

UIT-R

Sector de Radiocomunicaciones de la UIT

Recomendación UIT-R BS.643-4
(12/2022)

**Sistema de radiocomunicaciones de datos
para la sintonía automática y otras
aplicaciones en los receptores radiofónicos
con modulación de frecuencia para
su utilización con el sistema de
frecuencia piloto**

Serie BS
Servicio de radiodifusión (sonora)



Prólogo

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

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

Política sobre Derechos de Propiedad Intelectual (IPR)

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

Series de las Recomendaciones UIT-R

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

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

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

Publicación electrónica
Ginebra, 2023

© UIT 2023

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

RECOMENDACIÓN UIT-R BS.643-4*

Sistema de radiocomunicaciones de datos para la sintonía automática y otras aplicaciones en los receptores radiofónicos con modulación de frecuencia para su utilización con el sistema de frecuencia piloto

(1986-1990-1995-2011-2022)

Cometido

La presente Recomendación especifica los parámetros principales y los requisitos operacionales para la utilización de los sistemas de radiocomunicaciones de los datos (RDS) en la radiodifusión con modulación de frecuencia en ondas métricas.

Palabras clave

Radiodifusión con modulación en frecuencia, sistema de radiocomunicaciones de los datos

La Asamblea de Radiocomunicaciones de la UIT,

considerando

- a) que en la radiodifusión en ondas métricas con modulación de frecuencia (MF), la densidad de transmisiones en muchas partes del mundo está aumentando hasta el punto de que cada vez se hace más difícil sintonizar un programa deseado, particularmente cuando se utilizan receptores MF portátiles o en automóviles;
- b) que, por otra parte, existen nuevas técnicas que ofrecen la posibilidad de añadir señales de datos auxiliares a las señales radiofónicas que permitirán aplicar una amplia variedad de métodos para identificar las transmisiones, facilitando así la sintonización asistida o automática en los futuros receptores radiofónicos;
- c) que estas señales radioeléctricas de datos pueden añadirse a los programas existentes en ondas métricas con MF de manera que no sean audibles, logrando así una buena compatibilidad con la recepción de programas radiofónicos normales estereofónicos o monofónicos;
- d) que actualmente se dispone de tecnologías del receptor asequibles optimizadas mediante procesos de miniaturización que permiten la sintonización asistida o automática utilizando señales radioeléctricas de datos;
- e) que el sistema ofrece una flexibilidad que permite realizar una amplia gama de aplicaciones facultativas para adaptarse a las necesidades particulares de cada organización de radiodifusión;
- f) que numerosos países han implantado este sistema en sus emisiones de radiodifusión,

recomienda

- 1 que las organizaciones de radiodifusión que deseen introducir la transmisión de información suplementaria para la identificación de estaciones y programas de radiodifusión MF y otras aplicaciones, utilicen el sistema de radiocomunicaciones de datos (RDS-radio data system) especificado en el Anexo 1;
- 2 que las siguientes Notas se consideren parte de la Recomendación.

NOTA 1 – En el Anexo 2 se indican las características operacionales del RDS.

* Esta Recomendación debe señalarse a la atención de la Comisión Electrotécnica Internacional (CEI).

NOTA 2 – La versión más reciente de la norma RDS internacional es la CEI 62106 (2018 y posteriores, íntegra). En América del Norte, aunque la estructura y la codificación son idénticas, existen algunas diferencias en la implementación de ciertas características. En América del Norte el RDS se denomina RBDS, especificado en CEI 62106-9.

NOTA 3 – El RDS fue especificado por primera vez por la Unión Europea de Radiodifusión (UER) en 1984. Se han fabricado y se siguen fabricando en todo el mundo miles de millones de receptores RDS con precios de venta al por menor muy reducidos, debido a que el decodificador de silicio RDS integrado en las pastillas del receptor de frecuencia modulada y a tecnología de radiocomunicaciones definidas por software tienen un coste muy pequeño cuando se fabrica en grandes cantidades.

Anexo 1

Especificaciones del sistema de radiocomunicaciones de datos*

1 Modulación del canal de datos

1.1 Frecuencia subportadora básica (obligatoria): 57 kHz, enganchada en fase o en cuadratura al tercer armónico del tono piloto de 19 kHz (± 2 Hz) en el caso de estereofonía. Tolerancia de frecuencia: ± 6 Hz.

