

RECOMENDACIÓN UIT-R BS.1350

REQUISITOS DE SISTEMAS PARA LA MULTIPLEXIÓN DE RADIODIFUSIÓN SONORA CON MODULACIÓN DE FRECUENCIA CON UN CANAL DE DATOS DE SUBPORTADORAS QUE TIENE UNA CAPACIDAD DE TRANSMISIÓN RELATIVAMENTE GRANDE PARA RECEPCIÓN ESTACIONARIA Y MÓVIL

(Cuestión UIT-R 71/10)

(1998)

La Asamblea de Radiocomunicaciones de la UIT,

considerando

- a) la creciente necesidad mundial de un medio adecuado para multiplexar radiodifusión sonora con modulación de frecuencia (MF) con un canal de datos de subportadoras que tiene una capacidad relativamente grande para recepción estacionaria y móvil;
- b) que la radiodifusión sonora MF admitirá transmisiones de datos con capacidades más altas;
- c) que la capacidad de los actuales sistemas de datos en uso corriente en la radiodifusión sonora es limitada;
- d) que los adelantos técnicos de los sistemas de datos de gran capacidad para multiplexión con radiodifusión sonora MF han demostrado la viabilidad técnica de sistemas de datos con capacidades más grandes;
- e) que las pruebas en servicio real y las demostraciones han confirmado la viabilidad de utilizar sistemas de datos de gran capacidad para radiodifusión sonora MF;
- f) que se ha logrado la compatibilidad entre servicios estereofónicos MF que incluyen los servicios de sistemas de datos radioeléctricos (RDS, Radio Data System) de acuerdo con la Recomendación UIT-R BS.643 y cualquier nuevo sistema de subportadoras adicionales;
- g) que para algunas aplicaciones se puede necesitar una capacidad de datos mucho mayor;
- h) que los sistemas de radiocanales de datos de subportadora pueden proporcionar una capacidad relativamente grande de transmisión en comparación con RDS y son capaces de cumplir los requisitos de la Recomendación UIT-R BS.412;
- j) que ya están en servicio sistemas de datos de capacidad de transmisión relativamente grande,

recomienda

- 1** que los sistemas para multiplexar radiodifusión sonora MF con un canal de datos de subportadora que tiene una capacidad de transmisión relativamente grande para recepción estacionaria y móvil:
 - 1) cumplan la actual política de la UIT sobre los derechos de propiedad intelectual;
 - 2) no interfieran con:
 - la radiodifusión principal en la misma portadora o en portadoras adyacentes según se indica en la Recomendación UIT-R BS.412;
 - los servicios RDS y/u otros servicios de subportadoras en la misma portadora o en portadoras adyacentes según se indica en las Recomendaciones UIT-R BS.412 y UIT-R BS.643;
 - los servicios de radionavegación aeronáutica según se indica en la Recomendación UIT-R IS.1009;
 - 3) sean evaluados para la selección teniendo en cuenta las siguientes características y facilidades relativas a las necesidades de la aplicación particular:
 - a) características de funcionamiento del sistema, tales como:
 - fiabilidad de datos en presencia de ruido gaussiano;
 - fiabilidad de datos en condiciones de recepción por trayectos múltiples;
 - fiabilidad de datos con señales de canal adyacente;
 - retardo más corto de extremo a extremo;

- proporción de errores en mensajes para distintas longitudes de mensajes en condiciones de recepción por trayectos múltiples;
 - tiempo de adquisición de sincronización;
- b) otras características del sistema, tales como:
- ciclo de trabajo mínimo para economía de potencia;
 - direccionabilidad del receptor;
 - acceso condicional;
 - soporte de distintos tipos de datos;
 - capacidad de funcionar en una red de servicios de datos;
 - posibilidad de servicios de subportadoras adicionales;
 - capacidad de funcionar independientemente de la red radioeléctrica;
 - acceso a múltiples estaciones;
 - capacidad de redifusión;
- c) conformidad del sistema con la Recomendación UIT-R BS.450;
- d) la capacidad del sistema de minimizar la posible degradación del canal principal de audio y/o RDS en condiciones de recepción con propagación por trayectos múltiples; y
- e) resultados de las pruebas en servicio del sistema;
- 4) se seleccionen y especifiquen identificando al menos las siguientes características generales:
- frecuencia de subportadora;
 - anchura de banda;
 - velocidad de datos de canal;
 - velocidad de datos de información;
 - método de modulación;
 - estructura de paquete y alineación de trama (estructura de datos);
 - método de corrección de errores hacia adelante y de entrelazado;
 - capacidad de detección de errores;
 - nivel de inyección.

NOTA 1 – Estos requisitos y consideraciones se analizan más detalladamente en el Anexo 1. En los Apéndices al Anexo 1 figuran ejemplos de sistemas que pueden ser adecuados para diversas aplicaciones.

ANEXO 1

Requisitos de sistemas para la multiplexión de radiodifusión sonora con modulación de frecuencia con un canal de datos de subportadoras que tiene una capacidad de transmisión relativamente grande para recepción estacionaria y móvil

1 Introducción

1.1 Finalidad

La finalidad de este documento es facilitar la selección de un sistema específico para proporcionar capacidad de transmisión de datos relativamente grande utilizando subportadoras multiplexadas con radiodifusión sonora MF. Se presenta un conjunto de características de sistemas que se deben considerar al seleccionar un sistema para la finalidad mencionada. Estas características se dividen en cuatro aspectos, como sigue:

- **Características generales**, que es una visión general de los parámetros básicos de los sistemas de datos (Sección 3).
- **Características adicionales**, que describen aspectos específicos de cada sistema de datos que tenderán a hacerlo más o menos adecuado para las características especiales de cada sistema (Sección 4).

- **Características de compatibilidad**, que se relacionan con la repercusión cuantitativa del sistema de datos en los servicios existentes, tanto en el canal de radiodifusión que utiliza la misma portadora como en los canales adyacentes (Sección 5).
- **Características de funcionamiento del sistema**, que se relacionan con el funcionamiento del propio sistema de datos (Sección 6).

Se reconoce que las características de compatibilidad de un sistema son importantes, con independencia de la aplicación. Las características de calidad de funcionamiento del sistema dependen de los requisitos específicos de la aplicación prevista. Este documento identifica las características importantes de funcionamiento de sistemas para varias aplicaciones diferentes.

1.2 Requisitos especiales

Como todos los sistemas recomendados por la UIT, el sistema elegido debe satisfacer la actual política de la UIT sobre los derechos de propiedad intelectual. Además, los sistemas propuestos deben haber sido probados en servicio antes de la selección.

1.3 Organización del documento

Los Apéndices 1, 2 y 3 proporcionan descripciones de varios sistemas de datos posibles con referencias a los documentos pertinentes del UIT-R que proporcionan una información más detallada sobre estos sistemas.

2 Aplicaciones del sistema

Las aplicaciones del sistema se basan en las características del receptor, los tipos de datos y las características de transmisión, que se analizan en las Secciones 2.1, 2.2 y 2.3, respectivamente. Una determinada aplicación del sistema conlleva la transmisión de uno o más tipos de datos por transmisores que tienen características diversas, a receptores con una o más características. Dado los tipos de datos particulares, las características del transmisor y las características previstas del receptor que distinguen cualquier aplicación dada, determinadas características de funcionamiento serán más importantes que otras.

2.1 Características del receptor

Las aplicaciones del receptor se distinguen de acuerdo con las siguientes características. Algunos receptores pueden ser suficientemente buenos para velocidades de datos o requisitos de fiabilidad bajos, pero no serán adecuados cuando se requieren velocidades de datos y fiabilidad altas.

2.1.1 Características físicas de la aplicación del receptor

- disponibilidad de alimentación principal al receptor (tamaño de la batería y capacidad);
- calidad de funcionamiento de la antena del receptor;
- movilidad del receptor y velocidad del movimiento;
- factor de ruido del receptor;
- ruido eléctrico ambiente.

2.1.2 Requisitos de datos de la aplicación del receptor

- integridad de datos requerida;
- opciones de direccionabilidad del receptor;
- tipos de tráfico de datos;
- funciones de interfuncionamiento de redes.

Se han identificado varias aplicaciones del receptor como se muestra en el Cuadro 1.

CUADRO 1
Aplicaciones del receptor

Aplicación	Disponibilidad de potencia	Funcionamiento de la antena del receptor	Movilidad
Vehicular	Alta	Regular a buena	0 - 150 km/h
Portable	Baja	Regular	0 - 5 km/h
Personal	Extremadamente baja	Deficiente	0 - 300 km/h
Fija	Muy alta	Buena a excelente	0 km/h

2.2 Tipos de datos

Hay dos tipos de datos. En primer lugar, datos empaquetados, que conllevan comunicación de información que naturalmente está separada en segmentos de datos o mensajes por alguna razón. Usualmente esta segmentación está asociada con un encabezamiento de algún tipo que puede ser utilizado para direccionar los datos a un usuario específico o si no designar algo único sobre ese segmento de información. Los datos empaquetados pueden ser clasificados además sobre la base de la longitud del mensaje. Algunos pueden ser tan cortos como unas decenas de bits mientras que otros pueden ser tan largos como centenas o miles de octetos.

En segundo lugar, datos continuos, que comprenden la comunicación de datos a una velocidad fija de manera que si hay alguna segmentación de datos, ésta se realiza en una capa más alta en la pila de protocolos y que consiste frecuentemente en una secuencia de paquetes.

2.3 Características del sistema de transmisión

- intensidad de campo de la señal y zona de servicios prevista;
- capacidad de los transmisores de direccionar a receptores específicos;
- funciones de interfuncionamiento de redes del transmisor.

3 Características generales y parámetros

Se deben considerar las siguientes características generales al seleccionar un sistema:

- frecuencia de subportadora;
- anchura de banda;
- velocidad de datos de canal;
- velocidad de datos de información;
- método de modulación;
- estructura en paquetes y alineación de trama (estructura de datos);
- método de corrección de errores hacia adelante y de entrelazado;
- capacidad de detección de errores;
- nivel de inyección.

4 Características adicionales

Se deben considerar las siguientes características adicionales al seleccionar un sistema:

- ciclo de trabajo mínimo para economía de potencia;
- direccionabilidad del receptor;

- acceso condicional;
- soporte de diversos tipos de datos;
- capacidad de funcionar en una red de servicios de datos;
- posibilidad de servicios de subportadoras adicionales;
- capacidad de funcionar independientemente de la red radioeléctrica;
- acceso a múltiples estaciones;
- capacidad de redifusión.

5 Características de compatibilidad

Se deben considerar las siguientes características de compatibilidad al seleccionar un sistema:

- interferencia al servicio de radiodifusión principal (en la misma portadora);
- interferencia al RDS y/o a otros servicios de subportadoras (en la misma portadora);
- relación de protección para servicios de radiodifusión (en canales adyacentes);
- relación de protección para el RDS y/o para otros servicios;
- Recomendación UIT-R BS.450;
- relación de protección para radiocomunicaciones aeronáuticas, Recomendación UIT-R IS.1009;
- degradación del canal de audio principal en condiciones de recepción con propagación por trayectos múltiples.

6 Características de calidad de funcionamiento del sistema

Se deben considerar las siguientes características de calidad de funcionamiento al seleccionar un sistema:

- fiabilidad de datos en presencia de ruido gaussiano;
- fiabilidad de datos en condiciones de recepción con propagación por trayectos múltiples;
- fiabilidad de datos en presencia de ruido impulsivo;
- fiabilidad de datos con señales de canal adyacente;
- retardo más corto de extremo a extremo;
- proporción de errores en mensajes para distintas longitudes de mensajes en condiciones de propagación por trayectos múltiples;
- tiempo de adquisición de sincronización.

Es necesario analizar la fiabilidad de datos. Estas características de fiabilidad son determinadas por los métodos de modulación y codificación, así como por otras características del sistema. La fiabilidad de datos se caracteriza típicamente según la proporción de bits erróneos (BER, Bit Error Rate) o la proporción de pérdida de paquetes y la probabilidad de mensajes recibidos correctamente (PCMR, Probability of Correct Message Received) en función de las condiciones del canal.

Con respecto al ruido, estas condiciones se describen normalmente como relación señal/ruido (S/N). Para propagación por trayectos múltiples y ruido, las condiciones se describen desde el punto de vista del perfil de dispersión del retardo por trayectos múltiples y las tasas de desvanecimiento, así como la relación S/N media. En relación con el ruido impulsivo, el canal se describe desde el punto de vista de las potencias de cresta del impulso, la anchura del impulso y la tasa de repetición del impulso. En general, la fiabilidad de datos determina la zona de cobertura y será afectada por el nivel de inyección.

7 Ejemplos de aplicaciones

Se han de considerar varios elementos como las características mínimas requeridas para definir una especificación genérica de un servicio de radiodifusión de datos MF.

- **Canales de servicio I1:** Un canal de servicio que ofrece una manera potente de gestionar acceso a un servicio dado por un terminal de usuario de extremo (sintonización automática, itinerancia de servicios, etc.).
- **Servicios de transferencia de ficheros I2:** Es conveniente que las transferencias de ficheros transparentes sean gestionadas por el sistema con el fin de proporcionar una amplia gama de aplicaciones que utilizan, por ejemplo, soporte lógico normalizado en computadores personales.

- **Servicios en tiempo real I3:** Algunos servicios pueden necesitar tiempo real o retardo máximo asegurado (sistema mundial de determinación de la posición diferencial (DGPS, Differential Global Positioning System)).
- **Acceso condicional I4:** El acceso condicional es una característica esencial para los servicios comerciales.

NOTA – Multiplexión de servicios: un sistema de identificación y gestión de servicios ofrece flexibilidad para difundir varios servicios juntos.

Hay que tener en cuenta la compatibilidad con los futuros servicios de doble banda lateral (DSB, Double Sideband).

Si se considera la definición genérica de cualquier sistema de radiodifusión (de acuerdo con la interfaz de sistemas abiertos de la ISO, el modelo de siete capas), estos siete elementos esenciales se pueden lograr mediante una interpretación común de las interfaces en las capas 3 (I1), 4 (I3, I4) y 5 (I2).

Ésta es la base de un análisis más detallado. En resumen, una norma mundial debe satisfacer las interfaces requeridas.

En las secciones siguientes se dan algunos ejemplos de aplicaciones específicas en funcionamiento o en experimentación, junto con una lista de las características indicadas en las secciones precedentes que son más importantes para cada una de estas aplicaciones.

7.1 Sistema de transporte inteligente (ITS)

El sistema de transporte inteligente (ITS, Intelligent Transportation System) requiere varios tipos de datos para transmitir información relacionada con el transporte. El tipo 1 es para texto, destinado a receptores portátiles con pantallas pequeñas. En general, el texto comprende de 10 a 100 octetos de volumen. El tipo 2 es para texto largo o información gráfica con sencillos mapas de carreteras para la congestión del tráfico y está previsto para receptores móviles (en vehículos). Los volúmenes típicos de datos varían de 100 a 5 000 octetos. El tipo 3 es para datos transparentes e información codificada destinada a la navegación, que incluye equipos con gran memoria (CD-ROM) que tienen mapas de carreteras detallados.

