

INFORME UIT-R BO.1227-2

**SISTEMAS DE RADIODIFUSIÓN POR SATÉLITE PARA RADIODIFUSIÓN
DIGITAL DE SERVICIOS INTEGRADOS**

(Cuestiones UIT-R 101/10 y UIT-R 101/11)

(1990-1994-1998)

1 Introducción

Los avances de la tecnología digital tales como multimedios y televisión digital ha hecho que el público se acostumbre cada vez más a utilizar dispositivos digitales de alta calidad, fiables y de fácil manejo. Como era de esperar, esto incitó también a los consumidores a sacar provecho de las ventajas que ofrece la digitalización de la radiodifusión. La radiodifusión digital de servicios integrados (RDDSI) permite la transmisión de varios tipos de información, codificada digitalmente e integrada sistemáticamente en un solo canal digital de radiodifusión.

El presente Informe presenta el concepto básico y las consideraciones técnicas del sistema de RDDSI.

2 Concepto del sistema RDDSI

En el sistema RDDSI se codifican digitalmente, se integran sistemáticamente y se transmiten por un solo canal digital de radiodifusión diversos tipos de información tales como vídeo, audio, teletexto, imágenes fijas, facsímil, programas de ordenador e incluso señales de televisión de alta definición (TVAD). La digitalización en el sistema de RDDSI, no sólo hace posible que las transmisiones sean de alta calidad sino que con ello se obtiene una mayor flexibilidad y eficacia de funcionamiento. También permite ofrecer servicios multimedios y simplifica tanto la selección de la información como el acceso del usuario a la misma.

Algún día podrían incorporarse a la RDDSI casi todos los tipos de servicios de radiodifusión utilizados hoy en día o en fase de desarrollo.

3 Funciones básicas

Es conveniente que la RDDSI tenga las siguientes funciones:

3.1 Flexibilidad

- Debe ser posible multiplexar en el mismo canal de transmisión muchos tipos de señales, desde señales de vídeo de alta velocidad a señales de datos de baja velocidad, así como una combinación de las mismas.
- Deben poder transmitirse diversas señales de servicio con una amplia gama de velocidades de transmisión.
- Debe poderse disponer con total libertad de la organización del servicio.
- Las señales deben poder multiplexarse basándose en sus prioridades.
- En cada receptor debe poder seleccionarse el grado de calidad de servicio.

3.2 Capacidad de expansión

- Deben poder introducirse fácilmente nuevos servicios en el futuro.
- Los nuevos organismos de radiodifusión deben poder tomar parte con facilidad en las actividades comerciales de radiodifusión.

3.3 Interfuncionamiento

- Debe ser posible realizar fácilmente una transcodificación entre los diversos sistemas de radiodifusión digital.
- No debe presentar problemas la interconexión con otros sistemas tales como el sistema de comunicación, los medios de transmisión por paquetes o los sistemas informáticos.
- El método múltiple debe aplicarse a diversos canales de transmisión con una capacidad de transmisión muy amplia.

3.4 Características de la emisión

- Debe obtenerse una emisión eficaz.
- Debe lograrse una buena calidad de emisión que se traduzca en una inmunidad frente a errores en el canal.
- Debe regenerarse una sincronización estable.
- Tras una interrupción el tiempo de restauración debe ser breve.
- Las señales deben transmitirse con el mínimo retardo.

3.5 Recepción

- Los programas deben ser fácilmente seleccionables.
- Deben poderse multiplexar y demultiplexar los servicios fácilmente.
- Los componentes de la señal deben poder presentarse de forma síncrona entre sí.
- Deben poder establecerse enlaces entre los servicios o los componentes de la señal.
- Debe poder reducirse el tiempo de espera tras la selección de canal.
- Debe disponerse de un receptor común para todos los medios de transmisión.

3.6 Acceso condicional

- Debe poder introducirse una amplia gama de aplicaciones que requieran acceso condicional.

3.7 Otros requisitos

- Los costes de explotación para los organismos de radiodifusión deben ser reducidos.
- La circuitería del receptor debe ser sencilla y de bajo coste.

4 Consideraciones técnicas

4.1 Aspectos relativos a la emisión

La utilización de un satélite de radiodifusión directa se considera un medio eficaz para la RDDSI. El servicio requiere un canal de banda ancha y actualmente casi todas las frecuencias de radiodifusión terrenal están ocupadas en algunas zonas. Los satélites de radiodifusión también permitirían alcanzar más eficazmente el objetivo de la RDDSI, es decir, proporcionar de forma económica servicios fiables y de gran calidad en zonas geográficas extensas.

En los Anexos 1 y 2 se describen un sistema de transmisión para la RDDSI por satélite y los resultados de las mediciones experimentales de este sistema efectuadas por Japón. En el Anexo 3 se presenta una comparación entre sistemas de transmisión de programas múltiples digitales y el sistema RDDSI.

4.2 Marco del sistema de transporte de la RDDSI

Para satisfacer las funciones mencionadas en el § 3, conviene que los métodos de transporte del servicio para la RDDSI tengan las siguientes funciones:

- Multiplexión de una cierta variedad de señales de vídeo o audio digitalizadas y diversos tipos de datos, de forma que las señales se transmitan por un solo canal y se reciban por separado en el receptor.
- De forma opcional, codificación para corrección de errores en las señales transmitidas por los diversos tipos de canales de forma que puedan recibirse correctamente bajo diversas condiciones de recepción, tales como interferencia o ruido muy acusado.
- Modulación de las señales digitales, integradas en un solo tren binario que incluye los códigos de corrección de errores, mediante métodos de multiplexión y utilizando los medios de transmisión y modulación adecuados basados en las características de cada canal de transmisión.
- Introducción de sistemas de acceso condicional que puedan aplicarse a cada uno de los diversos tipos de señales digitales utilizando los sistemas de acceso condicional apropiados.
- Método de acceso de datos para el método de transporte indicado anteriormente que permita una fácil recepción del servicio o programa deseados en el extremo de recepción.

4.3 Métodos de múltiplex de servicio

Existen básicamente dos métodos de múltiplex de servicio: transmisión estructurada y transmisión por paquetes.

4.3.1 Método de transmisión estructurada

En el método de transmisión estructurada los datos correspondientes a cada servicio se sitúan en posiciones fijas dentro de la trama de transmisión. Este método tiene las siguientes características:

- permite la transmisión óptima de cada servicio asignándole a una posición y zona determinada en la trama correspondiente, de acuerdo con la velocidad de transmisión requerida;
- los datos deseados pueden separarse con facilidad puesto que se pueden identificar basándose en su posición dentro de la trama;
- la eficacia de la transmisión es elevada si la velocidad de transmisión de cada servicio es constante;
- tiene poca capacidad de expansión puesto que es difícil incorporar nuevos servicios una vez especificado el sistema.

4.3.2 Método de transmisión por paquetes

Un paquete consta de un encabezamiento y un campo de datos para cada servicio en particular. El encabezamiento señala los atributos de datos. En el método de transmisión por paquetes, éstos se sitúan arbitrariamente en la trama de transmisión. Este método tiene las siguientes características:

- pueden especificarse diversos servicios con un protocolo de transmisión común y pueden tratarse de la misma forma;
- exige un procesamiento de separación de datos para seleccionar los paquetes deseados procedentes de todos los paquetes transmitidos;
- la eficacia de transmisión es elevada porque permite la transmisión óptima de servicios de distintas velocidades binarias, compensando de esa forma la tara ligeramente superior debida a la presencia de los encabezamientos de paquetes;
- pueden incorporarse fácilmente nuevos servicios, lo que significa que proporciona una gran flexibilidad y capacidad de expansión.

Para lograr inmunización frente a los errores de transmisión, los datos transmitidos deben construirse en la trama de transmisión que tiene periodicidad. La trama debe contar con un código de sincronización de trama de longitud suficiente para regenerar de manera rápida y fiable la sincronización. La profundidad de entrelazado, el método de aleatorización de las señales de transmisión y los esquemas para la corrección de errores deben determinarse basándose en los requisitos de cada sistema y en las características del canal de transmisión.

4.4 Función de identificación de la información

La RDDSI hace posible integrar y transmitir una amplia variedad de servicios.

Estas características destacan la importancia de las capacidades de identificación e indexación que permitirán al usuario fácilmente recibir, seleccionar, utilizar directamente o almacenar automáticamente y recuperar la información requerida.

4.5 Otros aspectos

Cabe esperar que se estudien otros aspectos para combinarlos de manera óptima en el desarrollo de la RDDSI. A saber:

- codificación de fuente;
- codificación de canal;
- modulación digital;
- acceso condicional; y
- concepto de receptor universal.