1.2 Tres subportadoras adicionales (opcional): 66,5 kHz, 71,25 kHz y 76,0 kHz, enganchada en fase a la subportadora básica 57 kHz.¹

1.3 Nivel de la subportadora: la excursión nominal recomendada de la portadora MF principal debida a la subportadora modulada es de ± 2 kHz. Sin embargo, en la práctica para la subportadora básica puede tomar un valor tan bajo como $\pm 1,2$ kHz; muchos organismos de radiodifusión de la UER que ofrecen servicios con una amplia gama dinámica (por ejemplo, música clásica), prefieren este valor más bajo para garantizar un mejor comportamiento de la relación señal/ruido. No obstante, el decodificador deberá diseñarse para que trabaje con niveles de subportadora correspondientes a una excursión entre ± 1 kHz y $\pm 7,5$ kHz.

Debe optimizarse la excursión en frecuencia de cresta de los trenes de datos adicionales de las subportadoras superiores. Dado que la amplitud del tren de datos RDS2 aumenta con la excursión en frecuencia de cresta, una excursión más amplia implicaría una mejor calidad de funcionamiento VER. Sin embargo, un aumento de la excursión implicaría un aumento del ancho de banda de la señal múltiplex (y, por consiguiente, del ancho de banda de la señal modulada en frecuencia), que está limitado por la Recomendación UIT-R BS.450. Así, es necesario encontrar un equilibrio para optimizar las excursiones en frecuencia de cresta de los trenes de datos RDS2 cuyo ancho de banda está limitado.

* Las características publicadas en este Anexo 1 son sólo un resumen de un texto más detallado que se publica por separado, como norma CEI 62106.

¹ Los requisitos del enganche en fase se detallan en CEI 62106-1 y son necesarios para facilitar la desmodulación con tecnología DSP. El desplazamiento de símbolo utilizado reduce la excursión de cresta de la señal de datos RDS2 en un 25%.

1.4 Método de modulación: las subportadoras son modulada en amplitud por la señal de datos conformada y codificada en dos fases. La subportadora se suprime (véanse las Figs. 1 a) a 1 c) para la subportadora básica).

1.5 Velocidad de datos y frecuencia de reloj: la frecuencia de reloj básica se obtiene dividiendo por 48 la frecuencia de la subportadora transmitida. Por consiguiente, la velocidad de datos básica es de 1 187,5 bit/s \pm 0,125 bit/s.

1.6 Codificación diferencial: cuando el nivel de datos de entrada del decodificador en el transmisor es 0, la salida permanece inalterada con respecto al bit de salida precedente, y cuando se produce una entrada de 1, el nuevo bit de salida es el complemento del bit de salida precedente.

2 Codificación de la banda base

2.1 Estructura de codificación: el elemento mayor de la estructura se denomina «grupo» y tiene 104 bits cada uno. Cada grupo comprende cuatro bloques de 26 bits cada uno. Cada bloque comprende una palabra de información y una palabra de comprobación de 16 y 10 bits, respectivamente.

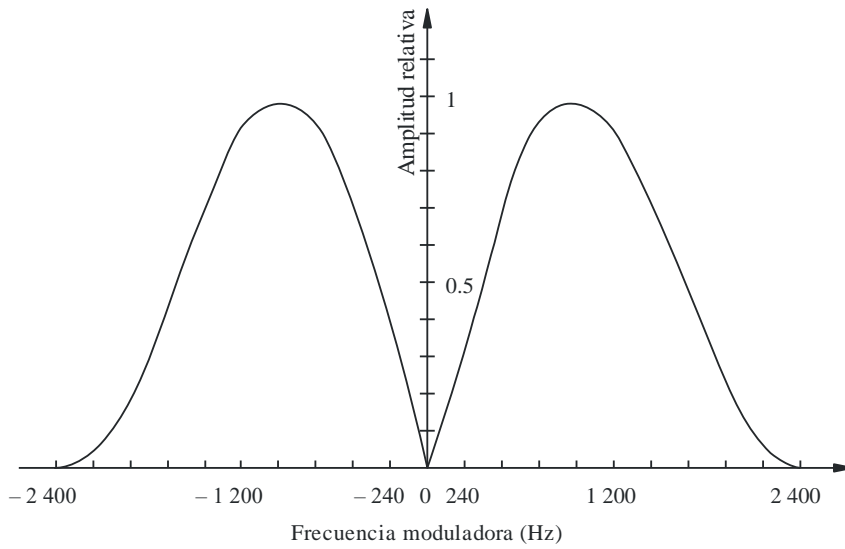
2.2 Orden de transmisión de los bits: el bit más significativo de todas las palabras de información, palabras de comprobación y direcciones se transmite primero.