Los requisitos de las comunicaciones de datos varían considerablemente. DGPS es un ejemplo de datos del tipo 3 que requieren un tiempo de entrega corto (<10 segundos), a una velocidad de 10 décimos de octetos por segundo. Se puede necesitar un mensaje de 10 a 20 octetos para actualizar bases de datos, por ejemplo, posición de autobuses o estado de las carreteras. Como las actualizaciones de las bases de datos se utilizan en el vehículo para ayudar al conductor a determinar la mejor ruta, y como la información retardada puede originar decisiones incorrectas de los individuos respecto a las rutas y, por ende, mayores problemas de tráfico para una red de carreteras, el retardo de extremo a extremo es una medida importante para esta aplicación ITS. Los mensajes de actualización de base de datos se repetirán por lo general de manera cíclica. Sin embargo, debido al gran volumen de datos, un fallo en la recepción de una actualización dada debido a errores del canal, entraña que el usuario debe esperar las difusiones siguientes. Esto resultaría en un retardo efectivo mayor, que degradaría el flujo de tráfico de vehículos.

Las siguientes características son las más importantes para las aplicaciones ITS:

- fiabilidad de datos en condiciones de desvanecimiento por propagación por trayectos múltiples y ruido;
- fiabilidad de datos en presencia de ruido impulsivo;
- retardo de extremo a extremo;
- velocidad de datos de información;
- tiempo de adquisición de sincronización;
- capacidad de detección y corrección de errores;
- costo y riesgos de la realización;
- normalización.

Al evaluar los sistemas candidatos para esta aplicación, debe darse una alta prioridad a las características mencionadas anteriormente. Se deben comparar los sistemas candidatos, atendiendo en particular a estas características.

7.2 Aplicaciones de radiobúsqueda

Las aplicaciones de radiobúsqueda requieren la difusión de paquetes relativamente cortos a receptores personales. Una de las características críticas de las aplicaciones de radiobúsqueda es la efectividad de cualquier característica que economice potencia. Esto es importante debido a que los receptores personales disponen de una potencia muy limitada.

La calidad de funcionamiento de las antenas de los receptores personales suele ser también muy deficiente. Para proporcionar servicios fiables de radiobúsqueda, se requiere la retransmisión de los datos, sea por la misma portadora o por otras portadoras, lo que reduce el caudal efectivo. Sin embargo, los requisitos de caudal no son tan estrictos como para algunas otras aplicaciones.

Las siguientes características son importantes para aplicaciones de radiobúsqueda:

- ciclo de trabajo mínimo para economía de potencia;
- costo de la realización;
- direccionamiento del receptor;
- funciones del transmisor para el interfuncionamiento de redes;
- detección y corrección de errores.

7.3 Datos continuos

Para las aplicaciones que se pueden caracterizar como “datos continuos”, los datos que se han de enviar no requerirán ninguna segmentación en la capa física o en la capa de enlace de datos. Si se produce, la segmentación se efectuará en una capa más alta de la pila de protocolos. Esta segmentación de datos, asociada con la aplicación, será transparente en las fronteras naturales de los datos en las capas física y de enlace de datos, según lo impuesto por los sistemas considerados en este documento. Las aplicaciones de datos continuos proporcionan a menudo, pero no siempre, señales fuertes de transmisores de alta potencia con altas antenas y grandes zonas de servicios.

Entre las características importantes de calidad de funcionamiento del sistema cabe citar las siguientes:

- velocidad de datos de información;
- fiabilidad de datos en presencia del ruido gaussiano;
- fiabilidad de datos en condiciones de propagación por trayectos múltiples y ruido;
- fiabilidad de datos con señales de canal adyacente fuertes;
- direccionabilidad del receptor;
- características de acceso condicional.

7.4 Interfaz de transferencia de ficheros

La interfaz de transferencia de ficheros proporciona el transporte de datos mediante transmisión punto a (multi)punto de los proveedores de información a uno o más receptores. Puede ser afectada por las siguientes características:

- direccionabilidad del receptor;
- velocidad de datos de información;
- acceso condicional;
- capacidad de funcionar en una red de servicios de datos.

7.5 Información de texto

La información textual, tales como noticias, boletines meteorológicos, y otra información relacionada con música o programas, es una de las aplicaciones importantes para un sistema de radiodifusión múltiplex MF. Estos servicios de información requieren un alto nivel de fiabilidad contra los errores de transmisión y, por ende, métodos potentes de corrección y detección de errores.

7.6 Información de emergencia

La información de emergencia que da noticias sobre un terremoto, condiciones meteorológicas graves o maremotos es una de las aplicaciones importantes para un sistema de radiodifusión múltiplex MF. Cuando la información de emergencia se transmite a través de un trayecto de radiodifusión MF, un receptor que puede estar recibiendo otro programa visualiza automáticamente la información de emergencia.

7.7 GPS diferencial

[Se suministrará la información.]

8 Ejemplos de sistemas

El Cuadro 2 proporciona un resumen de tres sistemas.

8.1 Sistema A

El sistema de radiocanal de datos (DARC, Data Radio Channel) proporciona un equilibrio muy aceptable de caudal, robustez y anchura de banda ocupada para sustentar múltiples aplicaciones de una subportadora de datos normalizada. El sistema está diseñado para minimizar los efectos de la propagación por trayectos múltiples y el desvanecimiento en el canal en entornos estacionarios y móviles. La detección y corrección de errores tridimensional proporciona recepción de datos virtualmente sin errores en todos los tipos de receptor.

Algunas aplicaciones multiplexadas que DARC sustenta son:

- información visualizada en el receptor en forma de texto multipáginas y gráficos que incluye información de programas audio, noticias, deportes, boletines meteorológicos, datos para la navegación e información turística, aunque no está limitada a estos tipos de información;
- actualización de bases de datos informatizadas y transferencia de ficheros;
- radiobúsqueda/mensajería portátil y acceso condicional (direccionabilidad del receptor);
- corrección de datos de DGPS para receptores portátiles y móviles.

El método de modulación por desplazamiento mínimo controlado por nivel (LMSK, Level-controlled Minimum Shift Keying) de DARC permite una realización fácil y barata del receptor.

El sistema DARC rebasa los requisitos de esta Recomendación del UIT-R. Para las especificaciones de subportadoras MF de DARC, véase la Recomendación UIT-R BS.1194, la Norma ETSI ETS 300 751 y el Apéndice 1.

8.2 Sistema B

El sistema de datos de alta velocidad (HSDS, High Speed Data System) es un protocolo flexible de comunicaciones unidireccionales, que permite utilizar receptores muy pequeños. Los receptores con ciclos de trabajo que varían de 100% a menos de 0,01%, proporcionan la posibilidad de seleccionar el retardo de mensajes, el caudal de datos y la duración de la batería. HSDS puede funcionar como un sistema con un transmisor o con múltiples transmisores. Los múltiples transmisores son acomodados por receptores ágiles en frecuencia, transmisión con desplazamiento temporal y listas de frecuencias alternativas. La fiabilidad se puede mejorar mediante la retransmisión de paquetes.

El sistema emplea multiplexión por división en el tiempo con un sistema de trama directoras, subtramas e intervalos de tiempo. Cada intervalo de tiempo es utilizado para transmitir un solo paquete de datos. En sistemas con múltiples transmisores, cada trama directora HSDS está sincronizada con el tiempo universal coordinado (UTC).

El esquema de corrección de errores varía según la aplicación.

La modulación y codificación del HSDS proporcionan alta velocidad de datos y pequeña anchura de banda, que tienen a la vez una alta eficacia espectral y una repercusión insignificante en el canal principal. El método de modulación empleado es la modulación por desplazamiento de fase con modulación de amplitud (AM-PSK, Amplitude Modulation Phase Shift Keying) con codificación duobinaria. La velocidad de datos de canal es 19 000 bit/s.

La desviación del HSDS se puede fijar entre 3,75 y 7,50 kHz. La utilización de filtros de transmisión selectivos apenas afecta al canal principal en situaciones sin propagación por trayectos múltiples. Los datos pseudoaleatorizados reducen la repercusión en el audio, incluso en condiciones de propagación por trayectos múltiples. La pequeña anchura de banda de HSDS asegura la compatibilidad con el RDS y cumple la Recomendación UIT-R BS.450. Para más información, véase el Apéndice 2.

8.3 Sistema C

El sistema de canal de información de transmisión de subportadoras (STIC, Sub-carrier Transmission Information Channel) fue desarrollado para el Departamento de Transportes de Estados Unidos de América con miras a apoyar las actividades de su sistema de transporte inteligente (ITS). El sistema ha sido optimizado para utilizarlo en radiodifusión de datos ITS a receptores en vehículos. Utiliza una versión de la modulación DQPSK en una subportadora de 72,2 kHz,

con una velocidad de símbolos de 9 025 símbolos por segundo (18 050 bit/s). Se utiliza un método concatenado de codificación con corrección de errores hacia adelante (FEC) que incorpora codificación convolucional con decodificación de Viterbi, codificación de Reed-Solomon y dos entrelazadores.

Debido a este código concatenado, este sistema es robusto en condiciones de recepción con propagación por trayectos múltiples y ruido, especialmente para mensajes largos. El sistema proporciona un caudal neto de 7 600 bit/s, además de alguna capacidad para datos con retardo corto, según la estructura de trama seleccionada. (El trayecto de datos con retardo corto está previsto para GPS diferencial (DGPS) y/u otros mensajes de alta prioridad de carácter urgente.)

El sistema es compatible con RDS así como con el canal estereofónico principal. Es compatible también con las características de acceso condicional y direccionabilidad del receptor, aunque no las incluye explícitamente.

La capacidad de admitir múltiples proveedores de servicio es posible gracias a la estructura de paquetes definida para el sistema. En vista de los largos paquetes utilizados, la identificación del proveedor del servicio es muy eficaz desde el punto de vista de la capacidad de velocidad de datos.

Se proyectan mejoras del sistema que proporcionarán características de economía de potencia y opciones para funcionamiento a velocidades de datos más altas. Para más información, véase el Apéndice 3.

CUADRO 2

Resumen de sistemas

	Sistema A (Rec. UIT-R BS.1194)	Sistema B	Sistema C
Parámetros			
Frecuencia subportadora	76 kHz	66,5 kHz	72,2 kHz
Anchura de banda	44 kHz (-40 dB)	16 kHz (60 ó 76 kHz a -60 dB)	16 kHz (-50 dB)
Velocidad binaria de datos de canal	16 kbit/s	19 kbit/s	18,05 kbit/s
Velocidad de datos de información	Método A - 6,83 kbit/s Método B - 6,95 kbit/s Método C - 9,78 kbit/s	Paquetes - 10,51 kbit/s Pequeños bloques - 8,3 kbit/s	7,6 kbit/s + datos con poco retardo
Método de modulación	LMSK	Modulación de amplitud duobinaria con doble banda lateral y portadora suprimida	DQPSK desplazada $\pi/4$
Corrección de errores	(272, 190) código de producto	Entrelazado de paquetes Hamming (12, 8) Bloques pequeños de paquetes con dispersión en el tiempo y Hamming adicional	Reed-Solomon (243, 228) + código convolucional 1/2
Detección de errores	14 bits de CRC	16 bits de CRC	Realizada por la decodificación Reed Solomon
Nivel de inyección	Varía de 3 kHz a 7,5 kHz	3,75 kHz a 7,5 kHz nominalmente 7,5 kHz	Nominalmente 7,5 kHz
Características adicionales			
Ahorro de potencia	Sí, en receptores corrientes	Sí, ciclos de trabajo de 0,01% a 100%	
Direccionabilidad del receptor	Sí	Sí	Sí
Soporte de diferentes tipos de datos	Sí	Sí	Sí
Posibilidad de servicios de subportadoras adicionales	No	Sí	Sí
Acceso a múltiples estaciones	Sí	Sí, incluida transmisión con diferencia de hora para datos de tipo radiobúsqueda	Sí

CUADRO 2 (CONTINUACIÓN)

Resumen de sistemas

	Sistema A (Rec. UIT-R BS.1194)	Sistema B	Sistema C
Características de compatibilidad			
Programa audio	Véase la Rec. UIT-R BS.1194 (Sección 2, Anexo 2)	Véase el Apéndice 2	Véase el Apéndice 3
Relación de protección	Véase la Rec. UIT-R BS.1194 (Sección 4, Anexo 2)	Véase el Apéndice 2	Véase el Apéndice 3
RDS	Véase la Rec. UIT-R BS.1194 (Sección 3, Anexo 2)	Véase el Apéndice 2	
Rec. ITU-R BS.450	(Frecuencia subportadora, véase la Nota 1)	Completamente	
Servicios de radionavegación aeronáutica			
Audio en trayectos múltiples	Véase la Rec. UIT-R BS.1194 (Anexo 2)	Véase el Apéndice 2	
Redifusión	Sí	Sí	Sí
Características de calidad de funcionamiento			
BER (con ruido gaussiano)	Véase la Rec. UIT-R BS.1194 (Sección 1, Anexo 2)	Véase el Apéndice 2	Véase el Apéndice 3
BER (con propagación por trayectos múltiples y desvanecimientos)	Véase la Rec. UIT-R BS.1194 (Sección 1, Anexo 2)	Véase el Apéndice 2	Véase el Apéndice 3
BER (con ruido impulsivo)			
Retardo más corto de extremo a extremo			
Proporción de errores en mensajes para diversas longitudes de mensaje en condiciones de propagación por trayectos múltiples		Véase el Apéndice 2	Véase el Apéndice 3

NOTA 1 – En la Recomendación UIT-R BS.450 figuran directrices sobre frecuencias subportadoras y niveles de inyección. Se ha efectuado un gran número de pruebas de relaciones de protección para el sistema A.

APÉNDICE 1

Descripción de sistemas: Sistema A

1 Sistema A

El sistema de radiocanal de datos (DARC, Data Radio Channel) proporciona un equilibrio muy aceptable de caudal, robustez y anchura de banda ocupada para sustentar múltiples aplicaciones de una subportadora de datos normalizada. El sistema está diseñado para minimizar los efectos de la propagación por trayectos múltiples y el desvanecimiento en el canal en entornos estacionarios y móviles. La detección y corrección de errores tridimensional proporciona recepción de datos virtualmente sin errores en todos los tipos de receptor.

Algunas aplicaciones multiplexadas que DARC sustenta son:

- información visualizada en el receptor en forma de texto multipáginas y gráficos que incluye información de programas audio, noticias, deportes, boletines meteorológicos, datos para la navegación e información turística, aunque no está limitada a estos tipos de información;
- actualización de bases de datos informatizadas y transferencia de ficheros;
- radiobúsqueda/mensajería portátil y acceso condicional (direccionabilidad del receptor);
- corrección de datos del DGPS para receptores portátiles y móviles.

El método de modulación por desplazamiento mínimo controlado por nivel (LMSK, Level-controlled Minimum Shift Keying) de DARC permite una realización fácil y barata del receptor.

El sistema DARC rebasa los requisitos de esta Recomendación del UIT-R. Para las especificaciones de subportadoras MF de DARC, véase la Recomendación UIT-R BS.1194 y la Norma ETSI ETS 300 751.

