaga se insertará cada 203 símbolos cuando las palabras de sincronismo MPEG no se transmitan (véase el § 5). La duración de la ráfaga será de 4 símbolos. Los datos para la ráfaga que va antes de la modulación se aleatorizarán con una secuencia aleatoria adecuada a fin de lograr la dispersión de energía. El esquema de modulación para la señal de ráfaga será el mismo que el que se aplica a la señal TMCC (el esquema más resistente al ruido de transmisión).

Cuando la recuperación de la portadora en el receptor se efectúa únicamente a partir de señales de ráfaga, la portadora recuperada no siempre se engancha a la frecuencia adecuada. Este problema (falso enganche del bucle de enganche de fase) puede resolverse utilizando la señal de transmisión durante el intervalo de la TMCC, además de la señal de ráfaga (cuando el bucle de enganche de fase tiene un enganche falso, el número de ciclos de la portadora recuperada en un intervalo de TMCC será distinto del número correcto, y a partir de ahí, el bucle de enganche de fase puede controlarse por la diferencia del número de ciclos).

8 MDT

La señal principal y la señal TMCC irán multiplexadas por división en el tiempo en cada trama. Conforme a las combinaciones modulación-código definidas para cada intervalo, la base temporal de la señal multiplexada se expande y comprime parcialmente (sobre la base del intervalo) debido al proceso de codificación convolucional. Mediante esta operación, los intervalos ficticios que vayan incluidos en la señal principal se excluirán de la señal de transmisión. La Fig. 12 ilustra los procesos de integración conceptual de las señales principal, TMCC y de ráfaga para formar la señal de transmisión.

FIGURA 12
Integración de las señales principal, TMCC y de ráfaga



9 Codificación interior, correspondencia de símbolos y modulación

El sistema permitirá aplicar diversos esquemas de modulación, así como varios códigos convolucionales perforados sobre la base de un código convolucional de velocidad 1/2 con una restricción de longitud de 7. El polinomio generador será 171 octal y 133 octal (véase la Fig. 13). Puede permitir la utilización de la MDP-8 (MDP-8 TC), la MDP-4 y la MDP-2 con codificación de retícula. Aceptando estos esquemas de modulación, el sistema permitirá aplicar una velocidad de código de 2/3 para la MDP-8 TC y las velocidades de código de 1/2, 2/3, 3/4, 5/6 y 7/8 para la MDP-4 y 1/2 para MDP-2.

La Fig. 13 muestra el codificador convolucional y la Fig. 14 los circuitos de perforación y de correspondencia de símbolos. Los códigos perforados serán los que se definen en el Cuadro 2. La correspondencia de símbolos será la especificada en la Fig. 15. En relación con la MDP-2, los dos bits codificados (P0 y P1) se transmitirán en el orden de P1 y P0. El bit de entrada B1 se utilizará únicamente en el caso de la MDP-8 TC, siendo B1 y B0 dos bits sucesivos de un bit de datos (B1 representa el bit de orden superior).

Para las modulaciones y códigos convolucionales distintos de los descritos, deben aplicarse las especificaciones adecuadas.

FIGURA 13
Codificador convolucional

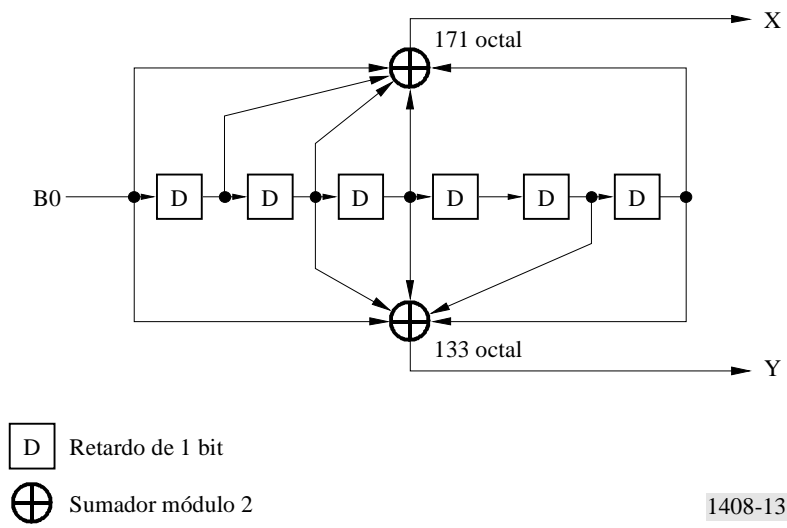
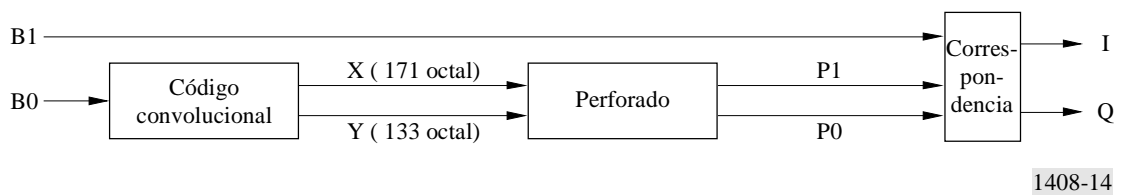