2.3 Protección contra errores: la palabra de comprobación de redundancia cíclica de 10 bits, a la cual se añade la palabra de desplazamiento de 10 bits para fines de sincronización, está destinada a permitir que el receptor/decodificador detecte y corrija los errores que se producen en recepción.

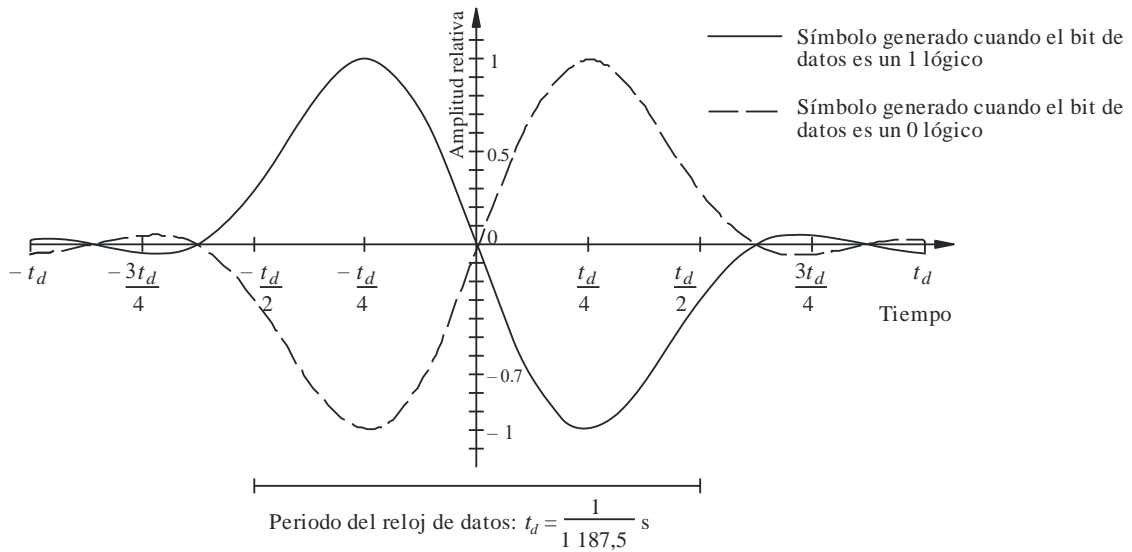
2.4 Sincronización de bloques y grupos: la transmisión de datos es totalmente síncrona y no existen lagunas entre los grupos o bloques. El decodificador puede reconocer el principio y el fin de los bloques de datos debido al hecho de que el decodificador de comprobación de errores detectará, con fuerte probabilidad, el deslizamiento de sincronización de bloques. Los bloques dentro de cada grupo están identificados por diferentes palabras de desplazamiento añadidas a las respectivas palabras de comprobación de 10 bits.

FIGURA 1

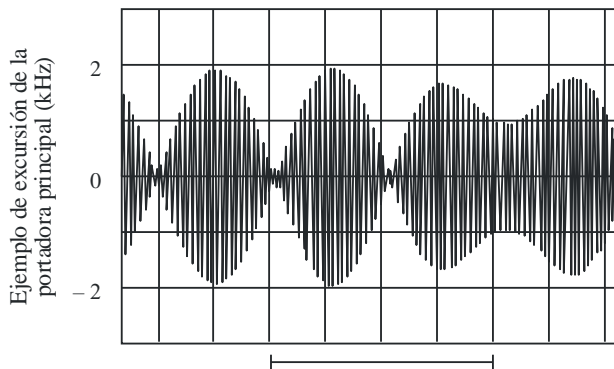
Espectro y representación en función del tiempo de las señales RDS



a) Espectro de señales radioeléctricas de datos con codificación bifásica



b) Representación en función del tiempo de un único símbolo bifásico



Un símbolo bifásico = un periodo de bits de datos: $t_d = \frac{1}{1187,5} \text{ s}$