APÉNDICE 2

Descripción de sistemas: Sistema B

1 Introducción

El sistema de datos de alta velocidad (HSDS, High Speed Data System) es un protocolo flexible de comunicaciones unidireccionales, que permite utilizar receptores muy pequeños. Los receptores con ciclos de trabajo que varían de 100% a menos de 0,01%, proporcionan la posibilidad de seleccionar el retardo de mensajes, el caudal de datos y la duración de la batería. El sistema HSDS puede funcionar como un sistema con un transmisor o con múltiples transmisores. Los múltiples transmisores son acomodados por receptores ágiles en frecuencia, transmisión con desplazamiento temporal y listas de frecuencias alternativas. La fiabilidad se puede mejorar mediante la retransmisión de paquetes.

El sistema emplea multiplexación por división en el tiempo con un sistema de trama directoras, subtramas e intervalos de tiempo. Cada intervalo de tiempo es utilizado para transmitir un solo paquete de datos. En sistemas con múltiples transmisores, cada trama directora HSDS está sincronizada con el tiempo universal coordinado (UTC).

El esquema de corrección de errores varía según la aplicación.

La modulación y codificación de HSDS proporcionan alta velocidad de datos y pequeña anchura de banda, que tienen a la vez una alta eficacia espectral y una repercusión insignificante en el canal principal. El método de modulación empleado es la modulación por desplazamiento de fase con modulación de amplitud (AM-PSK, Amplitude Modulation Phase Shift Keying) con codificación duobinaria. La velocidad de datos de canal es 19 000 bit/s.

La desviación del HSDS se puede fijar entre 3,75 y 7,50 kHz. La utilización de filtros de transmisión selectivos apenas afecta al canal principal en situaciones sin propagación por trayectos múltiples. Los datos pseudoaleatorizados reducen la repercusión en el audio incluso en condiciones de propagación por trayectos múltiples. La pequeña anchura de banda de HSDS asegura la compatibilidad con el RDS y cumple la Recomendación UIT-R BS.450. Para más información, véase el Apéndice 2.

Para una breve descripción de este sistema, véase también el Doc. 10B/46, septiembre de 1995.

2 Capa física

2.1 Modulación

El esquema de modulación del HSDS satisface los siguientes criterios:

- no interferencia con receptores radioeléctricos MF;
- compatibilidad con las Recomendaciones del UIT-R;
- simplicidad en la realización del circuito integrado del demodulador;
- receptor móvil barato con un factor pequeño;

- característica adecuada de proporción de bits erróneos en presencia de ruido;
- zona de cobertura comercialmente satisfactoria;
- velocidad de datos relativamente alta.

La frecuencia subportadora del HSDS es 66,5 kHz, y está enganchada en fase a la señal piloto con una diferencia de fase de aproximadamente 63° . Se utiliza modulación de amplitud con portadora suprimida y doble banda lateral. La codificación duobinaria emplea interferencia entre símbolos controlada para lograr una eficacia de 1 bit/segundo/Hz. La técnica de codificación duobinaria logra este resultado utilizando un filtro para crear interferencia entre símbolos que combina el bit de datos vigente y anterior, creando una señal de salida de tres niveles en el demodulador.

2.2 Compatibilidad con el canal de audio principal

El HSDS está más de 60 dB por debajo de la señal piloto fuera de la envolvente de la subportadora y utilizan aleatorización de datos para “blanquear” cualesquiera otros elementos de señales audibles, evitando la generación de tonos en la porción de audio de la banda. A continuación se resumen las pruebas efectuadas en laboratorio que muestran la compatibilidad con el canal de audio principal en un entorno de propagación por trayectos múltiples.

Para estas pruebas, el simulador de canal RF se fijó para suponer características estáticas de propagación por trayectos múltiples. La Figura 1 muestra una visualización del espectro de la banda de base en una situación sin desvanecimientos. La Figura 2 muestra la misma banda de base en una situación con desvanecimientos, con una relación señal deseada/no deseada (D/U, Desired/Undesired) de 5 dB, retardo de 8 μ s y desplazamiento de fase de 120° .

En estas condiciones, la relación señal/ruido (S/N) de audio puede ser deteriorada por la subportadora.

La Figura 3 muestra la configuración de prueba en el laboratorio. Se utilizó un receptor de prueba con un filtro selectivo de 300 kHz enfrente del analizador de audio. La desviación del HSDS se fijó en 5,5 kHz, cuando no se indicó otra cosa.

Durante la prueba, se utilizaron diferentes relaciones D/U de 5, 10 y 15 dB en las mediciones. La relación D/U más baja resultó en la peor deterioración de la relación S/N.

La Figura 4 muestra la relación S/N de audio en condiciones con desvanecimientos y una relación D/U de 5 dB. La figura muestra esto con diferentes retardos de propagación por trayectos múltiples, obtenidos activando y desactivando el HSDS. La diferencia debida al HSDS es despreciable.

FIGURA 1
Espectro de banda de base sin desvanecimiento

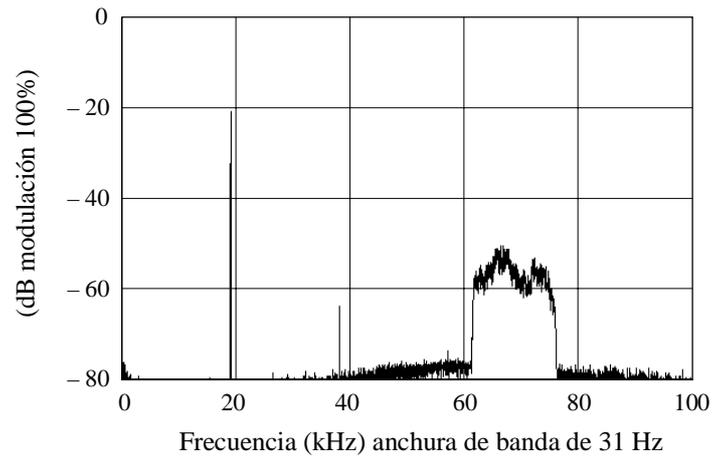


FIGURA 2
Espectro de banda de base con desvanecimiento

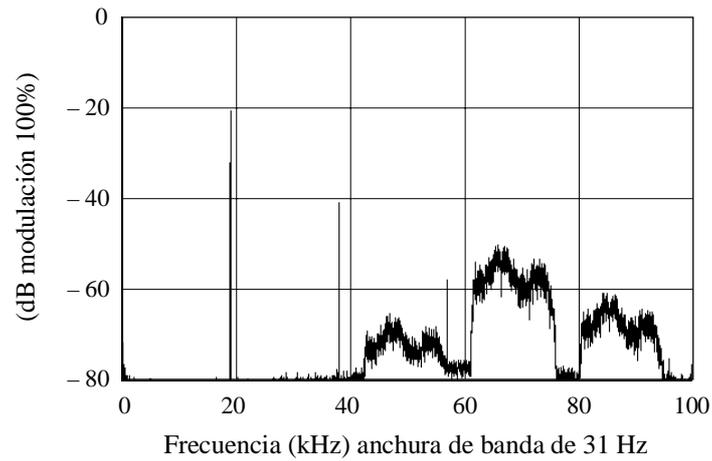
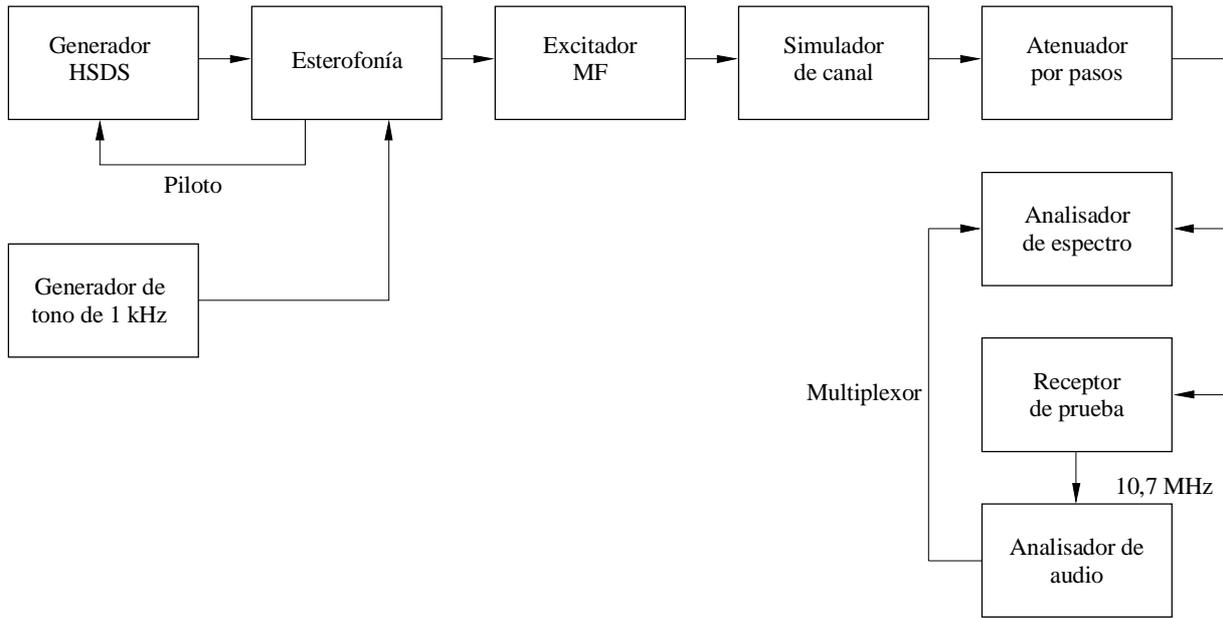
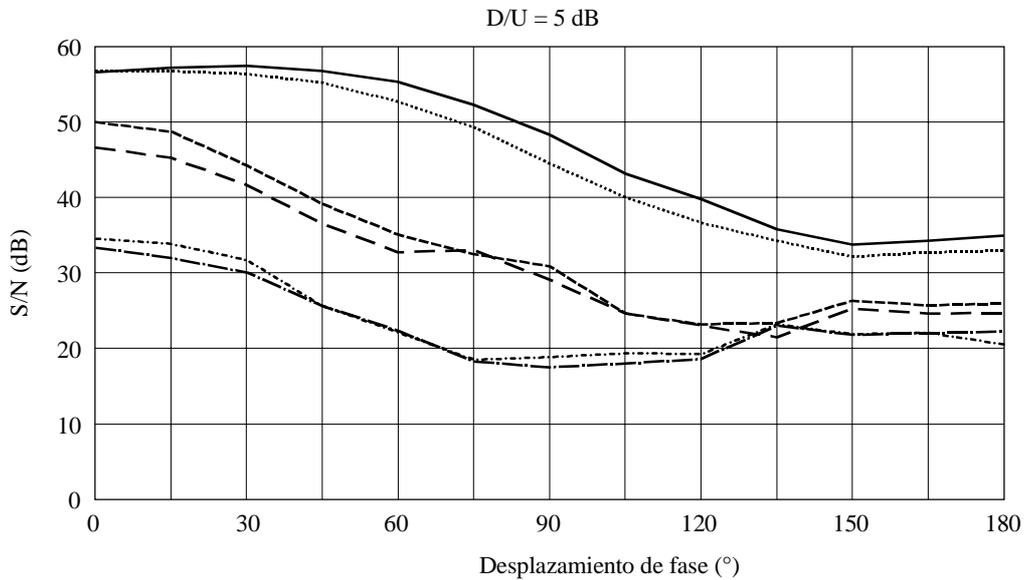


FIGURA 3
Configuración de prueba en laboratorio de la relación S/N de audio



1350-03

FIGURA 4
Relación S/N de audio en función del desplazamiento de fase en propagación por trayectos múltiples



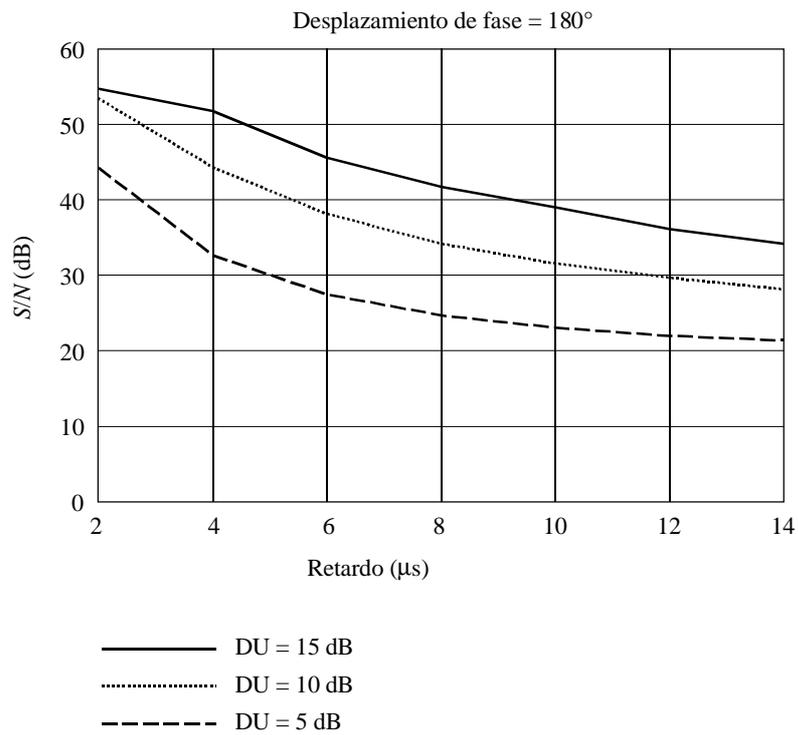
- Retardo = 4 μ s, sin HSDS
- Retardo = 4 μ s, con HSDS
- Retardo = 8 μ s, sin HSDS
- - - - Retardo = 8 μ s, con HSDS
- · - · - Retardo = 12 μ s, sin HSDS
- · - · - Retardo = 12 μ s, con HSDS

1350-04

Durante la prueba se utilizaron diferentes desplazamientos de fase de hasta 180° en las mediciones. Según lo previsto, el desplazamiento de fase mayor resultó en la peor deterioración de la relación S/N.

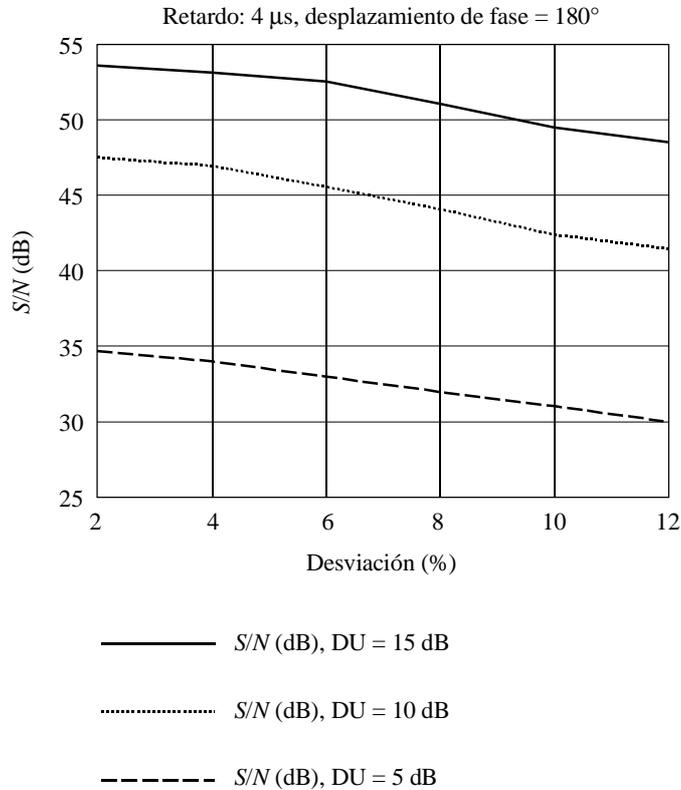
La Figura 5 muestra la relación S/N con un desplazamiento de fase de 180° en función del retardo debido a la propagación por trayectos múltiples. Esto se hizo para tres relaciones D/U diferentes.