5 Conclusiones

Cabe esperar que la RDDSI pueda incluir diversos servicios tales como multimedios, televisión multicanal y TVAD. Debe estudiarse un modelo práctico y bien organizado para la realización de los futuros sistemas de radiodifusión.

Sistema de transmisión para RDDSÍ

1 Definición de bloques

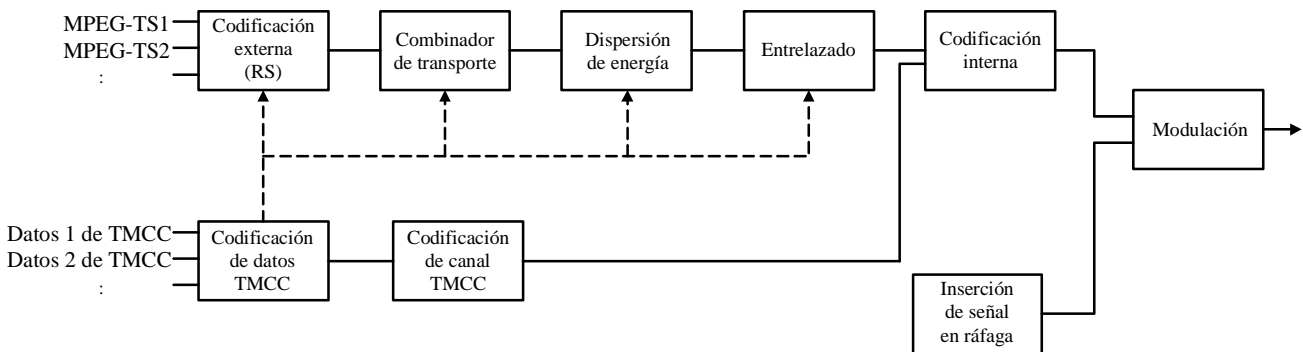
Múltiples flujos de transporte (TS, *transport stream*) MPEG-2 (MPEG-TS) procedentes de los multiplexores MPEG-2 se procesan como señales de entrada al sistema. Estos bloques contienen los procesos siguientes:

- transporte combinado para constituir una estructura de trama de transporte;
- codificación externa con código de corrección de errores directa sin canal de retorno (FEC) (es decir, codificación Reed-Solomon (RS));
- aleatorización por dispersión de energía;
- entrelazado;
- codificación del código de control (control de configuración de transmisión y multiplexación (TMCC, *transmission and multiplexing configuration control*)) y codificación de su canal;
- inserción de señal en ráfaga para recuperación de portadora estable en condiciones de baja relación, *C/N* portadora/ruido, en recepción;
- Codificación interna de FEC (es decir, código reticular o convolucional);
- modulación.

En la Fig. 1 se da información detallada de estos procesos.

FIGURA 1

Diagrama de bloques de sistema de transmisión



Rap 1227-01

2 Combinador de transporte

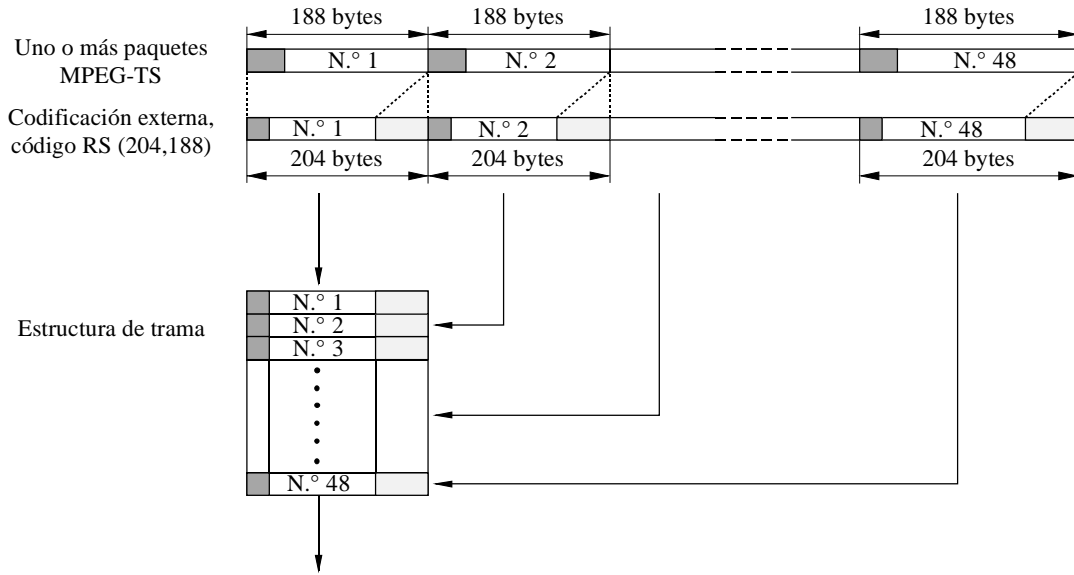
2.1 Estructura de alineación de trama

El combinador de transporte recibe un máximo de ocho MPEG-TS de los multiplexadores MPEG-2 y compone una trama que consta de 48 paquetes TS con bits de paridad de codificación externa. Una supertrama formada por ocho tramas de acuerdo con el código de control derivado de los multiplexadores MPEG-2. Cada fila absoluta de la trama se llama «intervalo». El combinador de transporte sustituye la palabra de sincronización MPEG-2 (es decir, 0×47) en la parte superior de cada paquete por palabras de sincronización de trama, palabras de sincronización de supertrama y palabras de control a las que se hace referencia con la sigla TMCC.

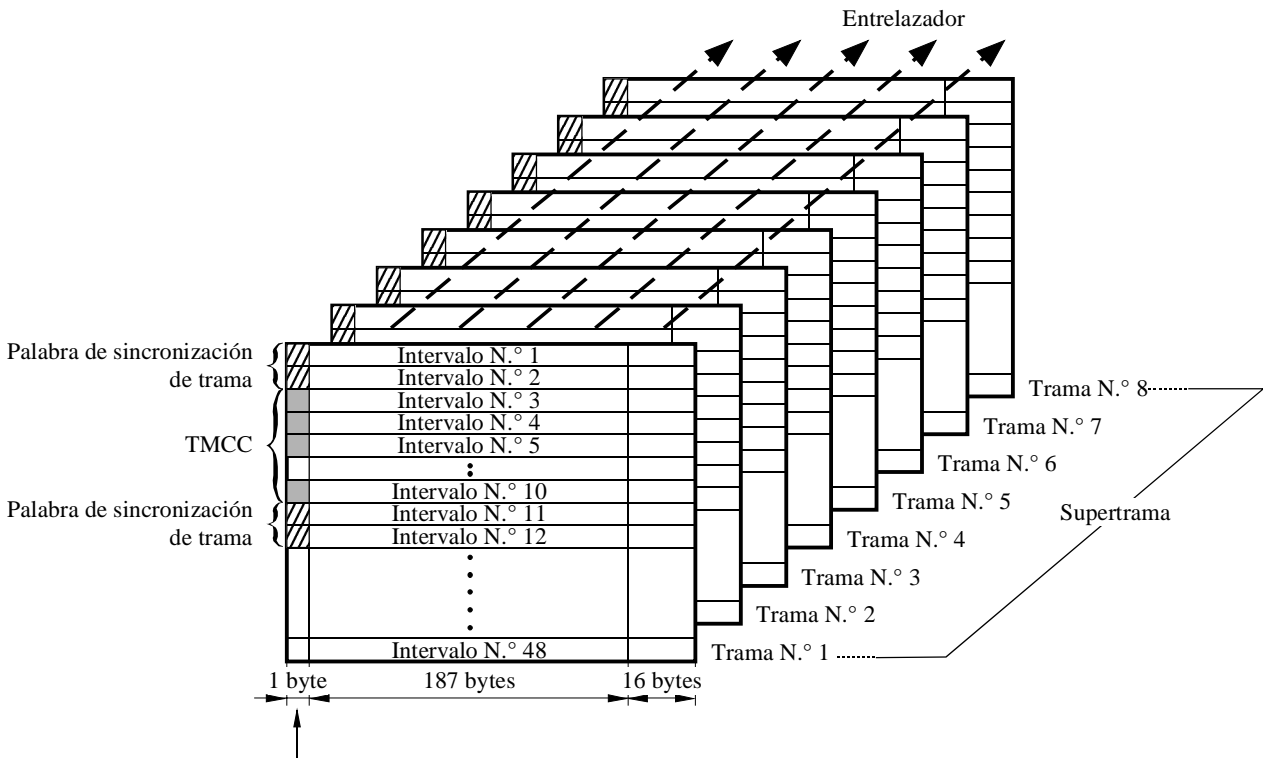
El combinador de transporte genera también un impulso de sincronización de trama (FP, *frame sync pulse*) y un impulso de sincronización de supertrama (SF, *super-frame sync pulse*) y los distribuye a cada proceso. En la Fig. 2 se muestra un diagrama de bloques de estructura de alineación de trama.