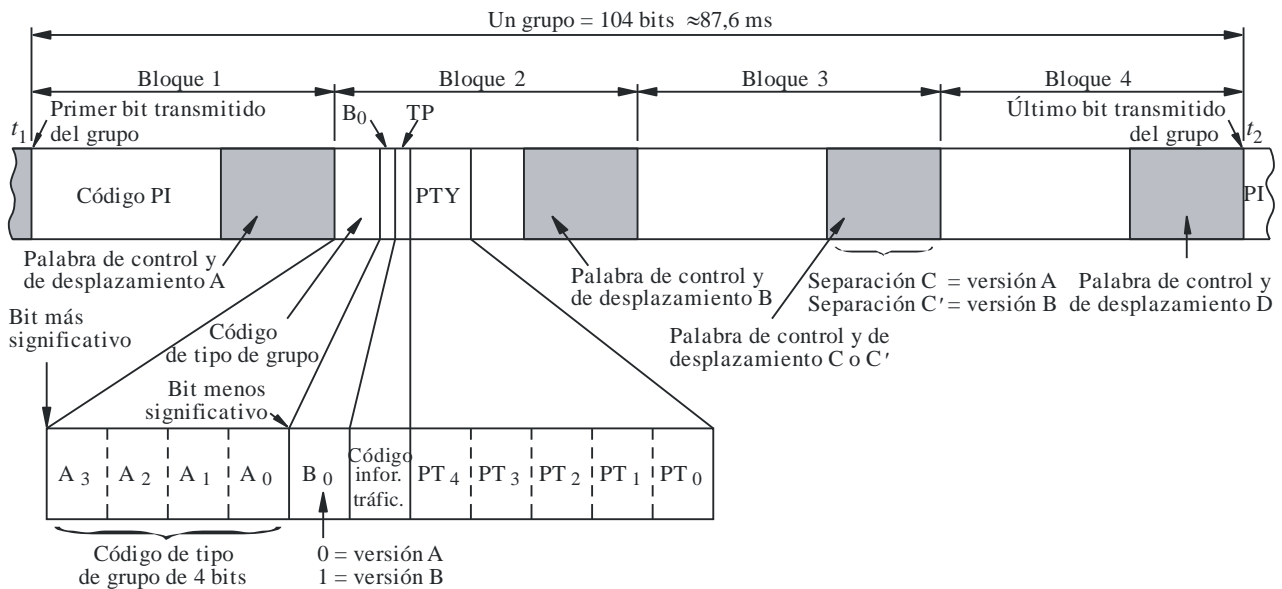
c) Señales radioeléctricas de datos a 57 kHz

2.5 Formato de mensaje en la subportadora básica: los primeros 5 bits del segundo bloque de cada grupo se asignan a un código de 5 bits que especifica el tipo de grupo de la aplicación y su versión. Los tipos de grupo especificados se indican en el Cuadro 1. También existe la característica de aplicación de datos abierta ODA para añadir aplicaciones aún no definidas, lo que permite a las aplicaciones utilizar grupos especificados con arreglo a unas bases reguladas. Para ello es necesario registrar la ODA correspondiente utilizando el procedimiento detallado en CEI 62106-3.

Una gran parte de la capacidad de transmisión de datos del RDS en la subportadora básica se utilizará para aplicaciones relativas a funciones de sintonización automáticas o asistidas de receptores MF. Estos mensajes se repiten frecuentemente de modo que el tiempo de adquisición de datos para la sintonización o la nueva sintonización sea corto. Muchos de los códigos correspondientes ocupan posiciones fijas dentro de cada grupo. Por tanto, pueden decodificarse sin referencia a ningún bloque fuera del que contiene esta información.

2.6 En las subportadoras superiores se utiliza un nuevo tipo de grupo C, definido en CEI 62106-2. Cada uno de esos grupos tiene la capacidad de transportar 7 bytes o 56 bits. Utilizando el protocolo de transferencia de archivos (RFT) RDS2 se pueden transmitir archivos de hasta 163 kB asociados a las ODA. Cada ODA respectiva especifica en cada caso cómo utilizar el archivo transmitido en el receptor/decodificador. Cada ODA utiliza una aplicación AID. Los receptores que no implementen las ODA-AID correspondientes pueden descartar los datos recibidos respectivos.