FIGURA 5
Relación S/N de audio en función del retardo debido a la propagación por trayectos múltiples



La Figura 6 muestra la relación S/N de audio con un desplazamiento de fase de 180° en función de la desviación. Esto se hizo para tres relaciones D/U diferentes.

FIGURA 6
Relación S/N de audio en función de la desviación debida a la propagación por trayectos múltiples

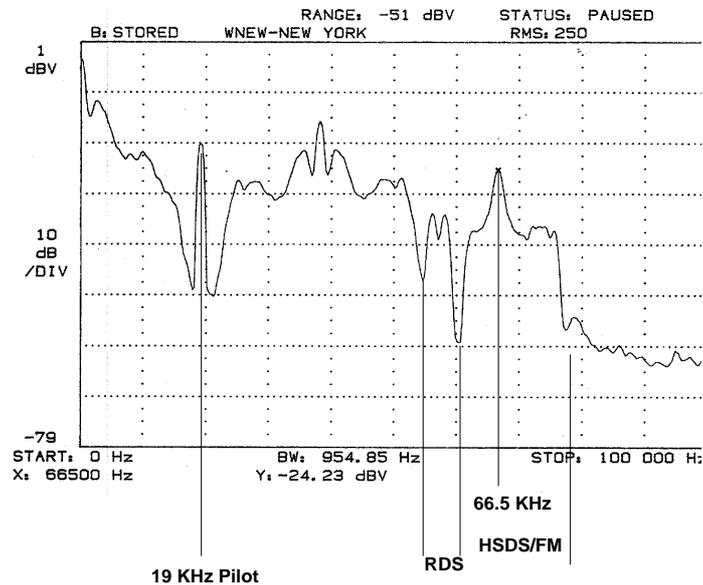


1350-06

2.3 Compatibilidad con el RDS (Recomendación UIT-R BS.643)

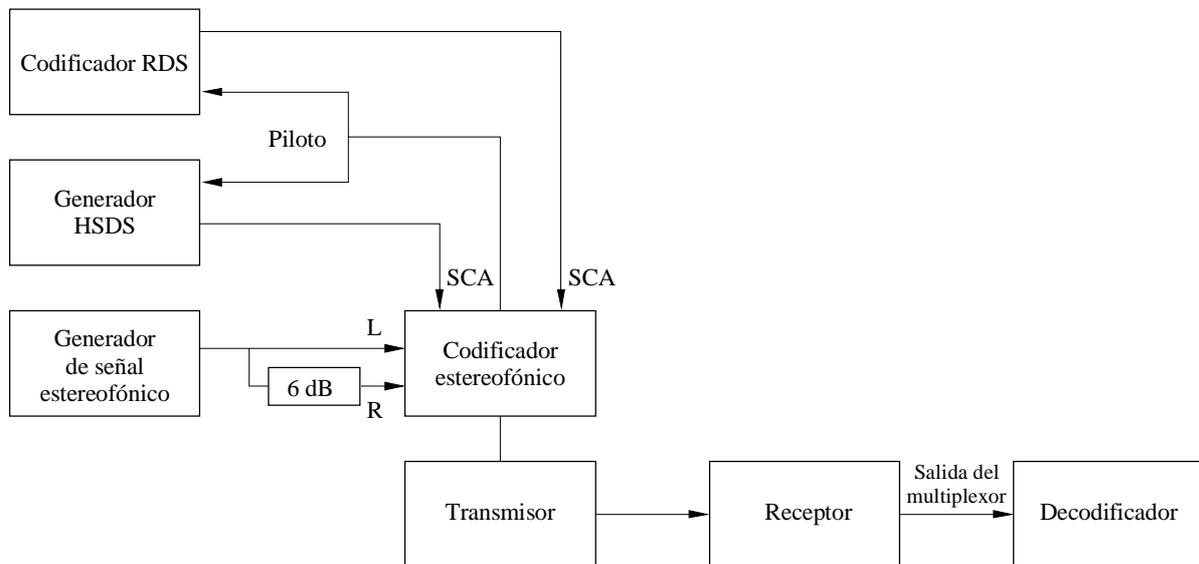
El gráfico de la Figura 7 ilustra la compatibilidad espectral con el sistema RDS.

FIGURA 7
Compatibilidad con el RDS (Recomendación UIT-R BS.643)



A continuación se resumen las pruebas efectuadas en laboratorio que muestran la compatibilidad del HSDS con el RDS. La Figura 8 ilustra el sistema de medición para un prueba en laboratorio de la compatibilidad del HSDS con el RDS. El transmisor fue modulado con RDS, HSDS y ruido coloreado. Un atenuador de 6 dB originó una señal S en el múltiplex aproximadamente 10 dB más baja que la señal M. La desviación fue: audio 60 kHz, señal piloto 7,5 kHz y RDS 2 kHz. La salida del múltiplex del receptor se alimentó en el decodificador RDS con un contador para la proporción de errores en los bloques. Esta proporción da los porcentajes de bloques defectuosos, durante los 100 bloques precedentes. Se midió una proporción de 10 bloques erróneos por punto de medición en un período de 20 segundos y después se sacó el promedio.

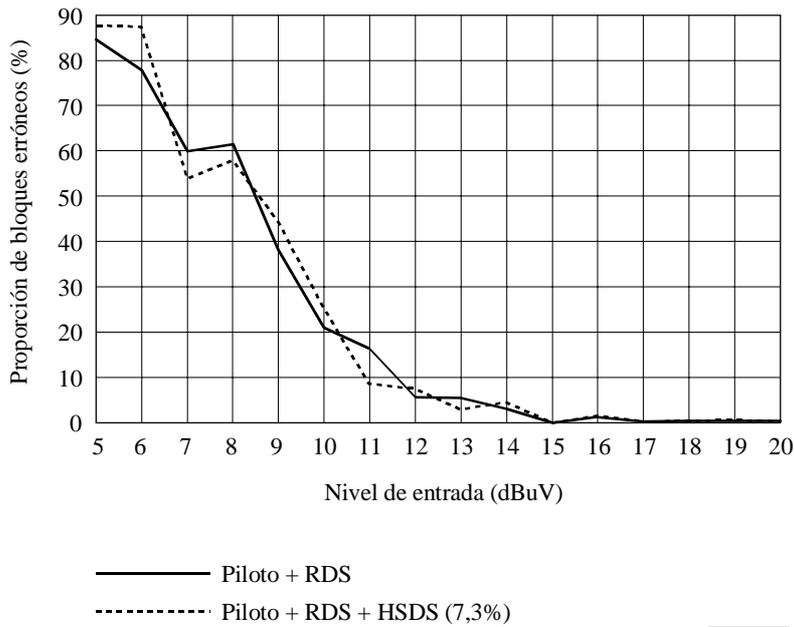
FIGURA 8
Constelación de pruebas en laboratorio de la compatibilidad con el RDS



SCA: adaptador de portadora secundaria

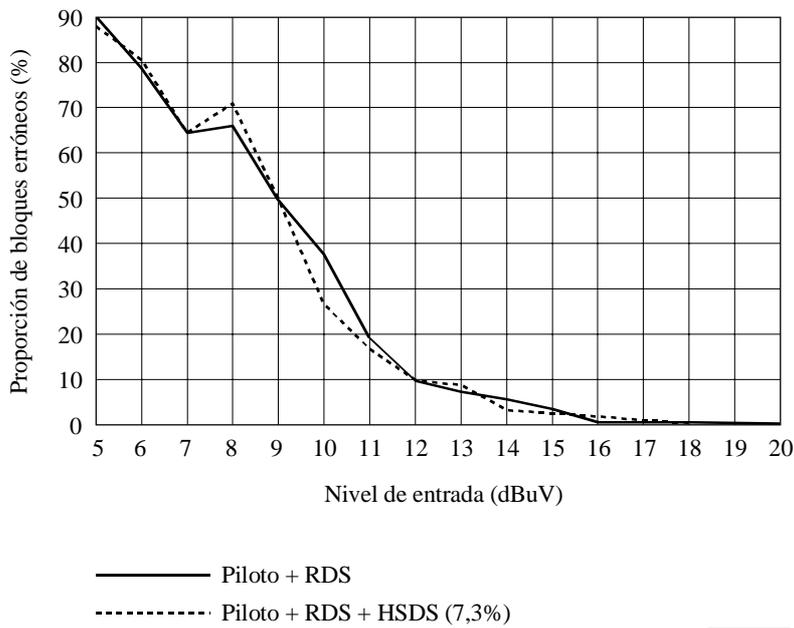
En las Figuras 9 a 12 se presentan los resultados de las pruebas . Estos resultados muestran la influencia de la desviación del HSDS (5,5 kHz y 7,5 kHz) y el efecto de la presencia del canal de audio principal. Se puede observar que el sistema HSDS no causa interferencia al sistema RDS.

FIGURA 9
Interferencia del HSDS al RDS



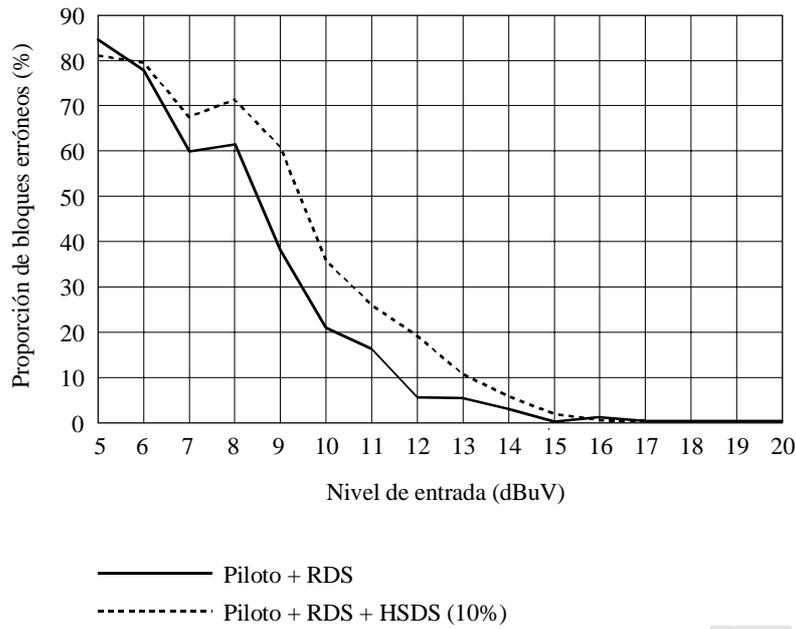
1350-09

FIGURA 10
Interferencia del HSDS al RDS



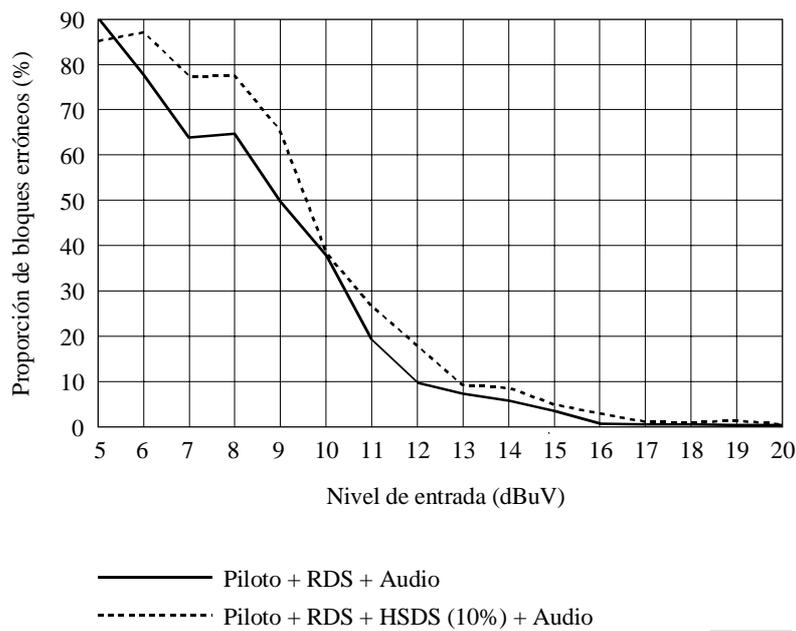
1350-10

FIGURA 11
Interferencia del HSDS al RDS



1350-11

FIGURA 12
Interferencia del HSDS al RDS

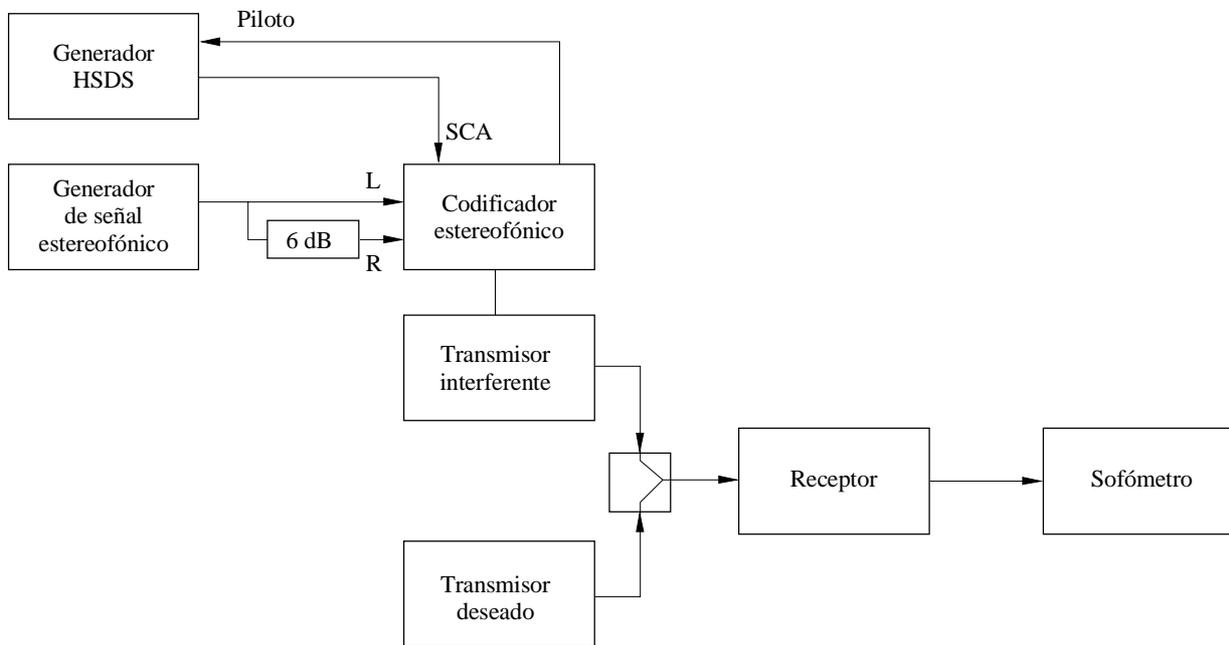


1350-12

2.4 Relaciones de protección para radiofrecuencias

A continuación se resumen las pruebas de laboratorio que muestran las relaciones de protección para radiofrecuencias. Estas relaciones de calcularon utilizando transmisores estereofónicos sin limitadores, en contraste con lo indicado en la Recomendación UIT-R BS.641. De este modo, la señal interferente es mucho más fuerte y da relaciones de protección más estrictas. La conclusión que se saca de los resultados de las pruebas es que las relaciones de protección para radiofrecuencias no fueron afectadas por la señal HSDS adicional. La Figura 13 muestra el sistema de medición.

