

## RECOMENDACIÓN UIT-R BS.1350-1

**REQUISITOS DE LOS SISTEMAS DE MULTIPLEXACIÓN DE LA RADIODIFUSIÓN SONORA (CON MODULACIÓN DE FRECUENCIA) CON UN CANAL DE DATOS SUBPORTADOR CUYA CAPACIDAD DE TRANSMISIÓN SEA RELATIVAMENTE GRANDE PARA LA RECEPCIÓN ESTACIONARIA Y MÓVIL**

(Cuestión UIT-R 71/10)

(1998)

La Asamblea de Radiocomunicaciones de la UIT,

*considerando*

- a) que cada día se necesita más disponer, a nivel mundial, de los medios adecuados de multiplexación de la radiodifusión sonora con modulación de frecuencia (FM, *frequency modulation*) con un canal de datos subportador cuya capacidad de transmisión sea relativamente grande para la recepción estacionaria y móvil;
- b) que la radiodifusión sonora FM soportará una capacidad mayor de transmisión de datos;
- c) que la capacidad de los sistemas de datos actuales, utilizados comúnmente en la radiodifusión sonora FM, es limitada;
- d) que el progreso técnico en materia de sistemas de datos de gran capacidad para multiplexación con radiodifusión sonora FM ha demostrado la viabilidad de sistemas de datos de capacidad mayor;
- e) que las pruebas prácticas y los experimentos realizados han confirmado la viabilidad de los sistemas de datos de gran capacidad a utilizar en la radiodifusión sonora FM;
- f) que se ha confirmado la compatibilidad alcanzada entre los servicios estereofónicos FM, incluidos los del sistema de transmisión radioeléctrica de datos (RDS, *radio data system*) de la Recomendación UIT-R BS.643, y cualquier nuevo sistema subportador adicional;
- g) que para algunas aplicaciones quizás se requiera una capacidad de datos mucho mayor;
- h) que los sistemas de radiocanales de datos portadores pueden proporcionar una capacidad de transmisión relativamente grande en comparación con la del RDS, y pueden satisfacer los requisitos de conformidad de la Recomendación UIT-R BS.412;
- j) que ya se han puesto en explotación varios sistemas de datos con capacidad de transmisión relativamente grande conformes a la Recomendación UIT-R BS.1194,

*recomienda*

- 1 que los sistemas de multiplexación de la radiodifusión sonora FM con un canal de datos subportador cuya capacidad de transmisión sea relativamente grande para la recepción estacionaria y móvil:
  - 1) se atengan a la política actual de la UIT sobre derechos de propiedad intelectual;

- 2) no interfieran con:
  - la radiodifusión principal en las mismas frecuencias portadoras o frecuencias portadoras adyacentes como se indica en la Recomendación UIT-R BS.412;
  - los servicios del RDS y/u otros servicios subportadores en las mismas frecuencias portadoras o frecuencias portadoras adyacentes como se indica en las Recomendaciones UIT-R BS.412 y BS.643;
  - los servicios de radionavegación aeronáutica indicados en la Recomendación UIT-R IS.1009;
- 3) se evalúen a efectos de selección teniendo en cuenta las siguientes características y aspectos relativos a las necesidades de la aplicación de que se trate:
  - a) características de calidad de funcionamiento del sistema, tales como:
    - fiabilidad de los datos en presencia de ruido gaussiano;
    - fiabilidad de los datos en condiciones de recepción multitrayecto;
    - fiabilidad de los datos con señales de canal adyacente;
    - retardo de extremo a extremo más breve;
    - tasa de errores en los mensajes para diferentes longitudes de mensajes en condiciones multitrayecto;
    - periodo de tiempo hasta que se establece el sincronismo;
  - b) aspectos adicionales del sistema, tales como:
    - periodo de trabajo mínimo para ahorrar energía;
    - direccionabilidad del receptor;
    - acceso condicional;
    - admisión de diversos tipos de datos;
    - capacidad de funcionar en una red de servicios de datos;
    - posibilidad de servicios subportadores adicionales;
    - posibilidad de funcionar con independencia de la red radioeléctrica;
    - acceso a estaciones múltiples;
    - capacidad de reemisión;
  - c) el cumplimiento por los sistemas de lo prescrito en la Recomendación UIT-R BS.450;
  - d) la capacidad de los sistemas de minimizar cualquier posible degradación del canal de audio principal y/o del RDS en condiciones de recepción multitrayecto;
  - e) los resultados de las pruebas prácticas de los sistemas;
- 4) se seleccionen y especifiquen identificando al menos los siguientes aspectos generales:
  - frecuencia subportadora;
  - anchura de banda;
  - velocidad de los datos por el canal;
  - velocidad de los datos de información;
  - método de modulación;
  - estructura y alineación de trama de los paquetes (estructura de los datos);
  - corrección de errores sin canal de retorno y procedimiento de intercalación;
  - capacidad de detección de errores;
  - nivel de inyección;
- 5) se seleccionen en función de la aplicación.