FIGURA 2

Diagrama de bloques de estructura de alineación de trama



Aleatorización por dispersión de energía y entrelazado, excepto del byte de sincronización



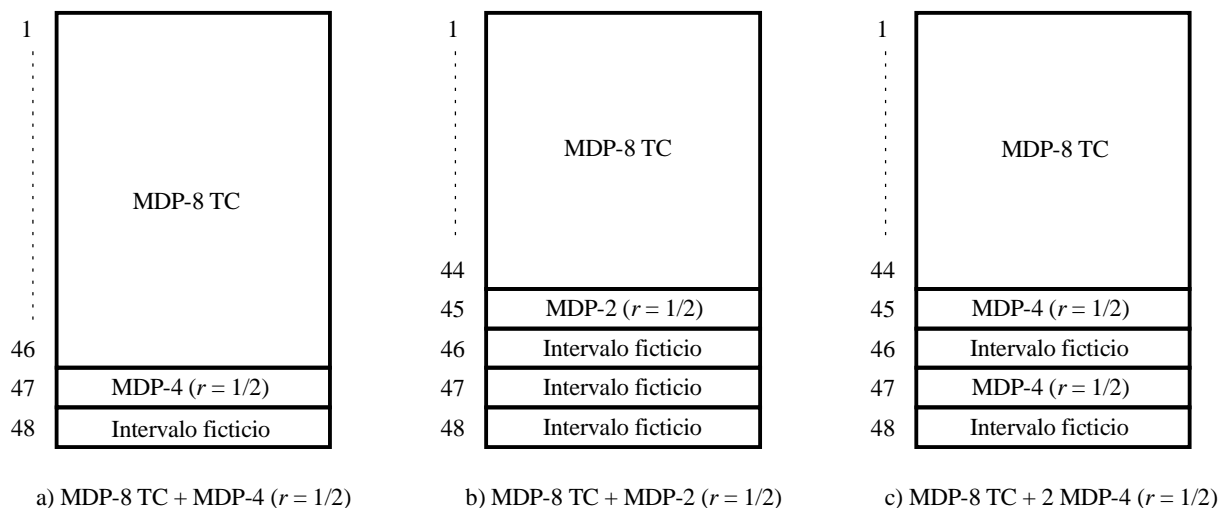
Sustituir la palabra de sincronización MPEG-2 (es decir, 47_H) por palabras de sincronización de trama, palabras de sincronización de supertrama y palabras TMCC

2.2 Asignación de intervalos

En el caso en que se adopta más de un esquema de modulación para una portadora, los intervalos transmitidos por cada esquema de modulación se disponen en la trama en orden decreciente de frecuencia de utilización (por ejemplo, MDP-8 TC \rightarrow MDP-4(3/4) \rightarrow MDP-4(1/2) \rightarrow MDP-2(1/2)).

Los datos de programas transmitidos por modulación por desplazamiento de fase de 8 niveles (MDP-8) con código reticular (TC, *trellis coded*) (MDP-8 TC) son asignados a una parte de la trama por intervalos y pueden ocupar todos los intervalos asignados. Por otro lado, los datos de programa transmitidos por MDP-4 con una relación de código interno de n/m son asignados a una parte de la trama por m intervalos y pueden ocupar n intervalos de m intervalos. Los intervalos $m-n$, denominados «intervalos ficticios» no se utilizan para la transmisión de datos. Los datos de programa son transmitidos por MDP-2 con una relación de código interno de 1/2 son asignados a una parte de la trama por cuatro intervalos y pueden ocupar un intervalo de cuatro intervalos. Los tres intervalos restantes son intervalos ficticios. Los intervalos ficticios se utilizan para mantener la frecuencia de reloj del procesamiento en cualquier estructura de trama (véase la Fig. 3).

FIGURA 3
Ejemplo de asignación de intervalos



Rap 1227-03

3 Código externo

Se aplica a un código abreviado RS (204,188, $T = 8$) a cada paquete de transporte (188 bytes). El código RS abreviado se puede implementar añadiendo 51 bytes, todos ellos puestos a cero, antes de los bytes de información a la entrada de un codificador (255,239). Tras el procedimiento de codificación RS, estos bytes nulos son descartados.

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

4 Aleatorización

A efectos de dispersión de energía, se adopta el polinomio de secuencia binaria pseudoaleatoria (PRBS, *pseudo random binary sequence*). El generador de PRBS es:

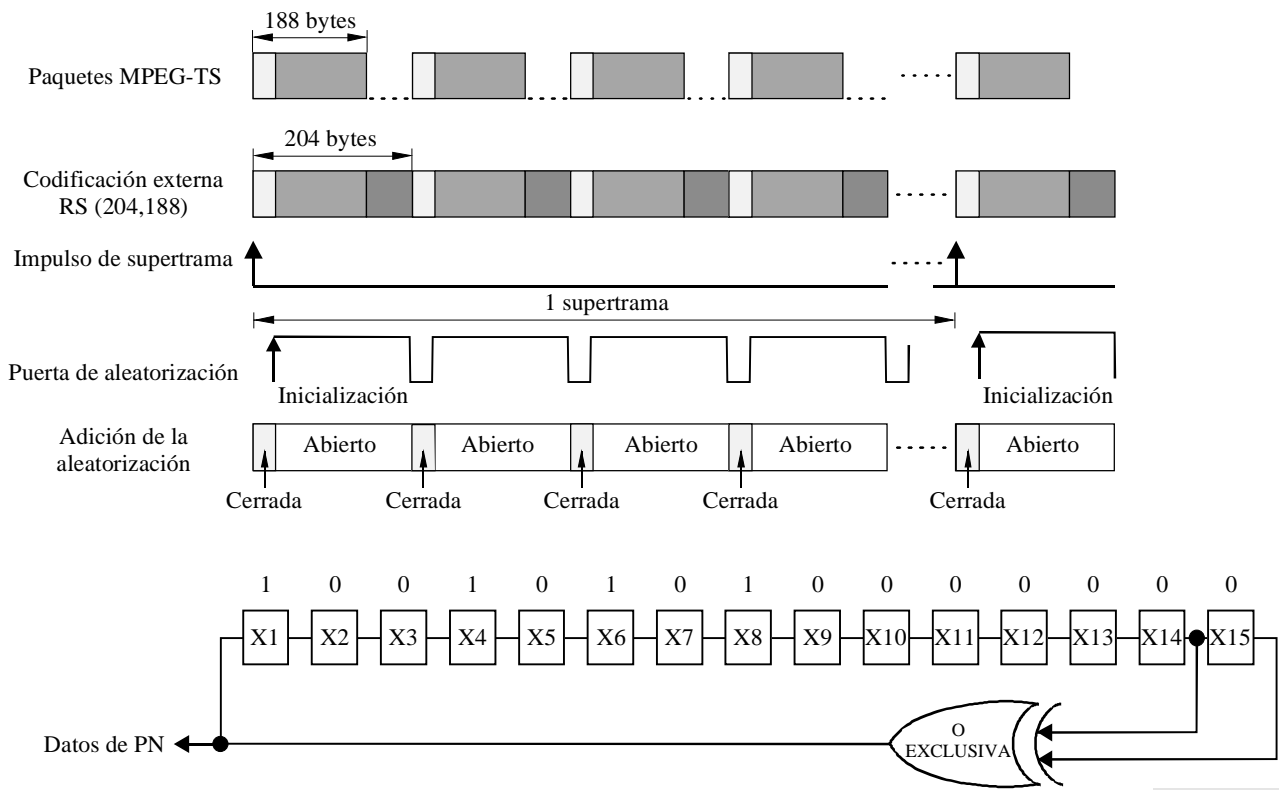
$$1 + x^{14} + x^{15}$$

La carga de la secuencia «100101010000000» en los registros PRBS, como se indica en la Fig. 4, se inicia en el segundo byte de cada supertrama.

La PRBS se añade a los datos de cada intervalo, salvo al primer byte de cada uno de ellos. Durante el primer byte de cada intervalo, continúa la generación de PRBS, pero su salida se desactiva, dejando este byte sin aleatorizar.