FIGURA 13
Configuración de prueba de las relaciones de protección para radiofrecuencias

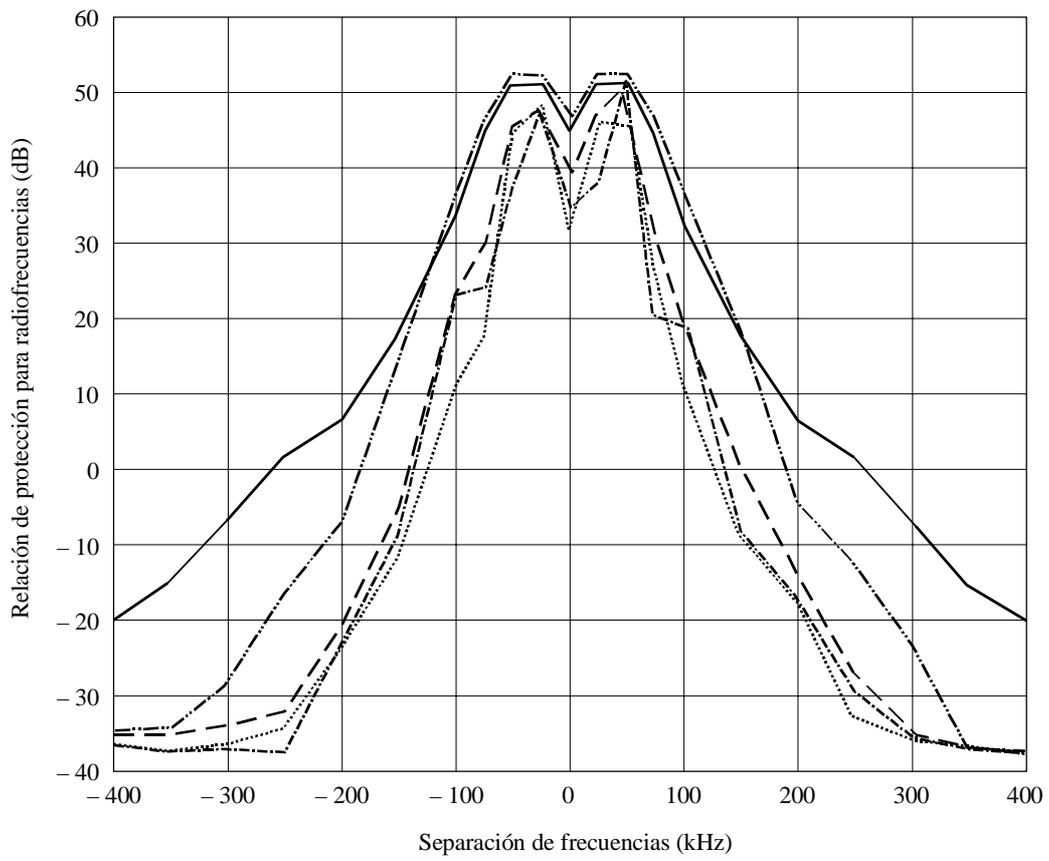


SCA: adaptador de portadora secundario

1350-13

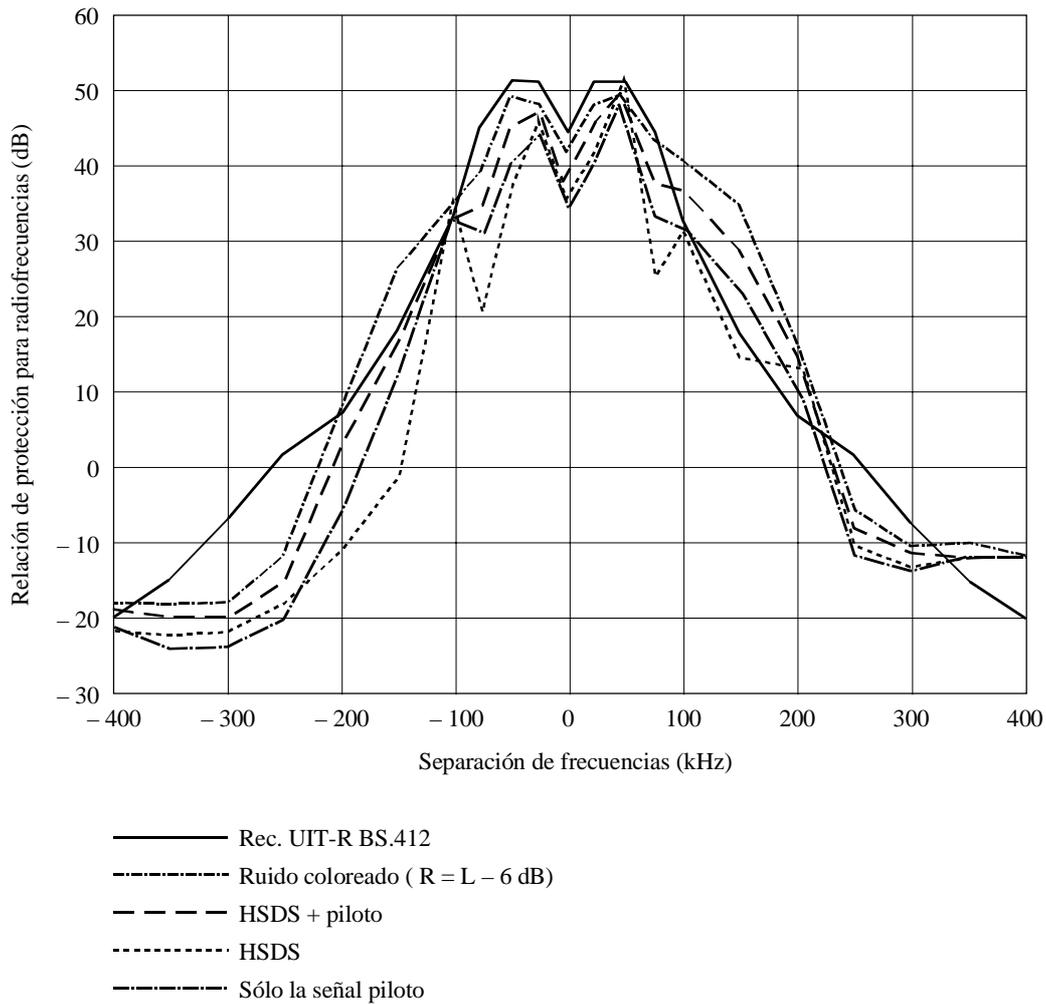
El transmisor interferente fue modulado con ruido coloreado (véase la Recomendación UIT-R BS.559) o con la señal HSDS. El transmisor interferente funcionó en modo estereofónico, que representa la situación real de radiodifusión. La desviación de frecuencia del transmisor interferente se ajustó utilizando un tono sinusoidal de 500 Hz, que originó una desviación de cresta de ± 19 kHz. Este tono fue reemplazado después con ruido coloreado, que tiene un nivel de valor eficaz igual a la entrada del canal a mano izquierda. La desviación del transmisor deseado se ajustó utilizando un tono sinusoidal de 500 Hz, que originó una desviación de cresta de ± 40 kHz y fue desactivado durante las pruebas. La desviación de la señal HSDS se fijó en 5,5 kHz, que es un valor práctico en el caso de la radiodifusión holandesa. El nivel de salida del transmisor deseado fue 57 dB μ V. El primer receptor utilizado fue un receptor profesional de Studer (A764) y el segundo un receptor comercial de Philips (FT9410). Las Figuras 14 y 15 muestran los resultados de estas pruebas. La conclusión que se sacó de estos resultados es que el sistema HSDS no afecta a las relaciones de protección para radiofrecuencias.

FIGURA 14
Relación de protección para radiofrecuencias



- Rec. UIT-R BS.412
- · - · - · - Ruido coloreado (R = L - 6 dB)
- - - - - HSDS + piloto
- - - - - HSDS
- Sólo la señal piloto

FIGURA 15
Relación de protección para radiofrecuencias



1350-15

3 Capa de enlace

La capa de enlace incorpora las características requeridas para que un enlace de datos de transmisor sea fiable. Estas características comprenden la estructura de trama y de paquete (tamaño, palabra de sincronización, detección y corrección de errores).

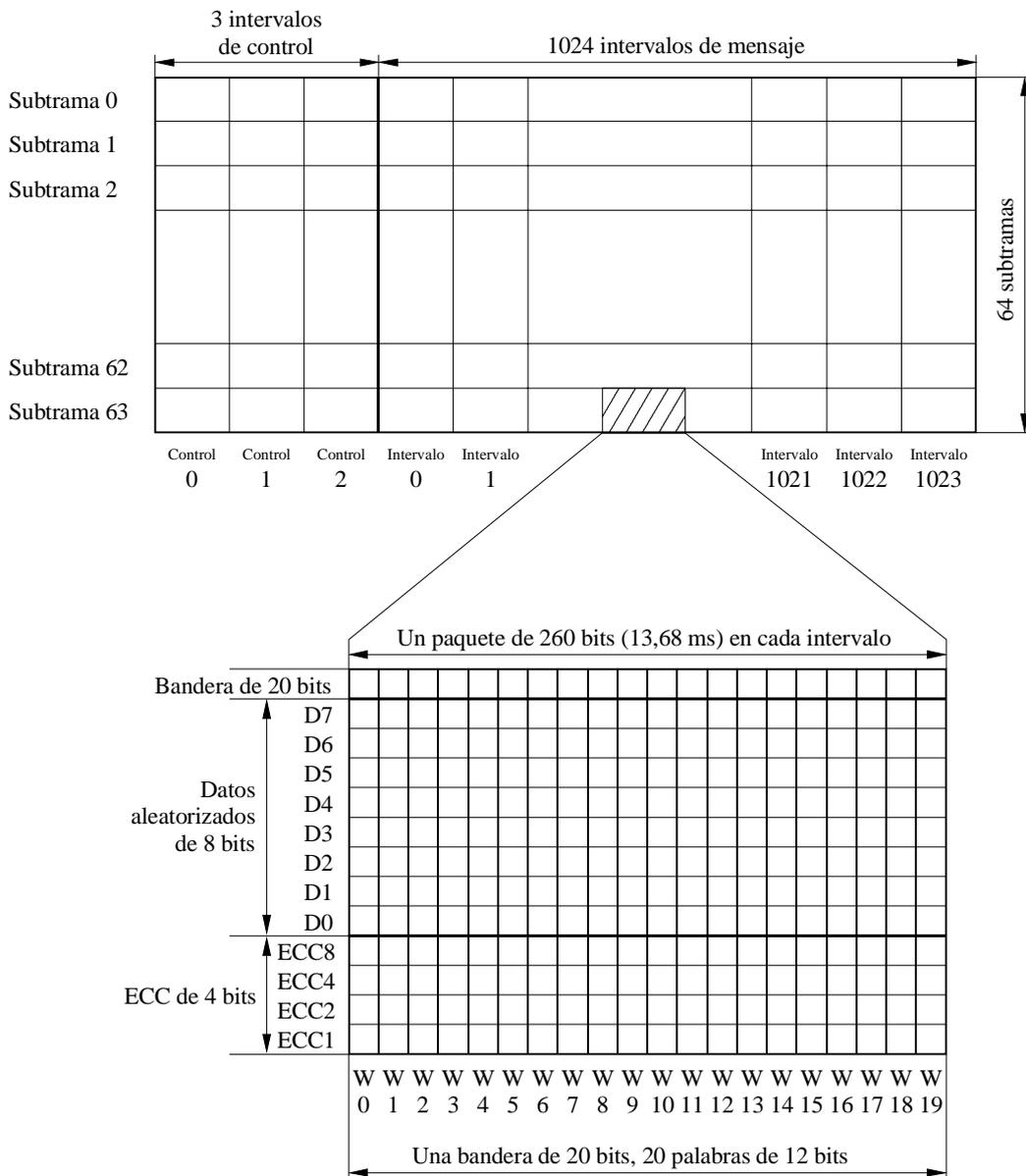
3.1 Estructura de los paquetes

El sistema HSDS emplea paquetes de datos de longitud fija. La Figura 16 ilustra la estructura de paquete utilizada en el protocolo HSDS. Cada paquete tiene 260 bits. Los bits del formato de paquete en cada paquete definen la estructura del paquete. Un paquete típico consiste en una bandera de palabra de sincronización, el código de corrección de errores (ECC, Error Correction Code), los bits de información y el código de detección de errores.

Los bits de información de las capas más altas consisten en 18 octetos (8 bits por octeto) por paquete. De los 18 octetos se genera una prueba por redundancia cíclica (CRC) de 16 bits (dos octetos) normalizada del UIT-T y se añade al final del paquete, creando así una unidad de datos de enlace de 20 octetos. El primer octeto (el número de intervalo que aumenta) de la unidad de datos de 20 octetos es 0 exclusiva con cada uno de los 19 octetos restantes, creando así datos pseudoaleatorizados para minimizar las distorsiones de señal debidas a la recepción de propagación por trayectos múltiples, etc.

Al final de cada octeto de datos aleatorizados se añaden 4 bits de ECC de Hamming. Este método de corrección de errores proporciona la detección y corrección de bits erróneos en 12 bits, o sea, una capacidad de corrección del 8,3%, que es razonablemente eficaz y facilita la decodificación.

FIGURA 16
Estructura de trama y de paquete



1350-16

Para aumentar la capacidad de corrección de errores en ráfagas, los datos son entrelazados, lo que proporciona inmunidad contra ráfagas de 20 bits erróneos. La palabra de sincronización es establecida por una secuencia de banderas de 20 bits al principio de cada paquete. El Cuadro 1 muestra los pasos realizados por el codificador del transmisor de la capa de enlace y los pasos inversos realizados por el decodificador del receptor.

La doble corrección de errores en un tren de paquetes (bloques pequeños) está en prueba para las aplicaciones que tienen restricciones de potencia menos severas y que requieren más alta fiabilidad de datos.