FIGURA 14
Circuitos de codificación interior y de correspondencia de símbolos



CUADRO 2

Definición del código perforado

MDP-2		MDP-4										MDP-8 TC	
1/2		1/2		2/3		3/4		5/6		7/8		2/3	
<i>P</i>	<i>d_{libre}</i>	<i>P</i>	<i>d_{libre}</i>	<i>P</i>	<i>d_{libre}</i>	<i>P</i>	<i>d_{libre}</i>	<i>P</i>	<i>d_{libre}</i>	<i>P</i>	<i>d_{libre}</i>	<i>P</i>	<i>d_{libre}</i>
<i>X</i> = 1		<i>X</i> = 1		<i>X</i> = 10		<i>X</i> = 101		<i>X</i> = 10101		<i>X</i> = 1000101		<i>X</i> = 1	
<i>Y</i> = 1	10	<i>Y</i> = 1	10	<i>Y</i> = 11	6	<i>Y</i> = 110	5	<i>Y</i> = 11010	4	<i>Y</i> = 1111010	3	<i>Y</i> = 1	10
<i>P1</i> = <i>X</i> ₁		<i>P1</i> = <i>X</i> ₁		<i>P1</i> = <i>X</i> ₁ <i>Y</i> ₂ <i>Y</i> ₃		<i>P1</i> = <i>X</i> ₁ <i>Y</i> ₂		<i>P1</i> = <i>X</i> ₁ <i>Y</i> ₂ <i>Y</i> ₄		<i>P1</i> = <i>X</i> ₁ <i>Y</i> ₂ <i>Y</i> ₄ <i>Y</i> ₆		<i>P1</i> = <i>X</i> ₁	
<i>P0</i> = <i>Y</i> ₁		<i>P0</i> = <i>Y</i> ₁		<i>P0</i> = <i>Y</i> ₁ <i>X</i> ₃ <i>Y</i> ₄		<i>P0</i> = <i>Y</i> ₁ <i>X</i> ₃		<i>P0</i> = <i>Y</i> ₁ <i>X</i> ₃ <i>X</i> ₅		<i>P0</i> = <i>Y</i> ₁ <i>Y</i> ₃ <i>X</i> ₅ <i>X</i> ₇		<i>P0</i> = <i>Y</i> ₁	

1: bit transmitido

0: bit no transmitido

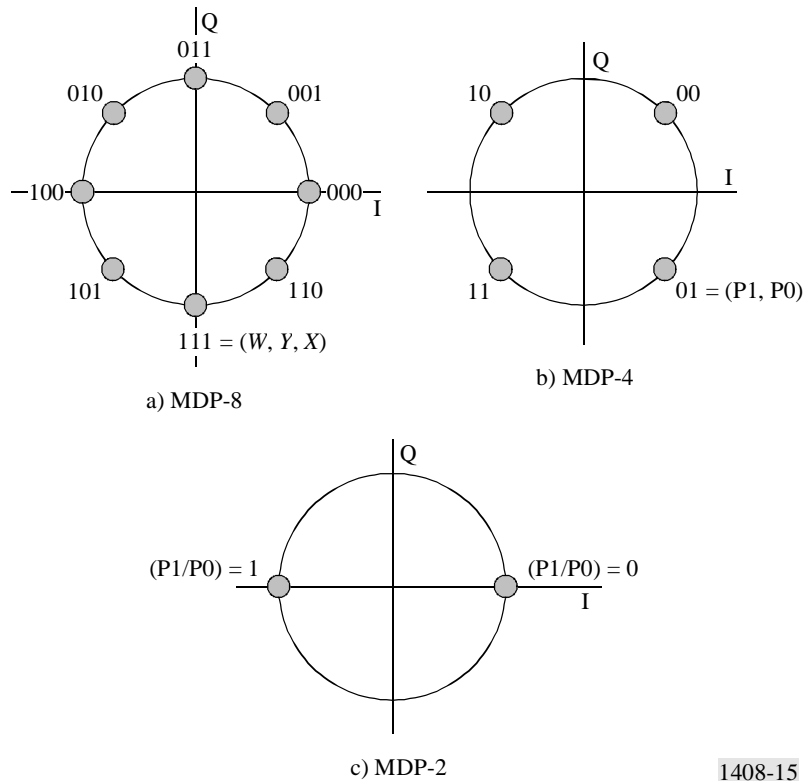
P: perforación

d_{libre}: distancia libre del código convolucional

NOTA 1 – El código perforado se inicializa al principio de los intervalos sucesivos asignados al código correspondiente.