Cuando se adoptan esquemas de modulación distintos del MDP-8 TC, la trama contiene intervalos ficticios. En este caso, la aleatorización se aplica también a los intervalos ficticios.

FIGURA 4
Diagrama esquemático del aleatorizador



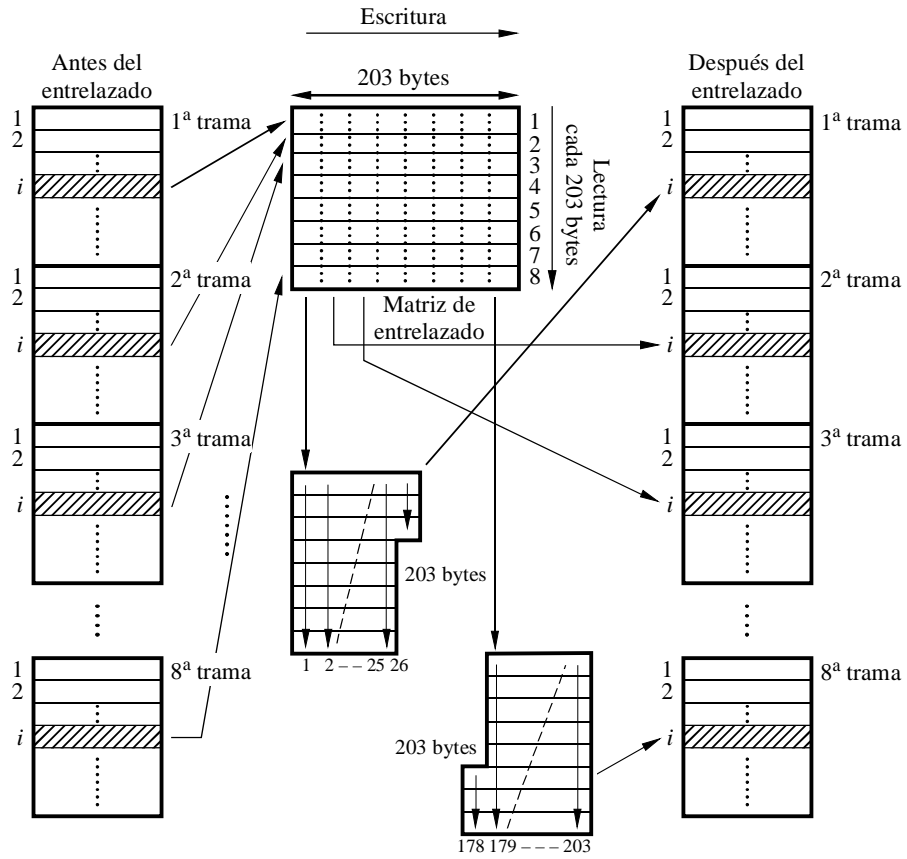
Rap 1227-04

PN : seudorruído (*pseudo-noise*)

5 Entrelazado

Se aplica el entrelazado de bloques con 8×203 bytes a los intervalos siguiendo el esquema conceptual que se muestra en la Fig. 5. El primer byte del intervalo no es entrelazado. El entrelazador escribe horizontalmente 203 bytes en el intervalo i -ésimo de todas las tramas que componen una supertrama, en la matriz de entrelazado. Y el entrelazador lee verticalmente los datos cada 203 bytes de la matriz y pone de nuevo los datos en los intervalos. El Cuadro 1 muestra las direcciones de escritura/lectura del intervalo i -ésimo.

FIGURA 5
Esquema conceptual del entrelazado



CUADRO 1

Direcciones de escritura/lectura del intervalo *i*-ésimo

Direcciones de escritura del intervalo *i*-ésimo (trama – byte)

	1 ^{er} byte	2 ^o byte	...	byte 203
1 ^a trama :	1-1	1-2	...	1-203
2 ^a trama :	2-1	2-2	...	2-203
3 ^a trama :	3-1	3-2	...	3-203
4 ^a trama :	4-1	4-2	...	4-203
5 ^a trama :	5-1	5-2	...	5-203
6 ^a trama :	6-1	6-2	...	6-203
7 ^a trama :	7-1	7-2	...	7-203
8 ^a trama :	8-1	8-2	...	8-203

Direcciones de lectura del intervalo *i*-ésimo (trama-byte)

	1 ^{er} byte	2 ^o byte	...	203 ^o byte
1 ^a trama :	1-1	2-1	...	3-26
2 ^a trama :	4-26	5-26	...	6-51
3 ^a trama :	7-51	8-51	...	1-77
4 ^a trama :	2-77	3-77	...	4-102
5 ^a trama :	5-102	6-102	...	7-127
6 ^a trama :	8-127	1-128	...	2-153
7 ^a trama :	3-153	4-153	...	5-178
8 ^a trama :	6-178	7-178	...	8-203

6 TMCC

6.1 Sumario del TMCC

El TMCC está estructurado a base de 8 bytes de información TMCC por una trama de transmisión y un par de TAB1 y TAB2, de 2 bytes cada uno, que se añaden antes y después de la información TMCC. El par TAB1 y TAB2 comparte las palabras sincronizadas. La trama de transmisión es estructurada por la TMCC y partes de la señal principal.

La primera trama asigna la palabra sincronizada, W1, antes de la información TMCC, y la W2 después de la misma.

W1 es la palabra sincronizada para la sincronización de las tramas de transmisión, y W2 es la palabra sincronizada para la identificación de la trama de encabezamiento de una supertrama. De la segunda a la octava trama, antes de la información TMCC se asigna una W1, y después de dicha información, una W3. La palabra W3 está relacionada con la W2, $W3 = !W2$ (todos los bits invertidos son W2). La información TMCC se termina cuando se haya transmitido una supertrama.

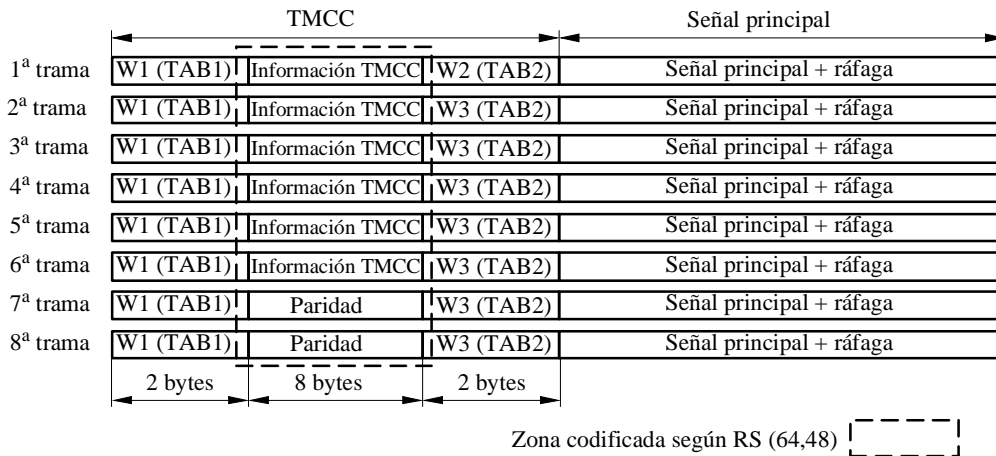
Los bytes de paridad se añaden en las tramas 7^a y 8^a.

Las palabras sincronizadas se asignan como sigue:

W1: 0x1B95	W2: 0xA340	W3: 0x5CBF	(W3 = !W2)
w1: 0xECD28	w2: 0x0B677	w3: 0xF4988	(w3 = !w2)

W1, W2, W3 representan aquí palabras sincronizadas antes de la convolución, y w1, w2 y w3 son esas mismas palabras después de la convolución.

FIGURA 6
Estructura de la supertrama



W1: 0x1B95 W2: 0xA340 W3: 0x5CBF (W3 = !W2)
 W1: para sincronización de trama W2: para identificación de supertrama

Rap 1227-06

6.2 Asignación de bits de TMCC

La señal TMCC es una señal de longitud fija de 384 bits que transmite información relativa a la atribución TS y el esquema de transmisión de cada intervalo de transmisión.

Cuando se cambia el esquema de transmisión, la nueva información TMCC se transmite en el tiempo de conmutación efectivo antes de 2 supertramas. Por ello, el intervalo de tiempo mínimo de renovación de la TMCC es el correspondiente a un periodo de 2 supertramas. Para asegurar la recepción de esta información de control, el receptor ha de controlar siempre la TMCC. La Fig. 7 muestra la estructura de la asignación de bits de la TMCC. La asignación detallada de cada parte se describe más adelante.