CUADRO 1

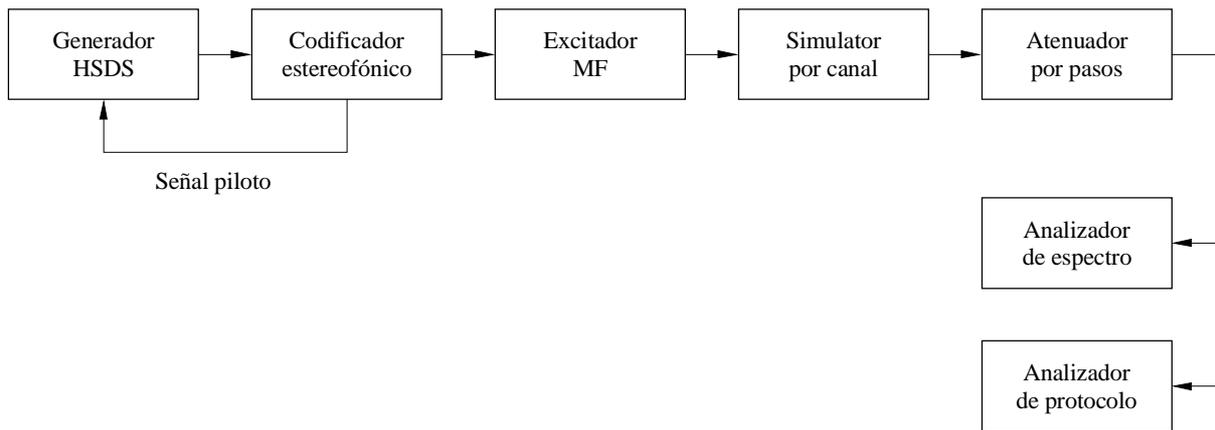
Pasos para la codificación y decodificación de la estructura de paquete

Paso	Codificador del transmisor	Decodificador del receptor
1	Calcular y añadir CRC	Hallar bandera
2	Aleatorizar datos	Desentrelazar datos
3	Añadir corrección de errores	Aplicar corrección de errores
4	Entrelazar datos	Desaleatorizar datos
5	Añadir bandera	Calcular y comparar CRC

3.2 Características de proporción de bits erróneos

Se evaluó la característica de la proporción de bits erróneos (BER) en condiciones con desvanecimiento y sin desvanecimiento utilizando la configuración de prueba ilustrada en la Figura 17. Durante las pruebas, la portadora principal fue modulada sin audio.

FIGURA 17
Configuración de pruebas en laboratorio de la BER



1350-17

Durante las mediciones en condiciones sin desvanecimientos, se desactivó el simulador de canal RF (HP 11759C). En las mediciones con desvanecimientos, se utilizó un canal Rayleigh de 4 derivaciones, que simula una velocidad de 80 km/h de un vehículo. Los ajustes de las derivaciones se muestran en el Cuadro 2 y son representativas de las condiciones observadas durante un trayecto por la zona rural de Holanda.

CUADRO 2

Ajustes de derivaciones del simulador de canal RF

Número de derivaciones	Retardo de derivación (μs)	Atenuación de derivación (dB)
1	0	0
2	0,15	6
3	0,50	7
4	3,35	15

La Figura 18 muestra la BER del sistema HSDS en condiciones sin desvanecimientos en función del nivel de entrada de la señal para desviaciones de 5,5 kHz y 7,5 kHz. La Figura 19 la muestra en condiciones con desvanecimientos, promediada.

3.3 Característica de proporción de paquetes completos

La dispersión estadística de los errores en los bits afecta de manera variable a los paquetes de datos. Estos paquetes afectados pueden aún ser recuperados, utilizando la recuperación tras error en el nivel paquetes. La estructura de paquete se describe anteriormente y la proporción de paquetes completos (PCR, Packet Completion Rate) recibidos es una medida del éxito de la recuperación de los datos de transporte en presencia de bits erróneos.

La característica de PCR del sistema HSDS en función del nivel de entrada de señal en condiciones sin desvanecimientos y con desvanecimientos se evaluó utilizando la misma configuración de prueba ilustrada en la Figura 17. La Figura 20 muestra la PCR en condiciones sin desvanecimientos para desviaciones de 5,5 y 7,5 kHz y la Figura 21 en condiciones con desvanecimientos.

FIGURA 18
Características de BER en condiciones sin desvanecimientos

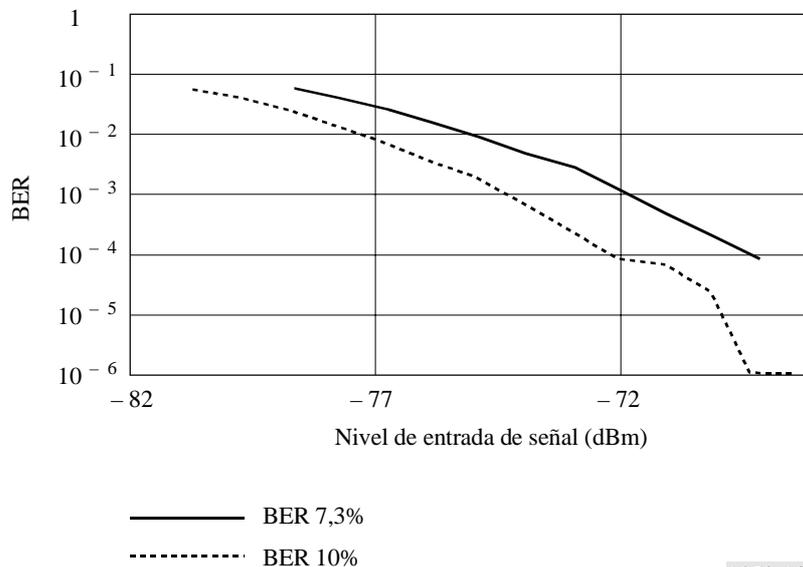
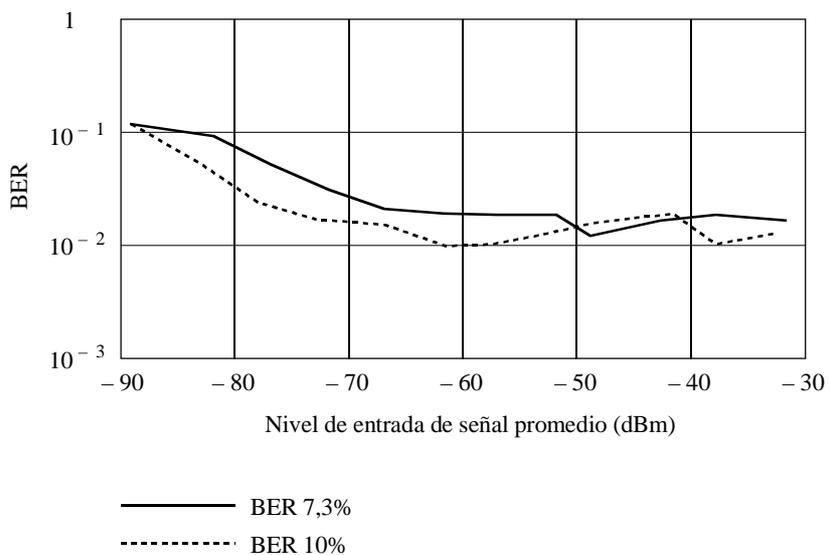
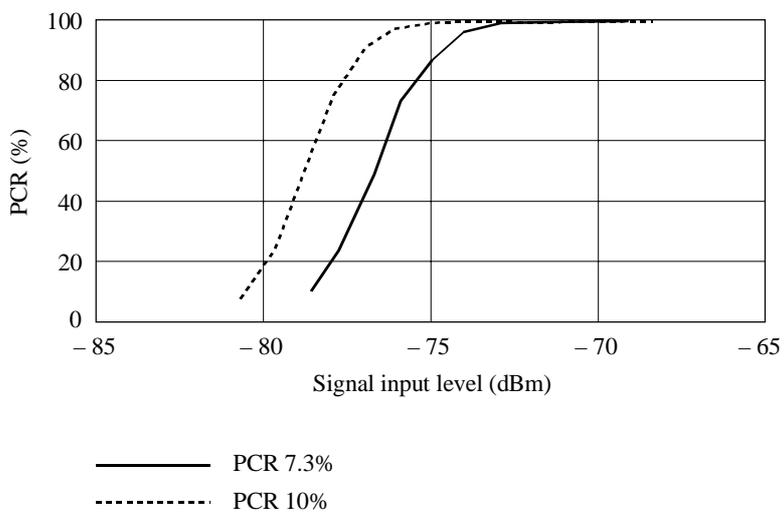


FIGURA 19
 Característica de BER en condiciones con desvanecimientos



1350-19

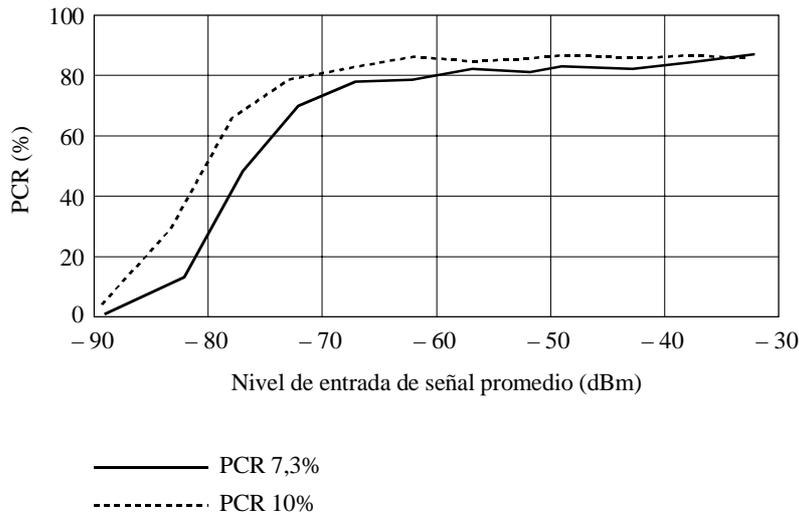
FIGURE 20
 Unfaded packet completion rate



1350-20

FIGURA 21

Proporción de paquetes completos en condiciones con desvanecimiento



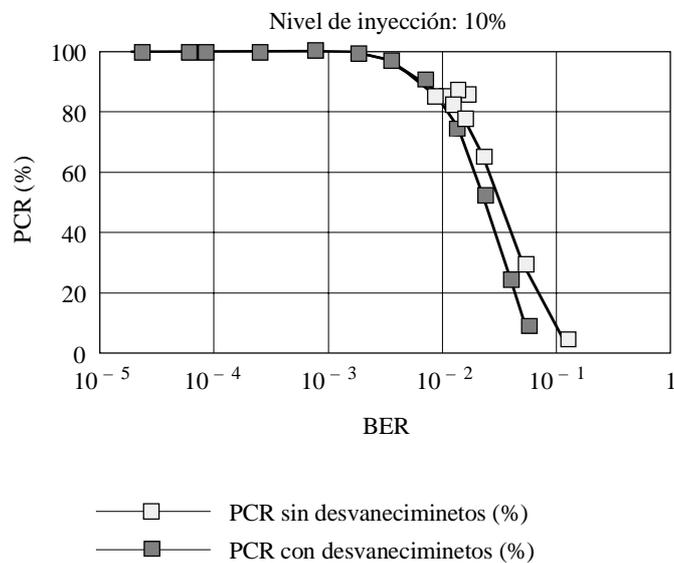
1350-21

La combinación de los resultados de las Figuras 18, 19, 20 y 21 dentro de límites aceptables proporciona una ilustración de la PCR en función de la BER, y muestra que la PCR permanece dentro de límites admisibles a medida que la BER aumenta. En las condiciones de prueba, la PCR de la Figura 21 nunca alcanzó el 100% y la BER de la Figura 19 nunca excedió de 10^{-2} . Esto se muestra en la siguiente curva de la PCR.

La Figura 22 muestra los resultados para una desviación de 7,5 kHz en condiciones sin desvanecimientos y con desvanecimientos. En condiciones sin desvanecimientos, la PCR y la BER cambian con cada paso del nivel de entrada de la señal. En condiciones con desvanecimientos, esta curva permanece más larga alrededor de un determinado punto antes de caer.

FIGURA 22

Proporción de bits erróneos en función de la proporción de paquetes completos recibidos



1350-22

3.4 Característica de proporción de mensajes completos transmitidos

La recepción repetida del mismo paquete de datos originales puede resultar en una calidad de datos más alta. Si el receptor puede recibir paquetes de diferentes transmisores con diferentes trayectos de propagación, también puede recibir mensajes, incluso si algunos paquetes se pierden. El receptor HSDS tiene la capacidad de conmutar entre transmisores con desplazamiento temporal “k”, cada uno de los cuales repite los mismos paquetes “n” veces.

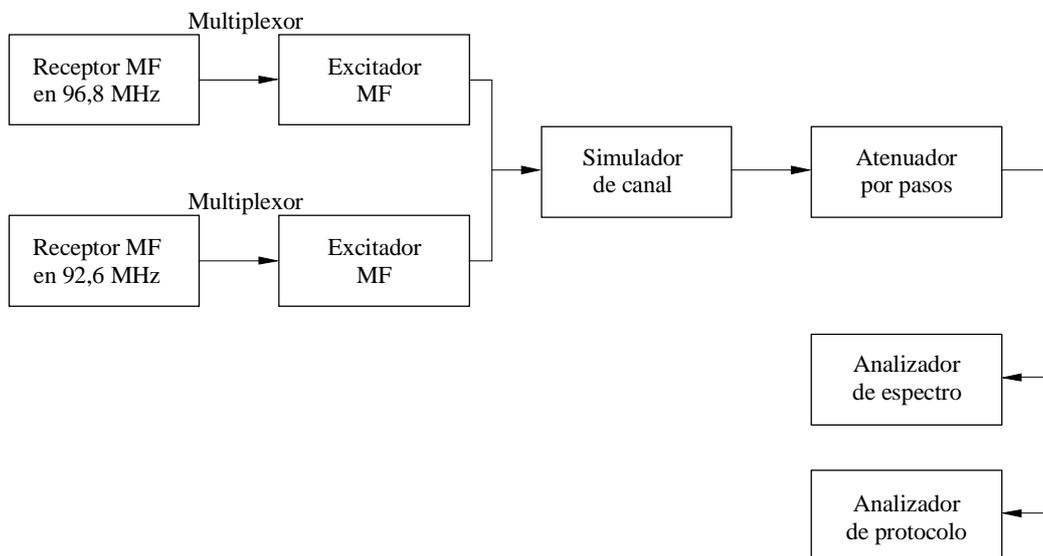
La proporción de mensajes recibidos (MCR, Message Completion Rate) se calcula con la siguiente fórmula:

$$MCR = 1 - [(1-PCR_1)^n * (1-PCR_2)^n * \dots * (1-PCR_k)^n]$$

Como sólo se dispuso de un generador HSDS, se utilizó la configuración de prueba de la Figura 23. Se recibieron dos señales en tiempo real de transmisores locales, cada una con una PCR de 100%, utilizando dos receptores MF Studer. El primer receptor se ajustó para recibir una señal de 96,8 MHz, muy modulada por una estación de música pop. El segundo receptor se fijó para recibir una señal de 92,6 MHz, ligeramente modulada con información adicional de música ligera. Estas señales multiplexadas (con audio, RDS y HSDS) fueron moduladas de nuevo y alimentadas al simulador de canal RF.

FIGURA 23

Configuración de prueba en laboratorio de la MCR



1350-23

La Figura 24 muestra un pantalla del analizador de protocolo HSDS. Para los dos transmisores, la PCR y la BER se muestran en condiciones con desvanecimientos para una desviación de 7,5 kHz.

Se calculó la MCR. La Figura 25 muestra una foto de más de 100 segundos de la MCR en condiciones con desvanecimientos, recibiendo señales de los dos transmisores.