FIGURA 2
Formato y direccionamiento del mensaje en la subportadora básica



Nota 1 – Código de tipo de grupo = 4 bits.

Nota 2 – B_0 = Código de versión = 1 bit.

Nota 3 – Código PI = Código de identificación de programa = 16 bits.

Nota 4 – TP = Código de identificación de un programa de información de tráfico = 1 bit.

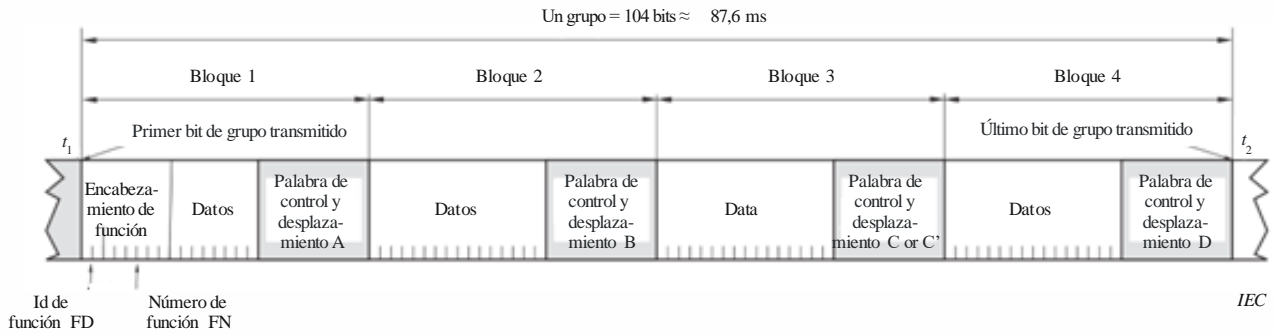
Nota 5 – PTY = Código de tipo de programa = 5 bits.

Nota 6 – Palabra de control + desplazamiento «N» = 10 bits agregados para la protección contra errores y la información de sincronización de bloque o de grupo.

Nota 7 – $t_1 < t_2$: en cada grupo, el bloque 1 se transmite primero y el bloque 4 último.

En la Fig. 3 se ilustra la estructura del tipo de grupo C utilizado en las subportadoras superiores.

FIGURA 3
Formato de mensaje y encabezamiento de función utilizados para la identificación de grupo en las subportadoras superiores



NOTA – El encabezamiento de función (FH) determina íntegramente la identificación del grupo.

CUADRO 1

Ejemplo de códigos de tipo de grupo utilizados en la subportadora básica

Tipo de grupo		Código binario					Aplicaciones
Valor decimal	Código binario						
	A ₃	A ₂	A ₁	A ₀	B ₀		
0	0	0	0	0	X ⁽¹⁾	Información básica de sintonización y conmutación	
2	0	0	1	0	X	Radiotexto	
3	0	0	1	1	0	Identificación de aplicación de datos abierta	
4	0	1	0	0	0	Hora y fecha	
14	1	1	1	0	X	Información ampliada sobre otras redes	
15	1	1	1	1	0	nombre de la cadena de programas largo	
15	1	1	1	1	1	Información básica rápida de sintonización y conmutación	

⁽¹⁾ X indica que el valor puede ser «0» (versión A) o «1» (versión B).

Nota: Pueden utilizarse grupos no enumerados aquí para transportar datos ODA.

En el Cuadro 2 se explican las abreviaturas utilizadas y las características a que corresponden.

CUADRO 2

Lista de abreviaturas y características

Funciones de sintonización	Otras funciones
PI: Identificación del programa	TA: Identificación de información de tráfico
PS: Nombre de la cadena de programas (breve)	DI: Identificación del decodificador
LPS: Nombre de la cadena de programas (largo)	RT/RT+/eRT: Radiotexto/radiotexto plus/radiotexto mejorado
AF: Lista de frecuencias alternativas	CT: Fecha y hora
TP: Identificación de programas de información de tráfico	ODA: Aplicación de datos abierta
PTY: Tipo de programa	TMC: Canal de mensaje de tráfico
EON: Información de otras redes mejorada	RDS2: Con una, dos o tres subportadoras superiores
ECC: Código de país ampliado	RFT: Protocolo de transferencia de archivos RDS2

2.7 Velocidad de repetición: en el Cuadro 3 se indican las velocidades de repetición recomendadas para algunas de las aplicaciones principales cuando se establezcan por la entidad de radiodifusión y solamente en ese caso.