FIGURA 15

Correspondencia de símbolos



Antes de la modulación, las señales I y Q se pasarán por un filtro en raíz cuadrada del coseno exponencial para la conformación espectral. El factor de caída será 0,35. El filtro en raíz cuadrada de coseno exponencial de banda de base tendrá una función teórica definida por la expresión siguiente:

$$\begin{aligned}
 H(f) &= 1 && \text{para} && |f| < f_N(1 - \alpha) \\
 H(f) &= \left\{ \frac{1}{2} + \frac{1}{2} \operatorname{sen} \frac{\pi}{2f_N} \left[\frac{f_N - |f|}{\alpha} \right]^{1/2} \right\} && \text{para} && f_N(1 - \alpha) \leq |f| \leq f_N(1 + \alpha) \\
 H(f) &= 0 && \text{para} && |f| > f_N(1 + \alpha)
 \end{aligned}$$

donde:

f_N : frecuencia de Nyquist

α : factor de caída = 0,35.

APÉNDICE 1

AL ANEXO 1

Parámetros del sistema que utiliza modulación MDP-8 TC

CUADRO 3

Parámetros del sistema

Punto	Parámetro	Notación	Valor	Observaciones
1	Número de intervalos por trama	N	48	
2	Número de tramas por supertrama	M	8	
3	Número de bytes por intervalo durante la transmisión	B	203	Las palabras de sincronismo MPEG no se transmiten
4	Número de símbolos por trama de datos	I_D	38 976	Para la señal principal únicamente
5	Número de símbolos por trama		39 936	Incluyendo la TMCC y la ráfaga
6	Número de combinaciones modulación-código		7	MDP-8 TC ($r = 2/3$) MDP-4 ($r = 1/2$) MDP-4 ($r = 2/3$) MDP-4 ($r = 3/4$) MDP-4 ($r = 5/6$) MDP-4 ($r = 7/8$) MDP-2 ($r = 1/2$)
7	Combinación modulación-código de la Eficacia máxima del espectro	$E_{m\acute{a}x}$	2	(bits/símbolo)
8	Número máximo de combinaciones modulación-código utilizadas simultáneamente	C_M	4	
9	Número máximo de TS transmitidos simultáneamente	T_M	8	
10	Codificación exterior para la TMCC			RS (64,48)
11	Entrelazado para la TMCC			No se aplica
12	Otras informaciones para la TMCC			Orden de cambio 5 bits Bandera para alerta de emergencia 1 bit Información de enlace ascendente 4 bits Reserva 62 bits
13	Bits totales de la información TMCC		384	

CUADRO 4

Velocidades binarias de carga útil para las diversas anchuras de banda de RF

Anchura de banda ⁽¹⁾ (MHz)	Velocidad de símbolos (MBd)	Velocidades binarias de MPEG-TS (Mbit/s) ⁽²⁾						
		MDP-2 ($r = 1/2$)	MDP-4					MDP-8 TC ($r = 2/3$)
			($r = 1/2$)	($r = 2/3$)	($r = 3/4$)	($r = 5/6$)	($r = 7/8$)	
36	30,1	13,6	27,2	36,3	40,8	45,4	47,6	54,4
34,5	28,9	13,0	26,1	34,8	39,1	43,5	45,6	52,2
33	27,6	12,5	25,0	33,3	37,4	41,6	43,7	49,9
30	25,1	11,6	23,1	30,1	34,7	38,5	40,5	46,3
27	22,6	10,2	20,4	27,2	30,6	34,0	35,7	40,8
24	20,1	9,1	18,1	24,2	27,2	30,2	31,8	36,3

⁽¹⁾ Los valores expresan la anchura de banda ocupada (99% de la energía) suponiendo que el tubo de ondas progresivas tiene características típicas no lineales y una anchura de banda del filtro de RF (-3 dB) que es 1,3 veces la velocidad de símbolos.

⁽²⁾ Los valores expresan velocidades binarias de carga útil cuando la combinación modulación-código designada se aplica a todos los intervalos.