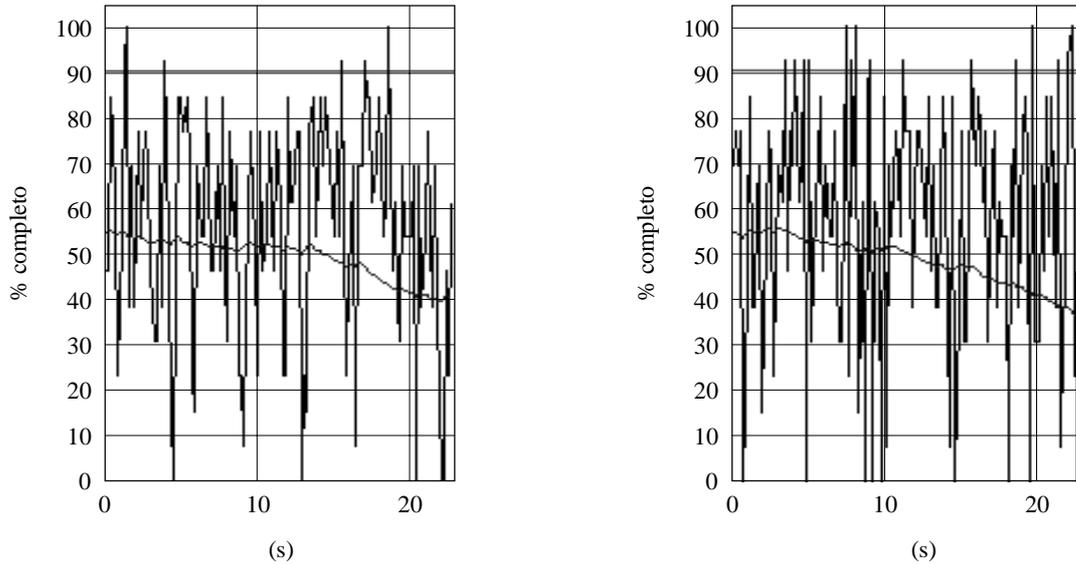
Es evidente que incluso con un transmisor de funcionamiento bastante mediocre, se logra una MCR combinada aceptable.

3.5 Estructura de tramas

HSDS utiliza un esquema de multiplexión por división en el tiempo orientado a paquetes. La parte superior de la Figura 16 ilustra la relación entre los intervalos de tiempo y las subtramas. La estructura mayor utilizada por el protocolo es una trama maestra. Cada trama maestra contiene 64 subtramas. Cada subtrama se divide en 1 027 unidades denominadas intervalos de tiempo. Cada intervalo de tiempo contiene un paquete de datos. Los tres primeros intervalos de cada subtrama son intervalos de control y los 1 024 restantes son intervalos de datos. Los paquetes de intervalos de control transportan la hora del día, fecha, y lista de transmisores conexos cercanos que transportan también HSDS. Los paquetes de intervalos de datos incluyen en general un número de intervalo, dirección del receptor, formato de datos, formato de paquetes y los datos del mensaje.

La señal piloto se utiliza como el reloj de datos. La estructura de trama prevé la inexactitud de la señal piloto mediante la anticipación de relleno de bits. Como la frecuencia piloto estereofónica puede no ser exactamente 19 kHz en el momento de la transmisión, se puede añadir un solo bit (bit de relleno) entre paquetes para mantener la sincronización. Esta adición ocasional de un bit de relleno asegura la sincronización apropiada entre transmisores y el receptor.

FIGURA 24
Proporción de mensajes completos con el analizador de protocolo HSDS

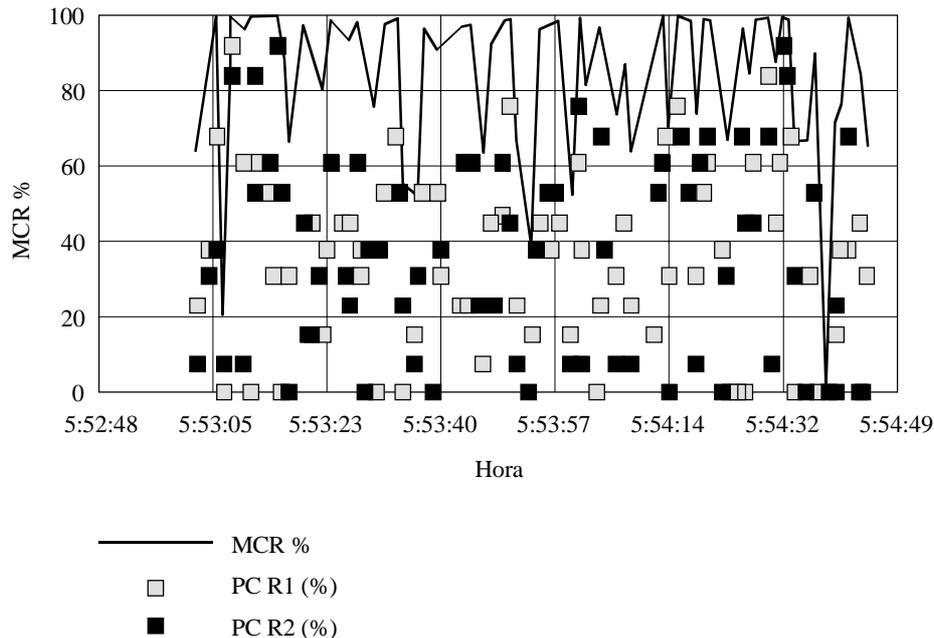


CRC:	5 436
ECC:	76 264
BER:	0,031381
MCR:	0,998081
PCR:	54,9
Bandera:	203
Entrada RF:	- 75,5 dBm
Fase de piloto:	67,8°
Nivel de inyección de la subportadora:	7,9%
Frecuencia:	95,2 prueba 2
Atenuador:	0 dB

CRC:	6 097
ECC:	86 942
BER:	0,033651
MCR:	0,998081
PCR:	54,8
Bandera:	167
Entrada RF:	- 73 dBm
Fase de piloto:	85°
Nivel de inyección de la suportadora:	7,1%
Frecuencia:	98,2 prueba 1
Atenuador:	0 dB

FIGURA 25

Proporción de mensajes completos recibidos en condiciones con desvanecimientos



1350-25

4 Capa de red

La capa de red incluye las características requeridas para que varios transmisores individuales actúen como un solo sistema. Esto incluye:

- direcciones de receptor;
- multiplexión de aplicaciones;
- listas de frecuencias alternativas;
- desplazamientos temporales del transmisor;
- sincronización temporal entre transmisores.

4.1 Múltiples transmisores

Cuando se requieren redes de múltiples transmisores, las tramas maestras se sincronizan y comienzan al principio de cada cuarto de hora (más un desplazamiento de tiempo del transmisor). Los transmisores sincronizados y con desplazamiento temporal proporcionan la posibilidad de que el receptor cambie la frecuencia sintonizada y efectúe subsiguientes tentativas de recepción de paquetes en las frecuencias alternativas sin pérdida de la sincronización de datos.

4.2 Fiabilidad del sistema

Aunque las técnicas de corrección de errores extensivas son útiles para un receptor en movimiento, no son efectivas cuando el receptor se detiene en una zona de intensidad de campo de señal extremadamente baja o se está moviendo muy lentamente a través de nulos debidos a la propagación por trayectos múltiples. El HSDS trata los efectos de la propagación por trayectos múltiples y del apantallamiento con una combinación de diversidad de frecuencia, de espacio y temporal y, en el caso de radiobúsqueda, con la numeración de mensajes.

5 Aplicaciones

HSDS transmite hasta 64 canales lógicos multiplexados asincrónicamente en la capa de transporte. Los canales incluyen tres tipos de paquetes de enlace: paquetes Gram de datos, paquetes de trenes de datos y paquetes de bloques de datos.

Los paquetes Gram de datos son paquetes autónomos que consisten en 15 octetos de datos de transporte. Los paquetes Gram de datos pueden ser entregados en orden no secuencial.

Los trenes de datos son trenes continuos de datos transparentes. Toda segmentación de datos de transporte se realiza en una capa más alta en este tipo de paquetes. No hay indicaciones del nivel de transporte del comienzo o el fin de los paquetes de trenes de datos en el nivel de transporte. Se incluye información de orden en los paquetes de trenes de datos para que puedan ser entrelazados con otros paquetes de datos en el mismo canal. Hasta 128 paquetes de trenes de datos pueden ser entregados en un orden no secuencial en un canal lógico, en cualquier momento. Los paquetes de trenes de datos pueden incluir repeticiones del mismo paquete de trenes de datos para mayor fiabilidad.

Los paquetes de bloques de datos proporcionan capacidad para enviar entre 1 y 768 octetos de datos de transportes transparentes. Los mensajes de transporte se dividen en múltiples bloques de datos. Cada bloque de datos se divide en múltiples paquetes de datos. Cada paquete de bloque de datos transporta hasta 12 octetos de datos de transporte. Hasta 32 paquetes de bloques de datos pueden ser entregados en un orden no secuencial en un canal lógico, en cualquier momento dado. Los paquetes de bloques de datos pueden ser entrelazados con otros paquetes de datos en el mismo canal o en otros canales lógicos. En cualquier momento en un canal lógico, se pueden entregar hasta 32 paquetes de bloques de datos en orden no secuencial. Los paquetes de bloques de datos pueden incluir repeticiones del mismo paquete de bloques de datos para mayor fiabilidad.

APÉNDICE 3

Descripción de sistemas: Sistema C

1 Introducción

El sistema de canal de información de transmisión de subportadoras (STIC, Sub-carrier Transmission Information Channel) fue desarrollado para el Departamento de Transportes de Estados Unidos de América con miras a apoyar las actividades de su sistema de transporte inteligente (ITS). El sistema ha sido optimizado para utilizarlo en radiodifusión de datos ITS a receptores en vehículos. Utiliza una versión de la modulación DQPSK en una subportadora de 72,2 kHz, con una velocidad de símbolos de 9 025 símbolos por segundo (18 050 bit/s). Se utiliza un método concatenado de codificación con corrección de errores hacia adelante (FEC) que incorpora codificación convolucional con decodificación de Viterbi, codificación de Reed-Solomon y dos entrelazadores. Los parámetros de modulación y codificación figuran en el Cuadro 3.

Debido a este código concatenado, este sistema es robusto en condiciones de recepción con propagación por trayectos múltiples, especialmente para mensajes largos. El sistema proporciona un caudal neto de 7 600 bit/s, además de alguna capacidad para datos con retardo corto, según la estructura de trama seleccionada. (El trayecto de datos con retardo corto está previsto para GPS diferencial (DGPS) y/u otros mensajes de alta prioridad de carácter urgente.)

El sistema es compatible con RDS así como con el canal estereofónico principal. Es compatible también con las características de acceso condicional y direccionalidad del receptor, aunque no las incluye explícitamente.

La capacidad de admitir múltiples proveedores de servicio es posible gracias a la estructura de paquetes definida para el sistema. En vista de los largos paquetes utilizados, la identificación del proveedor del servicio es muy eficaz desde el punto de vista de la capacidad de velocidad de datos. Los encabezamientos de paquete de 4 octetos de longitud permitirán la direccionalidad del receptor con un espacio de dirección grande (32 bits) para especificar diversas redes, proveedores de servicio y formatos de paquetes, a la vez que utiliza solamente 1,75% de la capacidad de transmisión de 7 600 bits.

En el Documento 10B/57 (1995) figura más información sobre este sistema, incluida la característica de BER en presencia de ruido gaussiano o desvanecimiento por propagación por trayectos múltiples y también la proporción de errores de mensajes. Se proyectan mejoras del sistema que proporcionarán características de ahorro de potencia y opciones para funcionamiento a velocidades de datos más altas.

CUADRO 3

Resumen de las características de diseño del sistema STIC

Característica		Descripción
1	Modulación	DQPSK con desplazamiento $\pi/4$
2	Frecuencia central de banda de base	72,2 kHz
3	Espectro de frecuencia de banda de base	Véase el trazo del analizador de espectro
4	Niveles de inyección de subportadora	Nominalmente $\pm 7,5$ kHz
5	Velocidad de símbolos de subportadora	9 025 símbolos por segundo
6	Palabra de sincronización	Véase la estructura de trama
7	Detección y corrección de errores	Codificación de Reed-Solomon y codificación convolucional con decodificación de Viterbi
8	Retardo	Variable que depende de la profundidad del entrelazador y del tamaño de trama
9	Velocidad binaria de información	7,6 kbit/s más datos con retardo corto

2 Procesamiento del extremo transmisión

El sistema STIC proporciona dos trayectos de datos: un trayecto de datos principal y un trayecto de datos reservado para datos con corto retardo. El trayecto de datos principal tiene cuatro profundidades de entrelazador facultativas que corresponden a cuatro duraciones de supertramas: 46,08, 23,04, 11,52 y 5,76 segundos. Estas opciones permiten compensar el retardo del sistema con la robustez del mismo en condiciones de desvanecimiento lento.

Desde el punto de vista de las señales en el transmisor, se realizan los siguientes procesos para el trayecto de datos principal:

- Se supone una velocidad de datos de entrada de 7 600 bit/s y se considera que es un tren de datos continuo basado en un paquete de datos de 228 octetos cada 240 ms. Cada octeto contiene 8 bits.
- El mensaje es codificado en bloques utilizando un código 256-ario de Reed-Solomon abreviado (243, 228).
- El mensaje codificado en Reed-Solomon es entrelazado en bloques escribiendo octetos de 8 bits a una memoria con 243 filas y 6 columnas. Cada célula de la memoria contiene un octeto de 8 bits y el mensaje es escrito por columnas y leído por filas.
- El mensaje entrelazado en bloques se codifica con codificación convolucional utilizando un código 7 de longitud restringida y velocidad 1/2 con coeficientes de polinomio generador 554 y 744 (octal). El codificador funciona continuamente sin evacuación.
- El mensaje codificado es entrelazado utilizando un entrelazador convolucional con 72 trayectos diferentes. Cada trayecto tiene un registro de cambio de longitud diferente con un múltiplo entero de "J" etapas como se indica en el Cuadro 4. Cada etapa representa un bit. El primer trayecto tiene $71 * J$ etapas, el segundo trayecto tiene $70 * J$ etapas, etc. y el último trayecto tiene cero etapas. El brazo del conmutador cambia una vez para cada bit de entrada y a la vez, los bits en los registros de cambio en ese trayecto cambian un bit.
- El mensaje entrelazado es O exclusiva con un esquema de ruido pseudoaleatorio que se repite. La longitud del esquema de ruido pseudoaleatorio se muestra en el Cuadro 4. Este esquema es sincronizado con el entrelazado y la supertrama. Este proceso se denomina cobertura.
- El mensaje cubierto se divide en subtramas, tramas y supertramas. Hay 72 bits de datos por subtrama. El número de subtramas por trama se muestra en el Cuadro 4. Hay 72 tramas por supertrama. La alineación de trama está sincronizada con el entrelazador de modo que el primer bit de una subtrama viene del primer trayecto en el entrelazador convolucional. Se añaden al final cuatro bits como un sufijo a cada subtrama para que cada subtrama tenga una longitud de 76 bits. Estos cuatro bits adicionales se denominan bits de estado de canal.