FIGURA 7
Estructura de la TMCC

Orden de cambio	Información sobre modo de transmisión/ intervalos	Información sobre TS relativo/ intervalos	Cuadro de correspondencia TS relativo/TS_ID	Información de control del transmisor/ receptor	Información ampliada
5 bits	40 bits	144 bits	128 bits	5 bits	62 bits

Rap 1227-07

6.2.1 Orden de cambio

La orden de cambio es la señal incrementada en unos cuando se cambia la TMCC. Vuelve a cero cuando el valor llega a 11111.

6.2.2 Información sobre modo de transmisión/intervalos

El modo de transmisión muestra la combinación del esquema de modulación y el código interno que se indica en el Cuadro 2. Atribuye los modos de transmisión 1 a 4 correspondientes al orden del modo de transmisión en la señal principal (de acuerdo con el esquema de modulación con número de fases y sistema codificado interno de mayor eficacia). Si se utilizan menos de 4 esquemas, se asigna «1111» como modo de transmisión.

FIGURA 8
Estructura de la información sobre modo de transmisión/intervalos

Modo de transmisión 1	Atribución de número de intervalos al modo de transmisión 1	Modo de transmisión 2	Atribución de número de intervalos al modo de transmisión 2	Modo de transmisión 3	Atribución de número de intervalos al modo de transmisión 3	Modo de transmisión 4	Atribución de número de intervalos al modo de transmisión 4
4 bits	6 bits	4 bits	6 bits	4 bits	6 bits	4 bits	6 bits

Rap 1227-08

CUADRO 2
Modo de transmisión

Valor	Modo de transmisión
0000	Reservado
0001	MDP-2(1/2)
0010	MDP-4(1/2)
0011	MDP-4(2/3)
0100	MDP-4(3/4)
0101	MDP-4(5/6)
0110	MDP-4(7/8)
0111	MDP-8 TC(2/3)
1000-1110	Reservado
1111	No asignado

El número de intervalos atribuidos consta del número de intervalos ficticios atribuidos al modo de transmisión, que muestra el campo situado inmediatamente antes. Por lo que se refiere al número de intervalos atribuidos a cada modo de transmisión, se ha de prestar una atención especial al hecho de que el número total de intervalos que se atribuye simultáneamente dentro de una trama sea de 48 teniendo en cuenta la unidad de intervalos de combinación mínima que se muestra en el Cuadro 3.

CUADRO 3

**Unidad de intervalos de combinación mínima
por cada modo de transmisión**

Modo de transmisión	Unidad de intervalos de combinación mínima	Número de intervalos efectivos	Número de intervalos ficticios
MDP-2(1/2)	4	1	3
MDP-4(1/2)	2	1	1
MDP-4(2/3)	3	2	1
MDP-4(3/4)	4	3	1
MDP-4(5/6)	6	5	1
MDP-4(7/8)	8	7	1
MDP-8 TC(2/3)	1	1	0

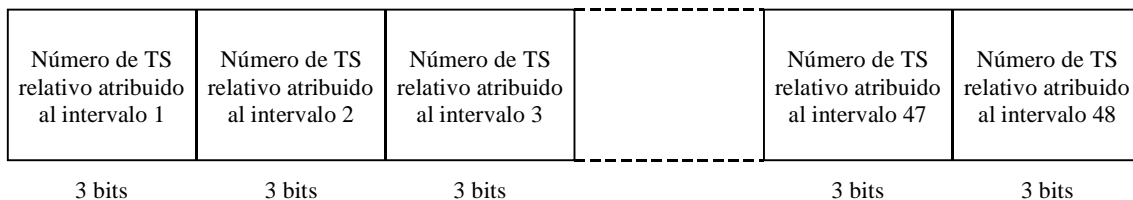
6.2.3 Información sobre TS relativo/intervalos

La información sobre TS relativo/intervalos indica la relación entre el TS asignado efectivamente y la posición de los intervalos. Esta información se transmite de manera consecutiva en cada intervalo empezando en el intervalo 1.

El número de TS relativo ocupa 3 bits para poder transmitir un número máximo de 8 TS por una portadora modulada.

FIGURA 9

Estructura de la información sobre TS relativo/intervalos



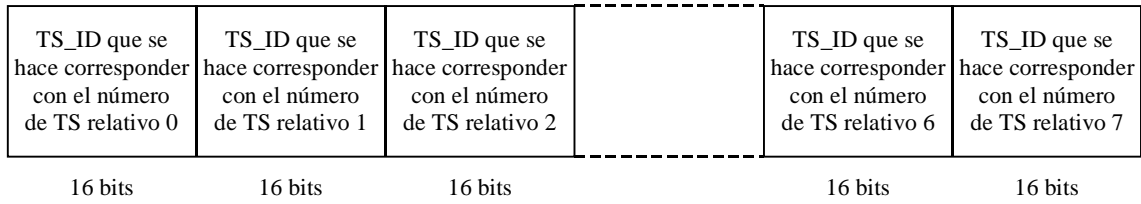
Rap 1227-09

6.2.4 Cuadro de correspondencia TS relativo/número de TS (TS_ID)

Al cuadro de correspondencia TS relativo/TS_ID se hace referencia cuando el número de TS relativo se convierte en TS_ID (identificador de TS) efectivo de los sistemas MPEG-2.

FIGURA 10

Estructura del cuadro de correspondencia TS relativo/TS_ID



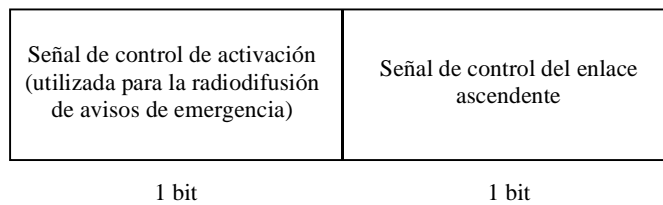
Rap 1227-10

6.2.5 Información de control del transmisor/receptor

La información de control del transmisor/receptor se transmite como la señal de control utilizada para la conmutación del receptor para la radiodifusión de avisos de emergencia y para la estación del enlace ascendente.

FIGURA 11

Estructura de la información de control del transmisor/receptor



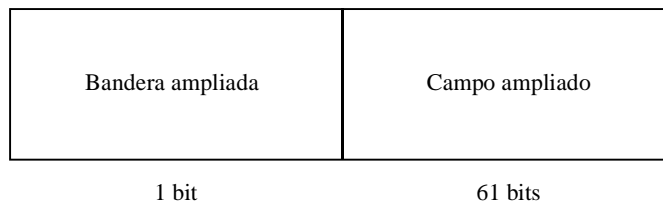
Rap 1227-11

6.2.6 Información ampliada

La información ampliada se utilizará en la futura ampliación de la TMCC. Cuando se amplíe la TMCC, la bandera se fijará a 1, y el campo que figura a continuación se hará efectivo. Cuando la bandera sea cero, el campo ampliado se rellenará con unos.

FIGURA 12

Estructura de la información ampliada



Rap 1227-12

6.3 Código externo para TMCC

- Código RS (64,48).
- Codificado por supertrama.

- Ni TAB1 ni TAB2 están codificados.
- El código RS (64,48) procede del código RS (255,239).
A los datos de entrada se le añaden 191 ceros, que son suprimidos tras la codificación.
- Polinomios generador de códigos: $g(x) = (x + \lambda^0)(x + \lambda^1)(x + \lambda^2) \dots (x + \lambda^{15})$, donde $\lambda = 02_h$
- Polinomios generador de campos: $p(x) = x^8 + x^4 + x^3 + x^2 + 1$.

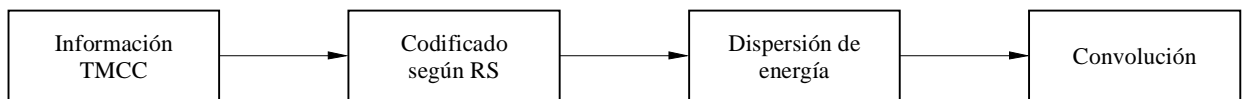
6.4 Dispersión de energía para TMCC

La dispersión de energía se efectúa antes de la codificación convolucional y después de la codificación RS. El generador PN comienza a partir de la posición del byte 3 de la supertrama y actúa libremente durante el periodo de la palabra sincronizada. No obstante, durante ese periodo no se añade la señal. En la Fig. 14 se muestra el sistema.