CUADRO 3

Velocidad de repeticiones apropiadas

Aplicaciones	Tipos de grupos que contienen esa información	Velocidad de repetición apropiada (s)
Código de identificación del programa (PI)	Todos	11,4 ⁽¹⁾
Código del tipo de programa (PTY)	Todos	11,4 ⁽¹⁾
Código de identificación del programa de información de tráfico (TP)	Todos	11,4 ⁽¹⁾
Nombre de la cadena de programas (PS)	0A, 0B	1 ⁽²⁾
Pares de código de otras frecuencias posibles (AF)	0A	4 ⁽²⁾
Código de información de tráfico (TA)	0A, 0B, 15B	4
Código de identificación del decodificador (DI)	0A, 0B, 15B	1
Código de música/palabra (M/S)	0A, 0B, 15B	4
Mensaje de radiotexto (RT)	2A, 2B	0,2 ⁽³⁾
Información ampliada sobre otras redes (EON)	14A, 14B	Hasta 2 ⁽⁴⁾

Notas relativas al Cuadro 3:

- (1) Los códigos válidos para este elemento se transmitirán normalmente al menos con esta velocidad de repetición, siempre que el emisor difunda un programa de radiodifusión normal.
- (2) Para transmitir el nombre PS completo se requiere un total de cuatro grupos 0A, por lo que será necesario transmitir cuatro grupos 0A por segundo. Puede reducirse la velocidad de repetición del tipo de grupo 0A si se requiere más capacidad para otras aplicaciones. Es necesario transmitir como mínimo dos grupos de tipo 0A por segundo a fin de asegurar el funcionamiento correcto de las características PS y AF. Debe tenerse en cuenta que en este caso la transmisión de la PS completa durará 2 s. No obstante en condiciones de recepción típicas la introducción de errores originará que el receptor necesite 4 s o más para adquirir el nombre PS para su visualización. PS es estático y no debe utilizarse para transmisión de texto.
- (3) Para la transmisión de un mensaje de radiotexto de 64 caracteres se necesita un total de 16 grupos del tipo 2A, por lo que será necesario transmitir 3,2 grupos del tipo 2A por segundo. Para ciertos juegos de caracteres compuestos de un código de caracteres de 2 bytes la característica de radiotexto mejorada es más adecuada.
- (4) El tiempo máximo de ciclo para la transmisión de todos los datos relativos a todas las cadenas de programas referenciadas mutuamente será inferior a 2 min.

Anexo 2

Características operacionales del sistema de radiocomunicaciones de datos RDS

1 Compatibilidad con las emisiones existentes en ondas métricas con modulación de frecuencia

La frecuencia, nivel y método de modulación de las subportadoras utilizadas para transportar las señales de datos se han elegido cuidadosamente a fin de evitar interferencias en la recepción del programa principal estereofónico o monofónico. Debido a la extrema importancia de estas consideraciones de compatibilidad, en varios países se han realizado pruebas tácticas detalladas y prolongadas. Se ha hallado que en una gran variedad de condiciones de propagación y de receptores, se logra una buena compatibilidad. Sin embargo, en algunos lugares en los que las señales recibidas son muy afectadas por la propagación por trayectos múltiples, puede producirse interferencia a la señal del programa principal. En estas circunstancias, no obstante, incluso en ausencia de señales RDS, la calidad de la señal de programa recibida suele ser mediocre debido a la distorsión.

2 Fiabilidad de recepción de señales radioeléctricas de datos

Cuando se evalúa la fiabilidad de la recepción de señales radioeléctricas de datos es importante dividir las aplicaciones del sistema RDS en dos categorías: cuando se utilizan mensajes cortos y frecuentemente repetidos, por ejemplo, funciones automáticas de sintonización, y cuando se utilizan mensajes más largos que se repiten raramente, por ejemplo, mensajes de radiotexto (RT).