- Cada trama tiene una subtrama de sincronización de 76 bits como un prefijo. Esta subtrama de sincronización comprende una “palabra de correlación” de 56 bits, una palabra de identificación de trama de 15 bits más un bit no utilizado y 4 bits de estado de canal. La palabra de correlación de 56 bits es igual para cada trama. La palabra de identificación de trama de 15 bits es el número de trama codificado utilizando un código Bose, Chaudhuri y Hocquenghem (BCH) (15,7). Hay siempre una subtrama de sincronización por trama.
- Algunas subtramas están reservadas para el trayecto de datos de retardo corto. El número de subtramas reservadas de esta manera depende de la opción del entrelazador/supertrama como se muestra en el Cuadro 4. El número de subtramas totales por trama se muestra también en el Cuadro 4. Hay siempre 72 tramas por supertrama.
- El mensaje formateado se modula en una subportadora de 72,2 kHz utilizando manipulación por desplazamiento de fase en cuadratura diferencial $\pi/4$. La velocidad de símbolos transmitida es 9 025 símbolos por segundo.
- La señal modulada es filtrada utilizando el filtrado cuadrático de coseno alzado (SRRC, Square Root Raised Cosine) con un factor de decremento de 0,684. Esto resulta en una anchura de banda nominal de 15,2 kHz (banda de base de 64,6 kHz a 79,8 kHz).

Las subtramas de corto retardo se proporcionan para permitir la transmisión de datos que deben ser procesados rápidamente para aplicaciones que no pueden admitir el retardo asociado con el entrelazado. Estas subtramas contienen 76 bits y son multiplexadas antes de la cobertura, como se muestra en la Figura 1. La velocidad de datos disponible en el trayecto de datos de corto retardo se muestra en el Cuadro 4.

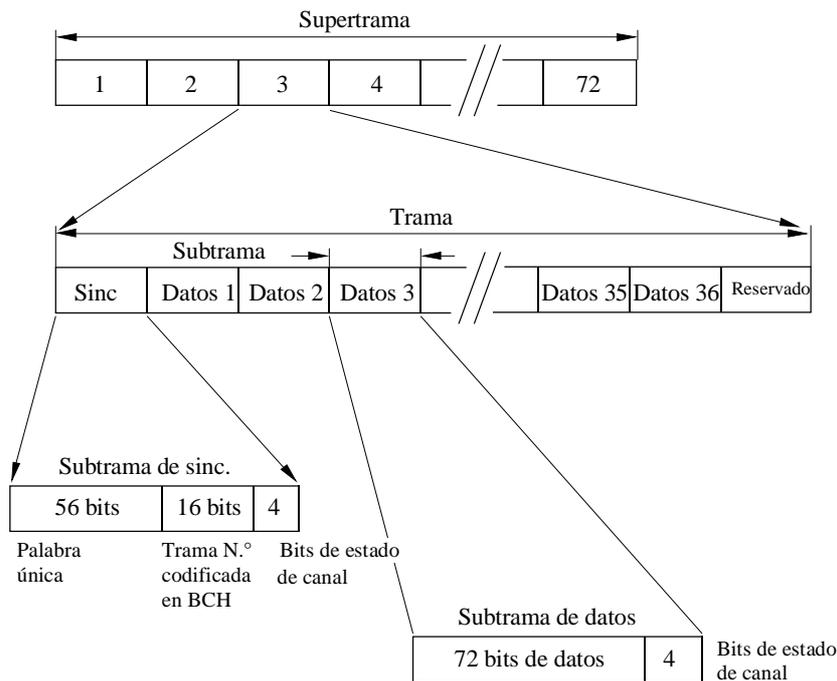
El proceso descrito anteriormente produce la forma de onda de la subportadora que es multiplexada por división de frecuencia con las otras señales antes de la modulación en frecuencia en el transmisor de radiodifusión. Se prevé un nivel de inyección típico (desde el punto de vista de la amplitud de cresta de la subportadora) de $\pm 7,5$ kHz. Son posibles otros niveles de inyección con compromisos de la característica de proporción de bits erróneos y la calidad de funcionamiento de otras subportadoras que comparten la transmisión.

CUADRO 4

Opciones de entrelazador y alineación de trama

Duración de supertrama (segundos)	5,76	11,52	23,04	46,08
Paquetes de datos por supertrama	24	48	96	192
Entrelazador convolucional, “J” =	18	36	72	144
# de etapas en m secuencias	17	18	19	20
# de bits de m-secuencias	93 312	186 624	3 73 248	746 496
subtramas totales por trama	19	38	76	152
Subtramas de retardo corto por trama	0	1	3	7
Velocidad de datos con retardo corto (bit/s)	0	475	712,5	831,25
subtramas de sincronización por trama	1	1	1	1
Subtramas de datos por trama	18	36	72	144

FIGURA 26
Ejemplo de estructura de trama



1350-26

La Figura 26 muestra un ejemplo de trama para el caso de una supertrama de 11,52 segundos. Los bits de estado de canal se utilizan para la decodificación por decisión programable. El código convolucional interno utiliza estos bits correlacionando con la secuencia conocida y estimando la calidad del canal. Esta estimación de la calidad ayuda en el proceso de decodificación del algoritmo de Viterbi.

NOTA – Algunas características de la forma de onda y del sistema STIC están protegidas por la ley de patentes de Estados Unidos de América (Patente No. 5 442 646 de U.S.A.). Se han concedido y se concederán licencias del sistema STIC a los usuarios interesados.

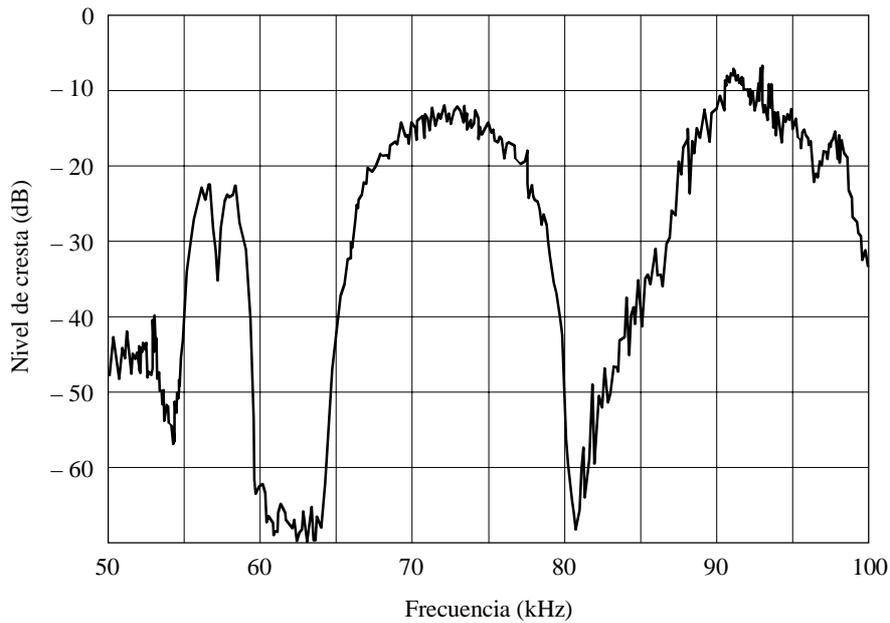
El código de Reed Solomon utilizado para el sistema STIC es capaz de corregir errores de hasta 7 símbolos y puede detectar también todos los errores de 8 símbolos. Se usa en vez del código por redundancia cíclica (CRC) para determinar con fiabilidad si un paquete se ha recibido correctamente.

La Figura 27 muestra el trazo de un analizador de espectro de la banda de base MF de 50 kHz a 100 kHz. Este espectro de banda de base incluye una señal RDS de 57 kHz, la señal STIC de 72,2 kHz inyectada en $\pm 7,5$ kHz y una subportadora analógica de 92 kHz. La atenuación de 50 dB en 64 y 81 kHz, es adecuada para asegurar que la forma de onda STIC no afecta a la señal RDS de 57 kHz ni a las subportadoras de 92 kHz.

3 Pruebas cuantitativas de la interferencia de audio (en el mismo canal)

Esta prueba midió la degradación del audio estereofónico cuando se introdujo la subportadora STIC. Los resultados de esta prueba se resumen en el Cuadro 5. Las mediciones se realizaron utilizando un filtro paso bajo (LPF, Low Pass Filter) de 15 kHz y un filtro con ponderación sofométrica. Los resultados muestran que se percibiría una degradación de 1 dB aproximadamente. Este nivel de degradación no es objetable y fue validado por la prueba cualitativa.

FIGURA 27
Características espectrales de STIC



1350-27

CUADRO 5

Efectos de STIC sobre el canal principal

	Filtro sofométrico	LPF de 1.5 kHz
Señales activas	SINAD (dB)	SINAD (dB)
Tono de 1 kHz	42,15	59,73
Tono de 1 kHz + STIC	41,02	55,01

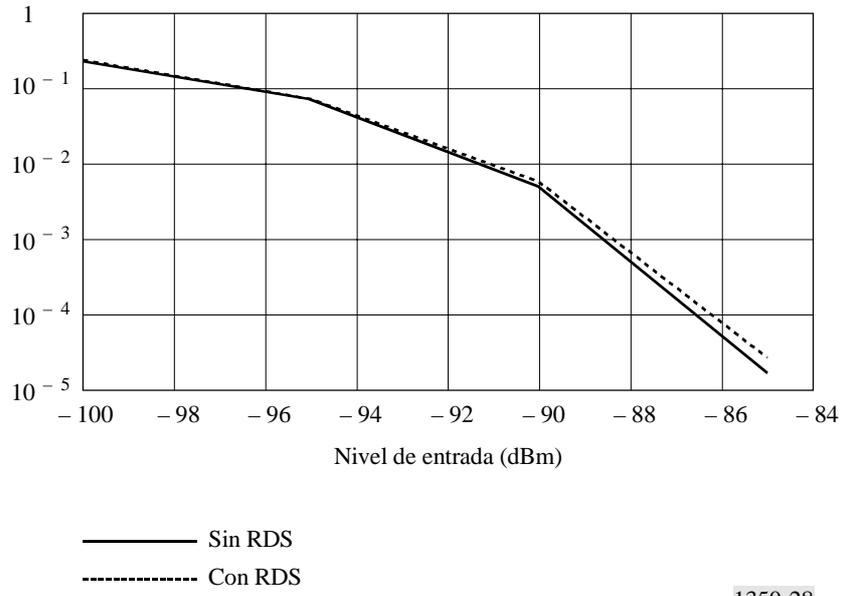
4 Efecto del RDS sobre la característica de error de STIC

La característica de error del canal STIC se midió con la subportadora RDS activada y desactivada. Los resultados se muestran en la Figura 28, e indican que la degradación debida al RDS es insignificante.

5 Relaciones de protección para radiofrecuencias

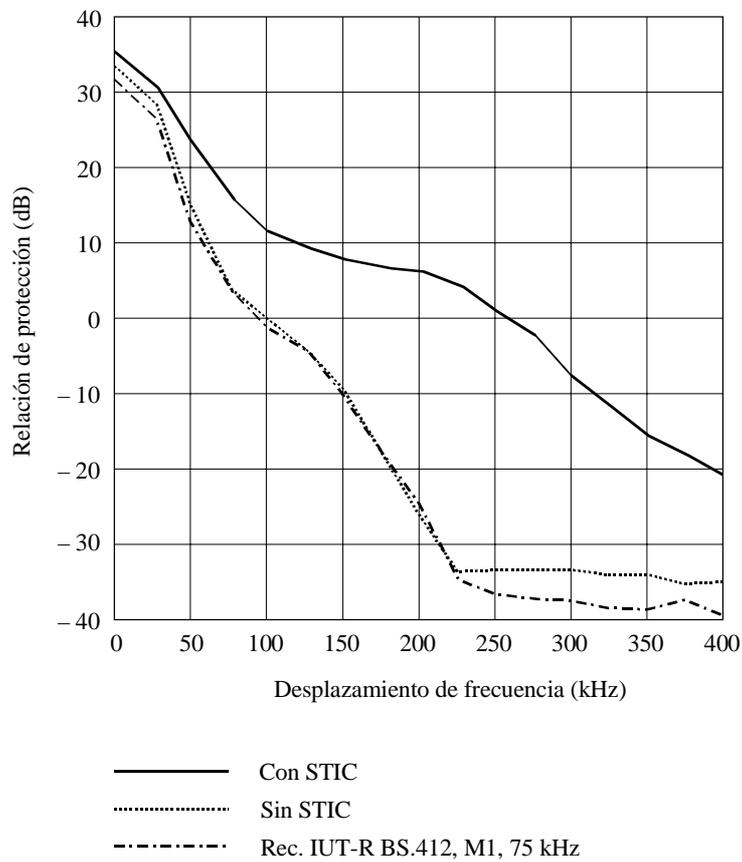
El sistema STIC funciona bien desde el punto de vista de las relaciones de protección, como se muestra en las Figuras 29 y 30. La relación de protección para recepción monofónica se muestra en la Figura 29 utilizando un receptor radio de automóvil Alpine modelo 7502.

FIGURA 28
Degradación por errores debidos al RDS



1350-28

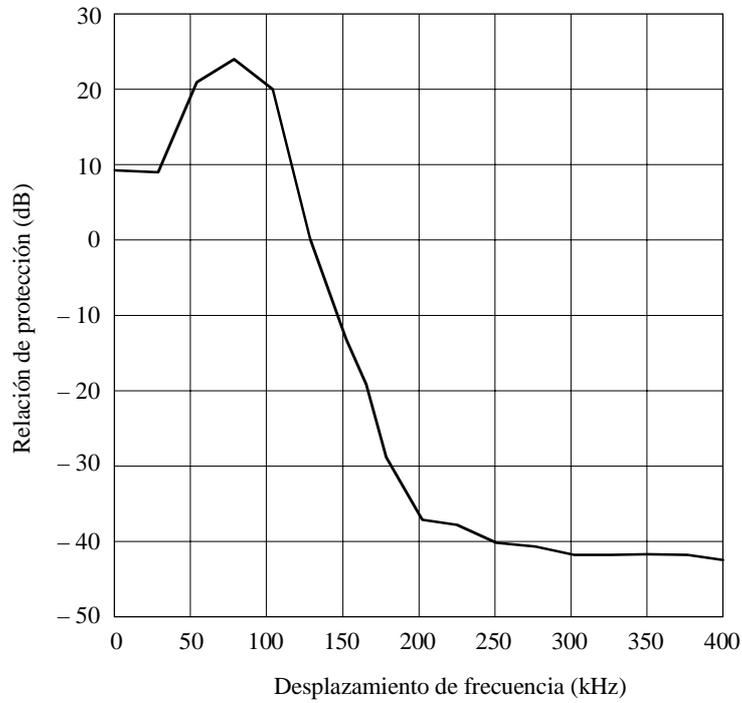
FIGURA 29
Relación de protección para el canal principal



1350-29

El sistema STIC es también robusto en presencia de interferencia de canal alterno. La Figura 30 muestra las relaciones de protección para el caso de un canal alterno que interfiere la transmisión STIC con una proporción de errores de canal no corregidos del 1%.

FIGURA 30
Relación de protección para la subportadora STIC



1350-30