La ecuación de dispersión de energía es como sigue:

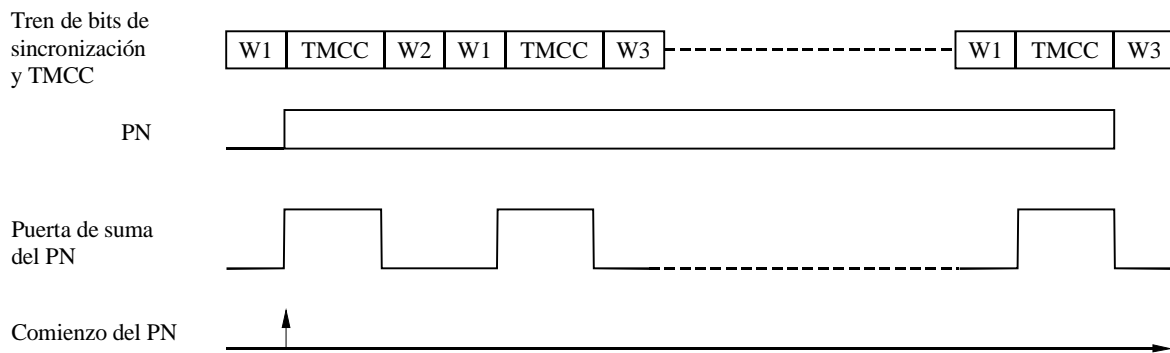
- Expresión del polinomio generador: $1 + x^{14} + x^{15}$.
- Valor inicial de los registros: (100101010000000).

FIGURA 13
Punto en el que se efectúa la dispersión de energía



Rap 1227-13

FIGURA 14
Adición de la dispersión de energía



Rap 1227-14

7 Señal en ráfaga

Para poder recibir la TMCC y la señal principal, salvo en el caso de MDP-8 incluso en un entorno de baja relación C/N, se inserta una señal en ráfaga de 4 símbolos a continuación de cada señal principal de 203 símbolos. La señal en ráfaga es una señal MDP-2 aleatorizada que se define como sigue:

- 9º PN ($G_{pn} = x^9 + x^4 + 1$ con valor inicial (111101101));
- reiniciación por la trama;
- el generador PN está parado salvo durante el periodo de la ráfaga.

La Fig. 16 muestra un diagrama esquemático de la generación del PN para la señal en ráfaga. La situación del registro es la existente inmediatamente después de haber enviado un impulso de reiniciación. La salida de «O EXCLUSIVA» se convierte en un primer símbolo de ráfaga dentro de las tramas.

FIGURA 15
Esquema de multiplexación de ráfagas y temporización de la generación del PN

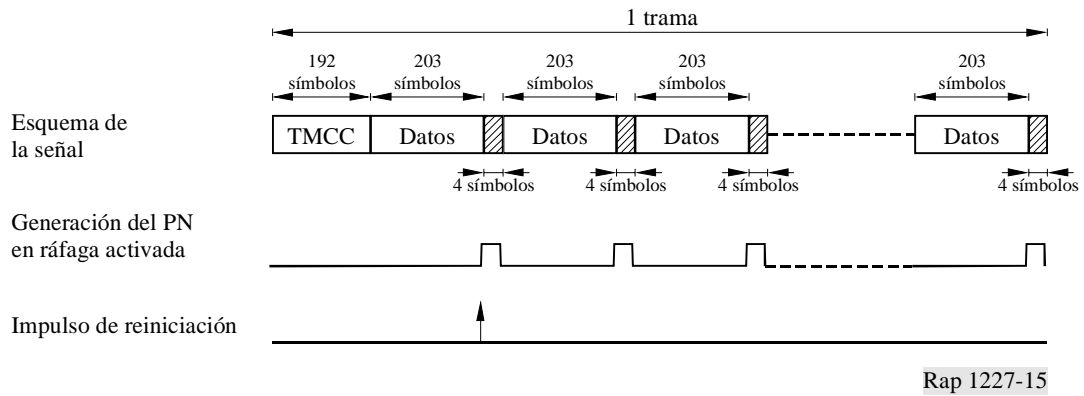
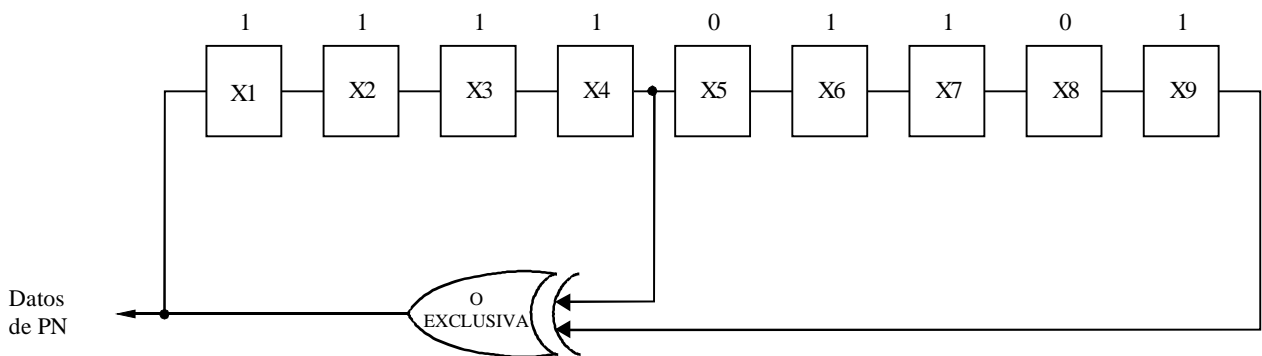


FIGURA 16
Generador del PN para señal en ráfaga



8 Código interno

8.1 Señal principal

El código interno de la señal principal se puede seleccionar de entre los siguientes:

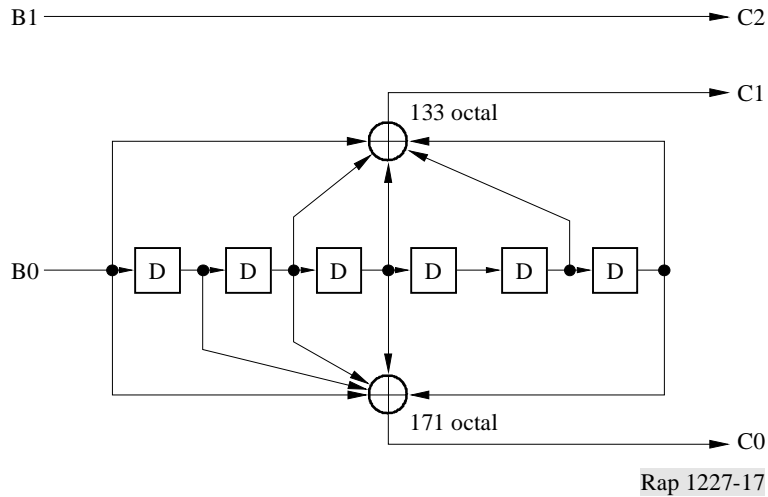
- El código reticular ($r = 2/3$) para MDP-8.
- El código convolucional para MDP-4 ($r = 1/2, 2/3, 3/4, 5/6, 7/8$).
($r = 1/2$ (código original): longitud de constricción = 7, polinomio generador = 171, 133 octal).

Los códigos de relación 2/3, 3/4, 5/6 y 7/8 se perforan a partir del polinomio generador.

- El código convolucional para MDP-2 ($r = 1/2$): longitud de constricción = 7, polinomio generador = 171, 133 octal.

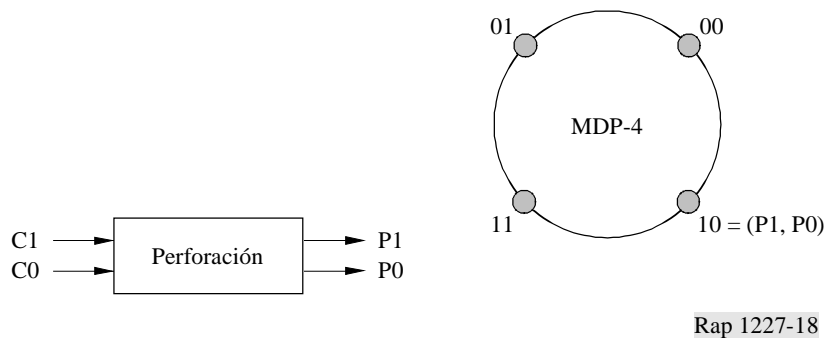
En la Fig. 17 se muestra el codificador convolucional. Los bits de salida de C0 y C1 se generan a partir del tren de bits de entrada B0. D significa un bit de retardo y los operadores tienen una adición de módulo 2. En el caso de código convolucional, estos bits de salida se proyectan directamente en las correspondencias de MDP-4 y MDP-2, como se muestra en la Fig. 18 y en la Fig. 19 respectivamente. En el caso de MDP-8 TC, se utiliza un bit B1 adicional para la correspondencia de MDP-8.