NOTA 1 – Los requisitos, consideraciones y aplicaciones anteriores se analizan con más detalle en el Anexo 1.

## ANEXO 1

## **Requisitos de los sistemas de multiplexación de la radiodifusión sonora con modulación de frecuencia con un canal de datos subportador cuya capacidad de transmisión sea relativamente grande para la recepción estacionaria y móvil**

### **1 Introducción**

#### **1.1 Finalidad**

La finalidad de este documento es ayudar en la selección de un sistema específico que permita proporcionar una capacidad de transmisión de datos relativamente grande utilizando subportadoras multiplexadas con radiodifusiones sonoras con modulación de frecuencia (FM, *frequency modulation*). En el documento se presenta el conjunto de las características de los sistemas que deberán tenerse en cuenta cuando se seleccione uno de ellos para la finalidad indicada. Dichas características se dividen en cuatro categorías, que se indican a continuación:

- **Características generales y parámetros**, es una visión de conjunto de los parámetros básicos de los sistemas de datos (sección 3).
- **Aspectos adicionales**, que describen las especificidades de cada sistema de datos que tenderán a hacerlo más o menos adecuado a las características especiales de cada sistema (sección 4).
- **Características de compatibilidad**, que se refieren a las repercusiones cuantificables del sistema de datos en los servicios existentes, tanto en el canal de radiodifusión que utiliza la misma frecuencia portadora como en los canales adyacentes (sección 5).
- **Características de la calidad de funcionamiento del sistema**, que se refieren, de diversas maneras, a la calidad de funcionamiento del propio sistema de datos (sección 6).

Se reconoce la importancia de las características relativas a la compatibilidad de un sistema con independencia de la aplicación. Las características de calidad de funcionamiento del sistema dependen de los requisitos específicos de la aplicación de que se trate. En el presente documento se indican las características más importantes de la calidad de funcionamiento del sistema de un cierto número de diversas aplicaciones.

#### **1.2 Requisitos especiales**

Igual que ocurre con todos los sistemas recomendados por la UIT, el sistema elegido debe cumplir las disposiciones vigentes de la UIT sobre derechos de propiedad intelectual (véase el Anexo 1 a la Resolución UIT-R 1). Además, los sistemas propuestos deberán ser sometidos a pruebas prácticas antes de seleccionar uno de ellos.

### **2 Aplicaciones de los sistemas**

Las aplicaciones de los sistemas se basan en las características del receptor, los tipos de datos y las características de la transmisión, todo lo cual se examina en las secciones 2.1, 2.2 y 2.3, respectivamente. Una determinada aplicación de sistema entraña la transmisión de uno o más tipos de datos desde transmisores que disponen de diversas características a receptores con una o más características. Puesto que cada aplicación tiene sus tipos de datos particulares, sus características de transmisor y unas características de receptor previsibles, todo lo cual la distingue de las demás aplicaciones, determinadas características de calidad de funcionamiento de sistema serán más importantes que otras.

#### **2.1 Características del receptor**

Las aplicaciones del receptor se distinguen por las características que a continuación se indican. Es posible que algunos receptores tengan la calidad suficiente como para satisfacer los requisitos de velocidades de datos bajas o de fiabilidad, pero que no sean los adecuados cuando se requieran velocidades de datos elevadas y un alto grado de fiabilidad.

##### **2.1.1 Características físicas de la aplicación del receptor**

- disponibilidad de energía primaria en el receptor (tamaño de la batería y capacidad de la misma);
- rendimiento de la antena del receptor;
- movilidad del receptor y velocidad de movimiento;
- factor de ruido del receptor;
- perturbaciones ambientales de origen eléctrico.

### 2.1.2 Requisitos relativos a los datos de la aplicación del receptor

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

Se han identificado varias aplicaciones de receptor, que se muestran en el Cuadro 1.