En el caso de condiciones de recepción en el límite de la intensidad de campo (como pudiera ocurrir en una instalación doméstica fija, y con el nivel de inyección recomendado de las señales RDS de ± 2 kHz) es posible una recepción adecuadamente fiable de mensajes cortos para una tensión a la entrada al receptor de sólo unos 15 dB(μ V) (de una fuente de 50 Ω) mientras que para la recepción

con una fiabilidad adecuada de mensajes más largos requeriría una tensión de entrada de unos 20 dB(μ V). Debe destacarse que los valores indicados anteriormente dependen del factor de ruido del receptor que, típicamente, es de unos 7 dB. Estas tensiones de entrada corresponden a proporciones de bits erróneos en la señal recibida antes de la corrección de errores de 1×10^{-2} y 1×10^{-4} , respectivamente. En estas condiciones de intensidad de campo límite, la proporción de bits erróneos en la señal recibida disminuye exponencialmente al aumentar el nivel a la entrada de la antena del receptor. Además, para niveles de inyección de la señal RDS en el transmisor en la gama especificada de ± 1 kHz a $\pm 7,5$ kHz, el nivel de la señal a la entrada de la antena del receptor necesario para alcanzar una proporción de errores determinada aumenta proporcionalmente al disminuir el nivel de inyección y viceversa. Una disminución del nivel de inyección de ± 2 kHz a ± 1 kHz aumenta en 6 dB la tensión a la entrada de la antena que necesita un receptor RDS para alcanzar una proporción de bits erróneos determinada.

Los estudios realizados para determinar el mejor nivel para las señales RDS inyectadas, demostraron que podría lograrse un compromiso entre la compatibilidad con las señales del programa principal por una parte y la fiabilidad de la recepción de la señal RDS por la otra. Sobre todo, se halló que el nivel de inyección recomendado de la señal RDS correspondiente a una excursión de ± 2 kHz por subportadora con respecto a la portadora MF principal constituye el mejor compromiso en una amplia gama de condiciones de recepción.

En el caso de recepción móvil a bordo de vehículos, se halló que la propagación por trayectos múltiples a menudo es el factor predominante para la recepción de la señal RDS. A fin de obtener información sobre la calidad de funcionamiento del sistema RDS en condiciones de recepción limitadas por la propagación por trayectos múltiples, en varios países se realizaron amplias pruebas prácticas en servicio.