FIGURA 17
Codificador reticular/convolucional



La Fig. 18 muestra el sistema de correspondencia con perforación para señales MDP-4. El Cuadro 4 describe en detalle la correspondencia con perforación. La fase perforada de cada código concuerda con la parte superior del primer intervalo asignado.

FIGURA 18
Correspondencia de MDP-4



8.2 TMCC

Código interno para utilizaciones del TMCC:

- Código convolucional para MDP-2 ($r = 1/2$): longitud de constricción = 7, polinomio generador: 171, 133 octal.

El codificador convolucional se utiliza para la entrada de B0 y la salida de C0 y C1 como se muestra en la Fig. 17.

Estos bits de salida se proyectan directamente en la correspondencia de MDP-2.

CUADRO 4

Esquema perforado

(P1 y P0 son generados por el esquema de perforación a partir de la señal descentrada.)

Entrada	C1(133)	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	X8	X9
	C0(171)	Y1	Y2	Y3	Y4	Y5	Y6	Y7	Y8	Y9
1/2	Esquema de perforación	O	O	O	O	O	O	O	O	O
		O	O	O	O	O	O	O	O	O
	P1	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	X8	X9
	P0	Y1	Y2	Y3	Y4	Y5	Y6	Y7	Y8	Y9
2/3	Esquema de perforación	O	O	O	O	O	O	O	O	O
		O	X	O	X	O	X	O	X	O
	P1	X1	Y3	X4	X5	Y7	X8	X9		
	P0	Y1	X2	X3	Y5	X6	X7	Y9		
3/4	Esquema de perforación	O	O	X	O	O	X	O	O	X
		O	X	O	O	X	O	O	X	O
	P1	X1	Y3	X4	Y6	X7	Y9			
	P0	Y1	X2	Y4	X5	Y7	X8			
5/6	Esquema de perforación	O	O	X	O	X	O	O	X	O
		O	X	O	X	O	O	X	O	X
	P1	X1	Y3	Y5	X6	Y8	Y10			
	P0	Y1	X2	X4	Y6	X7	X9			
7/8	Esquema de perforación	O	O	O	O	X	O	X	O	O
		O	X	X	X	O	X	O	O	X
	P1	X1	X3	Y5	Y7	X8	X10			
	P0	Y1	X2	X4	X6	Y8	X9			

O: bit de transmisión, X: bit suprimido.

9 Esquema de modulación

9.1 Señal principal

El esquema de modulación de la señal principal se puede elegir de entre los siguientes:

- MDP-8 TC ($r = 2/3$, código pragmático);
- MDP-4 con código convolucional ($r = 1/2, 2/3, 3/4, 5/6$ y $7/8$); y
- MDP-2 con código convolucional ($r = 1/2$).

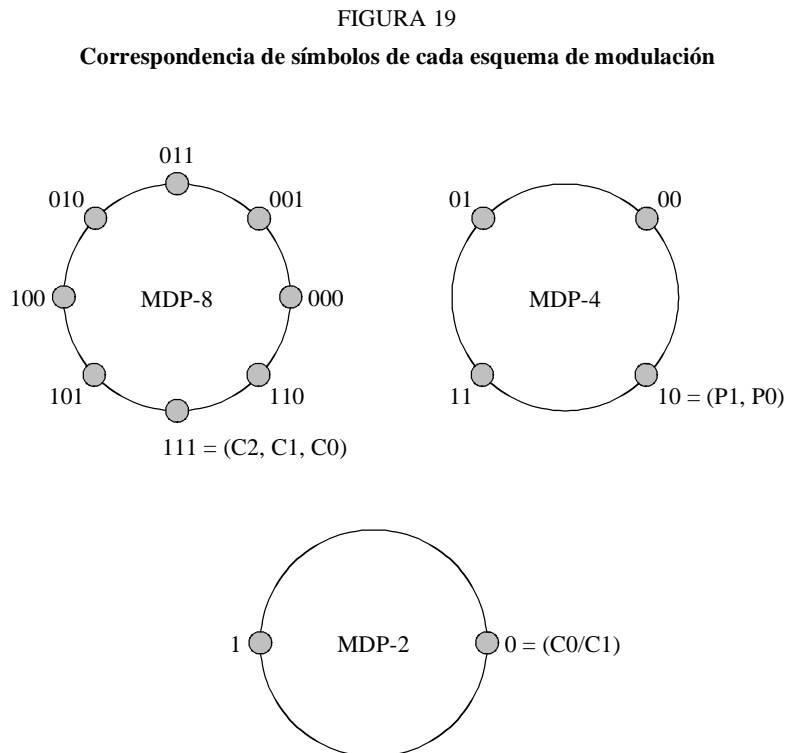
Cuando se utilizan varios esquemas de modulación simultáneamente en una trama de transmisión, se disponen en orden creciente de eficacia en la utilización del espectro.

9.2 TMCC

Para la TMCC se utiliza el esquema de modulación MDP-2 con código convolucional ($r = 1/2$).

9.3 Correspondencia de símbolos

En la Fig. 19 se muestra la correspondencia de símbolos de cada esquema de modulación. La definición de los bits es la misma que la de la Fig. 17. En el caso de MDP-2, la correspondencia de los bits codificados C0 y C1 se establece en este orden tras el convertidor paralelo/serie.



Rap 1227-19

9.4 Factor de caída

Para la conformación del espectro en el modulador se utilizan las siguientes características.

- Raíz cuadrada de coseno alzado.
- Factor de caída de 0,35.
- Ecuación de apertura de $x/\text{sen}(x)$ asignada al filtro del transmisor.

ANEXO 2

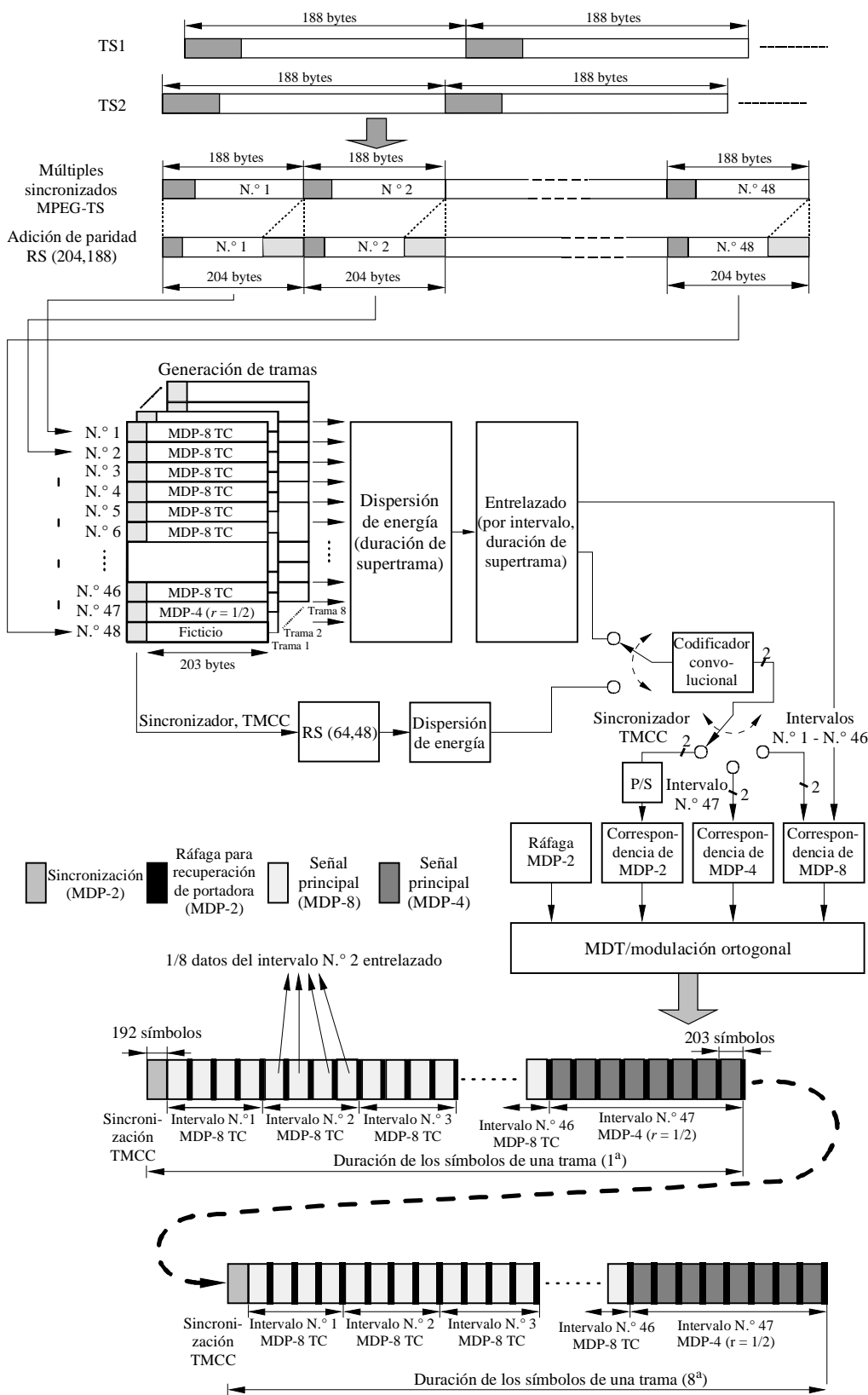
Generación de señal de transmisión y resultado experimental de la RDDS en Japón