CUADRO 1  
Aplicaciones de receptor

Aplicación	Disponibilidad de energía	Rendimiento de la antena del receptor	Movilidad
Vehicular	Alta	Suficiente a bueno	0-150 km/h
Portátil	Baja	Suficiente	0-5 km/h
Personal	Muy baja	Deficiente	0-300 km/h
Fija	Muy alta	Bueno a excelente	0 km/h

## 2.2 Tipos de datos

Hay dos tipos de datos. En primer lugar, datos por paquetes, lo que significa comunicación de la información que, por algún motivo, se divide de forma natural en segmentos o mensajes de datos. Lo normal es que esta segmentación esté asociada con algún tipo de encabezamiento que se puede utilizar para direccionar los datos hacia el usuario específico, o bien para designar algo exclusivo de ese segmento de información. Los datos por paquetes se pueden clasificar además en base a la longitud del mensaje. Algunos pueden ser de tan sólo unas decenas de bits mientras que otros pueden tener una longitud de cientos o miles de bytes.

En segundo lugar, datos continuos, lo que significa comunicación de los datos a velocidad fija de tal manera que cabe suponer que, si se produce la segmentación de los datos, dicha segmentación tiene lugar en una capa más alta de la pila de protocolos y con frecuencia genera una secuencia de paquetes.

## 2.3 Características del sistema de transmisión

- intensidad de la señal y zona de servicio pretendida;
- capacidad de los transmisores de direccionar receptores específicos;
- funciones de interconexión de redes de los transmisores.

## 3 Características generales y parámetros

Cuando se seleccione un sistema, deberán considerarse las siguientes características generales:

- frecuencia subportadora;
- anchura de banda;
- velocidad de los datos por el canal;
- velocidad de los datos de información;
- método de modulación;
- estructura y alineación de trama de los paquetes (estructura de los datos);
- corrección de errores sin canal de retorno y procedimiento de intercalación;
- capacidad de detección de errores;
- nivel de inyección.

## 4 Aspectos adicionales

Cuando se seleccione un sistema, deberán considerarse los siguientes aspectos adicionales:

- periodo de trabajo mínimo para ahorrar energía;
- direccionabilidad del receptor;
- acceso condicional;
- admisión de diferentes tipos de datos;
- capacidad de funcionar en una red de servicios de datos;
- posibilidad de servicios subportadores adicionales;
- posibilidad de funcionar con independencia de la red radioeléctrica;
- acceso a estaciones múltiples;
- capacidad de reemisión.

## 5 Características de compatibilidad

Cuando se seleccione un sistema, deberán considerarse las siguientes características de compatibilidad:

- interferencia al servicio radiodifusor principal (en la misma portadora);
- interferencia a los servicios del sistema de transmisión radioeléctrica de datos (RDS, *radio data system*) y/u otros servicios subportadores (en la misma portadora);
- relación de protección de los servicios de radiodifusión (en canales adyacentes);
- relación de protección de los servicios del RDS y/u otros servicios;
- la Recomendación UIT-R BS.450;
- la relación de protección de las radiocomunicaciones aeronáuticas (Recomendación UIT-R IS.1009);
- degradación del canal principal de audio en condiciones de recepción multitrayecto.

## 6 Características de la calidad de funcionamiento del sistema

Cuando se seleccione un sistema, deberán considerarse las siguientes características respecto a su calidad de funcionamiento:

- fiabilidad de los datos en presencia de ruido gaussiano;
- fiabilidad de los datos en condiciones de recepción multitrayecto;
- fiabilidad de los datos en presencia de ruido impulsivo;
- fiabilidad de los datos con señales de canal adyacente;
- retardo de extremo a extremo más breve;
- tasa de errores en los mensajes para diferentes longitudes de mensaje en condiciones multitrayecto;
- periodo de tiempo hasta que se establece el sincronismo.

La fiabilidad de los datos requiere un cierto análisis. Las características al respecto vienen determinadas por los métodos de modulación y codificación así como por otros aspectos del sistema. La fiabilidad de los datos se caracteriza normalmente en términos de tasa de errores en los bits (BER, *bit error rate*), tasa de pérdida de paquetes o probabilidad de recepción correcta del mensaje (PCMR, *probability of correct message received*), dependiendo de las condiciones en el canal.

Por lo que se refiere al ruido, las características correspondientes se describen normalmente en términos de relación señal/ruido (S/N, *signal/noise*). Las condiciones para multitrayecto y ruido se describen en función del perfil de despliegue de los tiempos de propagación multitrayecto y las velocidades de desvanecimiento, así como de la relación S/N media. En el caso de ruido impulsivo, el canal se describe en términos de crestas de impulsos de energía, anchura de los impulsos y frecuencia con que se repiten los impulsos. La fiabilidad de los datos determina por lo general la zona de cobertura y se verá afectada por el nivel de inyección.

## 7 Ejemplos de aplicaciones

Para formular la especificación genérica de un servicio de radiodifusión de datos FM, se ha de considerar un cierto número de ítems como aspectos mínimos requeridos.