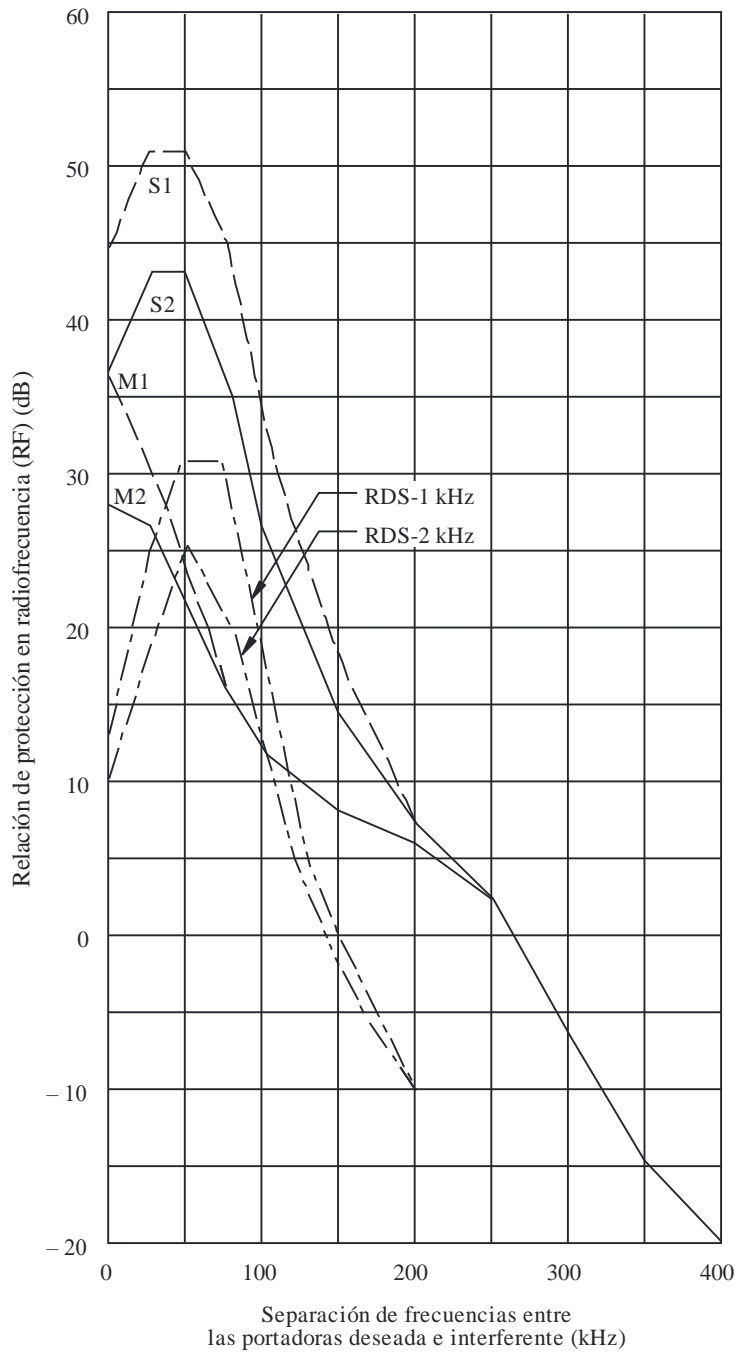
En estas pruebas prácticas, que se realizaron en caminos en los que la recepción de señales desde el transmisor de radiodifusión local estaba muy degradada por la propagación por trayectos múltiples, se comprobó que los mensajes repetidos frecuentemente necesarios para las funciones automáticas de sintonización de los receptores RDS podrán recibirse fiablemente incluso cuando la señal del programa principal recibido estaba muy degradada por la distorsión y el ruido. Como en el caso de las condiciones de recepción limitadas por la intensidad de campo, se halló que la fiabilidad de recepción mejoraba al aumentar el nivel de inyección de la señal RDS en el transmisor. Sin embargo, se halló también que la calidad de funcionamiento adecuado se mantenía hasta el nivel de inyección mínimo de ± 1 kHz permitido por la especificación del sistema RDS.

Se determinó la relación de protección RF necesaria requerida por el sistema RDS para la interferencia procedente de señales radiodifundidas no deseadas, en el mismo canal o en canales adyacentes, mediante mediciones efectuadas en laboratorio utilizando un procedimiento similar al empleado para derivar las relaciones de protección indicadas en la Recomendación UIT-R BS.412. Los resultados de estas mediciones para la interferencia permanente se muestran en la Fig. 4 para RDS con la subportadora básica únicamente. Cabe señalar que para transmisiones que utilizan la separación de canales recomendada de 100 kHz, la relación de protección que necesita el sistema RDS es mucho menor que la requerida para programas estereofónicos. La Fig. 4 muestra que las relaciones de protección para RDS son próximas a las de las señales de programas monofónicos; éstas pueden mejorarse, si se desea, utilizando un mayor nivel de subportadora RDS.

Se observó que las relaciones de protección necesarias para los servicios de radiodifusión monofónica y estereofónica no resultaban afectadas por la inclusión de una subportadora RDS en la señal interferente. Se vio que esto era cierto para excursiones de la portadora principal, causadas por la subportadora, de hasta $\pm 7,5$ kHz.

FIGURA 4

Comparación de las relaciones de protección para monofonía y estereofonía indicadas en la Recomendación UIT-R BS.412 con las medidas para el sistema RDS con la subportadora básica únicamente



Curvas M1: Radiodifusión monofónica; interferencia constante
 M2: Radiodifusión monofónica; interferencia troposférica
 S1: Radiodifusión estereofónica; interferencia constante
 S2: Radiodifusión estereofónica; interferencia troposférica
 RDS-1 kHz: Transmisión de datos con excursión de ± 1 kHz, para interferencia constante; proporción de bits erróneos 1×10^{-3}
 RDS-2 kHz: Transmisión de datos con excursión de ± 2 kHz, para interferencia constante; proporción de bits erróneos 1×10^{-3}