La Fig. 20 muestra un ejemplo del procesamiento de la señal para el sistema. La posición absoluta en la trama, llamada «intervalo», es una unidad que asigna el esquema de modulación para cada paquete. La Fig. 20 muestra el caso en que se asignan 46 intervalos para MDP-8 TC y un intervalo para MDP-4 ($r = 1/2$). En el ejemplo de esta Figura se asigna un intervalo ficticio, que no se utiliza para la transmisión de datos, al procesamiento de una señal de banda constante cuando se emplean simultáneamente esquemas de modulación menos eficaces en la utilización del espectro. En este caso se supone la existencia de dos MPEG-TS independientes.

Se combinan múltiples MPEG-TS en un único tren binario y se codifican utilizando el código de FEC externa de RS (204,188). Cada trama tiene 48 intervalos, y 8 tramas constituyen una supertrama para definir la duración de la dispersión de energía y el entrelazado. Los esquemas de modulación pueden ser variados por las supertramas si hace falta.

FIGURA 20

Ejemplo de generación de señal de transmisión en el sistema



MDT: multiplexación por división en el tiempo

Rap 1227-20

Por otro lado, las palabras de sincronización y la información TMCC se procesan de manera separada con respecto a la señal principal. Las palabras de sincronización se utilizan para sincronizar las tramas y supertramas. El primer byte de

cada paquete, que es el byte 0x47 de sincronización del paquete MPEG-TS original, es sustituido por palabras de sincronización y por la señal TMCC. Este byte es sustituido a su vez por el de sincronización del paquete MPEG-TS original tras el proceso de demodulación. La señal TMCC se protege mediante codificación RS (64,48).

El tren binario de palabras de sincronización, la señal TMCC y la señal principal se introducen de manera continua en un codificador convolucional. La salida del codificador convolucional se introduce en el correspondedor de modulación convenientemente seleccionado por los esquemas de modulación.

Para conseguir una recuperación estable de la portadora en un entorno en el que la relación C/N es muy baja se inserta una señal en ráfaga en el multiplexador por división en el tiempo.

En la Fig. 21 se muestra el resultado de la experimentación del sistema RDDSÍ efectuada por Japón, que se describe en el Anexo 1. De acuerdo con el experimento, se pueden recibir dos programas de TVAD. Además, se pueden utilizar programas sonoros en condiciones de entornos con una relación C/N muy baja cuando se seleccionan el modo 2 y el modo 3.

FIGURA 21

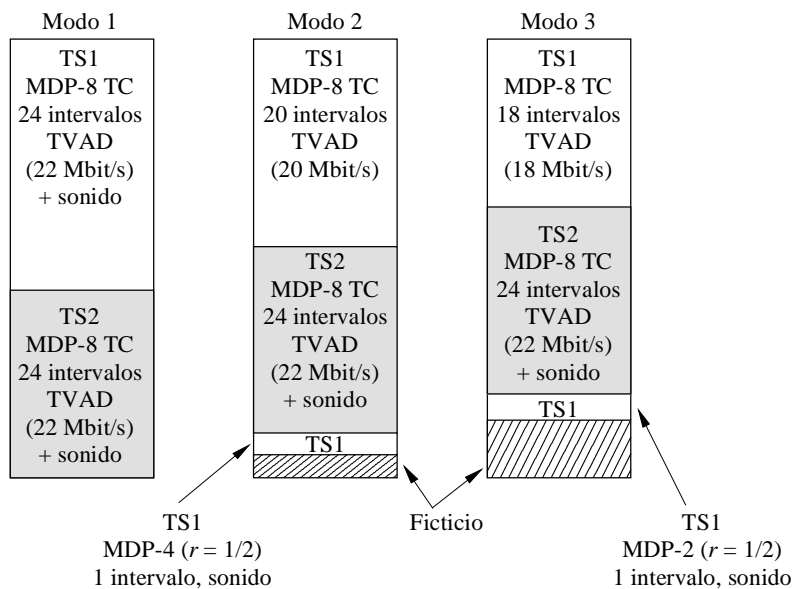
Ejemplo de sistema y resumen de los resultados experimentales

Velocidad de símbolos (MBd)	Velocidad de información más elevada ⁽¹⁾ (Mbit/s)	Esquema de modulación ⁽²⁾
22,152	40,044	MDP-8 TC
26,988	48,786	MDP-4 ($r = 1/2, 2/3, 3/4, 5/6, 7/8$)
28,860	52,170	MDP-2 ($r = 1/2$)

⁽¹⁾ Cuando todos los intervalos están asignados para MDP-8 TC.

⁽²⁾ De los esquemas indicados se pueden seleccionar 4 esquemas de modulación.

a) Ejemplo de sistema



b) Estructura de trama experimental (26,988 MBd)

Esquema de modulación	C/N límite de servicio
MDP-8 TC	Aproximadamente 11 dB
MDP-4 ($r = 1/2$)	Aproximadamente 4 dB
MDP-2 ($r = 1/2$)	Aproximadamente 1 dB

c) Características de funcionamiento

ANEXO 3

Comparación entre sistemas de radiodifusión por satélite de programas múltiples y sistema de transmisión de RDDSI

En el Cuadro 5 se hace una comparación entre los servicios de radiodifusión por satélite de programas múltiples que se describen en la Recomendación UIT-R BO.1294, para aportar una información de utilidad a los servicios de multimedia avanzados.

CUADRO 5

Comparación entre sistemas de programas múltiples digitales y la RDDSI

	Sistema A	Sistema B	Sistema C	RDDSI
Esquema de modulación	MDP-4	MDP-4	MDP-4	MDP-8 TC/MDP-4/ MDP-2
Velocidad de símbolos (MBd)	No especificado	Fija 20	Variable 19,5 y 29,3	22,152 26,988 28,860
Anchura de banda necesaria (-3 dB) (MHz)	No especificado	20	19,5 y 29,3	27/33/36 (99% de la anchura de banda de energía)
Factor de caída	0,35 (coseno alzado)	0,2 (coseno alzado)	0,55 y 0,33 (filtro Butterworth de 4º orden)	0,35 (coseno alzado)
FEC (código externo)	RS (204,188)	RS (146,130)	RS (204,188)	RS (204,188)
FEC (código interno)	Convolutacional	Convolutacional	Convolutacional	Convolutacional, reticular (MDP-8: TCM 2/3)
Longitud de constricción	$K = 7$	$K = 7$	$K = 7$	$K = 7$
Relación de codificación interna	1/2, 2/3, 3/4, 5/6, 7/8	1/2, 2/3, 6/7	1/2, 2/3, 3/4, 3/5, 4/5, 5/6, 5/11, 7/8	1/2, 3/4, 2/3, 5/6, 7/8
Dispersión de energía	PRBS: $1 + x^{14} + x^{15}$		PRBS: $1 + x + x^3 + x^{12} + x^{16}$	PRBS: $1 + x^{14} + x^{15}$
Temporización de la reiniciación	Antes del codificador RS		Después del codificador RS	Después del codificador RS
Entrelazado	Convolutacional (profundidad = 12)			Bloque (profundidad = 8)
Control de transmisión				TMCC
Estructura de trama				48 intervalos/trama 8 tramas/supertrama
Tamaño de los paquetes (bytes)	188	130	188	188
Capa de transporte	MPEG-2	No MPEG	MPEG-2	MPEG-2