- **I1 Canales de servicio:** Un canal de servicio representa un medio poderoso de gestión del acceso a un determinado servicio por parte del terminal del usuario de extremo (sintonización automática, itinerancia del servicio, ...).
- **I2 Servicios de transferencia de ficheros:** Es conveniente que la transferencia transparente de los ficheros sea gestionada por el sistema para proporcionar una amplia gama de aplicaciones en las que se utilicen, por ejemplo, programas informáticos normalizados en computadores personales.
- **I3 Servicios en tiempo real:** Quizás sea necesario que algunos servicios se presten en tiempo real, o que se les garantice un retardo máximo (sistema mundial de determinación de posición diferencial, DGPS, *differential global positioning system*).
- **I4 Acceso condicional:** El acceso condicional es un aspecto clave de los servicios comerciales.

NOTA – Multiplexación de servicios: Un sistema de identificación y gestión de servicios ofrece la posibilidad de radiodifundir varios servicios juntos.

Es preciso tener en cuenta la compatibilidad con los futuros servicios de radiodifusión sonora digital (DSB, *digital sound broadcasting*).

Si se considera la definición genérica de cualquier sistema de radiodifusión (de acuerdo con la interfaz de sistemas abiertos de la ISO, modelo de siete capas), estos siete ítems clave se pueden conseguir haciendo una interpretación común de las interfaces en la capa 3 (I1), la 4 (I3, I4) y la 5 (I2).

Lo anterior constituye la base de futuros análisis. A modo de resumen puede decirse que se necesita una norma mundial que abarque las interfaces requeridas.

En las secciones que siguen se dan algunos ejemplos de aplicaciones específicas en explotación o sometidas a prueba, junto con una lista de las características de las secciones precedentes que son más importantes en cada una de las aplicaciones.

### 7.1 Sistema de transporte inteligente (ITS)

El ITS (*intelligent transportation system*) requiere varios tipos de datos para transmitir información relacionada con el transporte. El tipo 1 es para texto y su destino último son los receptores portátiles con pequeñas unidades de visualización. El texto varía normalmente de 10 a 100 bytes. El tipo 2 es para información textual o gráfica larga con mapas de rutas sencillos para cuando se produce congestión de tráfico y está destinado a receptores móviles (en vehículos). Su volumen de datos varía normalmente de 100 a 5 000 bytes. El tipo 3 es para datos transparentes e información codificada a utilizar en navegación, incluyendo equipos de gran memoria (CD-ROM) con mapas de rutas detallados.

Los requisitos de los datos varían en gran medida. El DGPS es un ejemplo de datos de tipo 3 que exigen que la entrega se produzca con poco retardo (< 10 segundos), a una velocidad de algunas decenas de bytes por segundo. Puede ser necesario un mensaje de 10 a 20 bytes para actualizar las bases de datos, indicando quizás la ubicación del vehículo o la situación de una autopista. Puesto que las actualizaciones de la base de datos se utilizan en el vehículo para ayudar al conductor a determinar cuál es la mejor ruta, y puesto que una información demorada puede llevar a las personas a tomar decisiones incorrectas respecto al camino adecuado y provocar problemas de tráfico mayores en una red de autopistas, el retardo de extremo a extremo constituye una medida cuantitativa de gran importancia en esta aplicación del ITS. Los mensajes de actualización de las bases de datos se repetirán normalmente de manera cíclica. Ahora bien, el volumen de datos es muy grande, por lo que la no recepción de una actualización dada debido a errores de canal significa que el usuario deberá esperar las radiodifusiones subsiguientes. Esto redundará en un retardo efectivo mayor, degradando el flujo de tráfico vehicular.

Las características siguientes son las más importantes en las aplicaciones del ITS:

- fiabilidad de los datos en presencia de desvanecimiento multitrajecto y ruido;
- fiabilidad de los datos en presencia de ruido impulsivo;
- retardo de extremo a extremo;
- velocidad de los datos de información;

- periodo de tiempo hasta el establecimiento del sincronismo;
- detección y capacidad de corrección de errores;
- costes y riesgos de la implementación;
- normalización.

Además, para conseguir una red ITS más sencilla y reducir los costes, es muy conveniente que un sistema pueda dar servicio de manera fiable a una zona objetivo desde un solo transmisor. La utilización de las capacidades del sistema deberá hacerse, también, de la manera más eficiente posible. Para estimular la utilización generalizada de la información ITS, los receptores del sistema deberán ser de bajo coste. Al evaluar sistemas candidatos a esta aplicación, deberán ser prioritarias las características arriba indicadas. Se ha de hacer una comparación entre sistemas candidatos, teniendo muy en cuenta esas características.

## 7.2 Radiobúsqueda

En las aplicaciones de radiobúsqueda es preciso radiodifundir paquetes relativamente cortos hacia receptores personales. Una de las características fundamentales de las aplicaciones de radiobúsqueda es la eficacia en materia de ahorro de energía. Su importancia radica en que la energía primaria de que se dispone en los receptores personales es muy limitada. Además, los receptores personales tienen por lo general un rendimiento de antena muy bajo. Para que la prestación de servicio de radiobúsqueda se haga de manera fiable, es necesario retransmitir los datos ya sea por la misma o por otras frecuencias portadoras. De ese modo se reduce el caudal efectivo. No obstante, los requisitos en cuanto a caudal no son tan estrictos como en algunas otras aplicaciones.

Las siguientes características son las más importantes en las aplicaciones de radiobúsqueda:

- periodo de trabajo mínimo para ahorrar energía;
- coste de la implementación;
- direccionamiento del receptor;
- funciones de interconexión de redes del transmisor;
- detección y capacidad de corrección de errores.

## 7.3 Datos continuos

En las aplicaciones que pueden caracterizarse como de «datos continuos», no será preciso segmentar los datos que se hayan de enviar ni en la capa física ni en la capa de enlace. La segmentación, si tal cosa ocurre, se producirá en una capa superior de la pila de protocolos. La segmentación de datos, asociada con la aplicación, será transparente en los límites naturales de los datos en las capas física y de enlace de datos según lo prescrito por los sistemas que aquí se consideran. Las aplicaciones de datos continuos generan a menudo, pero no siempre, fuertes señales procedentes de los transmisores de alta potencia con antenas elevadas y grandes zonas de servicios.

Entre las características más importantes de la calidad de funcionamiento del sistema figuran las siguientes:

- velocidad de los datos de información;
- fiabilidad de los datos en presencia de ruido gaussiano;
- fiabilidad de los datos en presencia de desvanecimiento multitrayecto y ruido;
- fiabilidad de los datos con fuertes señales de canales adyacentes;
- direccionabilidad del receptor;
- los aspectos relativos al acceso condicional.

## 7.4 Transferencia de ficheros

La interfaz de transferencia de ficheros permite el transporte de datos mediante la transmisión punto a (multi)punto desde los proveedores de información a uno o más receptores. Pueden influir en ella las siguientes características:

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

### **7.5 Información textual**

La información textual, por ejemplo las noticias, el parte meteorológico, la música de fondo y cualquier otra información relacionada con el programa, es una de las más importantes aplicaciones de un sistema de radiodifusión con multiplexación FM. Estos servicios de información requieren un alto grado de fiabilidad frente a los errores de transmisión y, por tanto, potentes métodos de detección y corrección de errores.

### **7.6 Información de emergencia**

La información de emergencia, con la que se informa sobre un terremoto, condiciones climáticas peligrosas o una onda «tsunami», constituye una de las aplicaciones más importantes del sistema de radiodifusión con multiplexación FM. Cuando se transmite información de emergencia por un trayecto de radiodifusión FM, cualquier receptor que esté recibiendo otro programa presenta automáticamente la referida información.

### **7.7 Sistema mundial de determinación de posición diferencial**

Hay dos clases de correcciones del DGPS, que podrían admitir las transmisiones de subportadora FM. En primer lugar, el DGPS normalizado, que se basa en la temporización de la fase del código y requiere varios cientos de bits por segundo, o quizás menos, de caudal de datos. Para esta clase, el retardo global a través del canal de comunicaciones, incluidos el equipo transmisor y el receptor, deberá ser de 10 segundos o menos. Una segunda clase de corrección del DGPS, que permite una mayor precisión, se basa en la fase de la portadora de radiofrecuencia de la transmisión del GPS del satélite. Esta clase quizá requiera varios miles de bits por segundo de caudal de datos y un retardo global de las comunicaciones de 0,5 segundos o menos. Las siguientes características del sistema de subportadora FM son las más importantes en las aplicaciones del DGPS:

- bajo retardo del caudal;
- tasa de errores del sistema reducida;
- buena cobertura del sistema;

Además, es esencial la detección eficaz de errores, ya sea dentro del tren de datos o como parte del sistema de transmisión de datos. Puesto que el DGPS normalizado (es decir, el DGPS basado en la temporización de la fase del código) probablemente juegue un papel importante en las aplicaciones del ITS, también son importantes las características descritas en la sección 7.1 del presente anexo.

---