

INFORME UIT-R BO.2006

INTRODUCCIÓN DE SISTEMAS DE RADIODIFUSIÓN SONORA DIGITAL POR SATÉLITE Y TERRENALES COMPLEMENTARIOS EN LAS ATRIBUCIONES DE FRECUENCIAS REALIZADAS POR LA CONFERENCIA ADMINISTRATIVA MUNDIAL DE RADIOCOMUNICACIONES (MÁLAGA-TORREMOLINOS, 1992)

(Cuestiones UIT-R 93/10 y UIT-R 107/10)

(1995)

Nota - Este Informe se refiere a los elementos de planificación necesarios relativos a los sistemas de radiodifusión sonora digital por satélite y terrenales complementarios y debe considerarse juntamente con las versiones más recientes de los Informes UIT-R BO.955 y UIT-R BS.1203.

1 Introducción

La Conferencia Administrativa Mundial de Radiocomunicaciones para examinar la atribución de frecuencias en ciertas partes del espectro (CAMR-92) (Málaga-Torremolinos, 1992) realizó las siguientes atribuciones de frecuencias al servicio de radiodifusión sonora por satélite (SRS (sonora)):

- Atribución a escala mundial (Regiones 1, 2 y 3) salvo Estados Unidos de América: la banda 1 452-1 492 MHz está atribuida al SRS (sonora) y al servicio de radiodifusión sonora (SR (sonora)) complementario a título primario, si bien algunos países (principalmente de Europa y África) han decidido mantener esta atribución a título secundario hasta el 1 de abril de 2007.
- En Estados Unidos de América y la India, la banda 2 310-2 360 MHz está también atribuida a título primario (por nota) al SRS (sonora) y al SR (sonora) complementario.
- En algunos países de Asia y la Federación de Rusia, la banda 2 535-2 655 MHz (obsérvese que la anchura de banda es de 120 MHz), está también atribuida a título primario (por nota) al SRS (sonora) y al SR (sonora) complementario.

Asociadas a las atribuciones del artículo 8 del Reglamento de Radiocomunicaciones (RR) aparecen notas que restringen las fechas de introducción y el nivel de servicio en algunos países. Por consiguiente, de la forma en que está actualmente redactado el Reglamento de Radiocomunicaciones la atribución a escala mundial no es válida en todos los países. En particular, Estados Unidos de América tiene una atribución sustitutiva y (por nota) ha atribuido la banda 1 452-1 492 MHz a los servicios fijo y móvil a título primario.

Además de las atribuciones del artículo 8 del RR, existen varios procedimientos para la introducción de nuevos servicios de radiodifusión sonora.

La Resolución N°. 527 (CAMR-92) considera posible la introducción de nuevos servicios digitales en las bandas de radiodifusión terrenal en ondas métricas y deja abierta la posibilidad de efectuar una consideración más detallada.

En la Resolución N°. 528 (CAMR-92) aparecen detalles sobre procedimientos de introducción. Discute la necesidad de convocar una Conferencia de Planificación, restringe la gama

I. UIT-R BO.2006

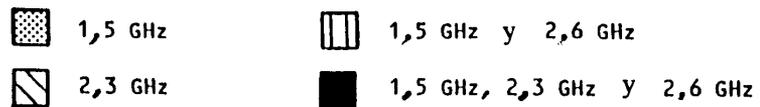
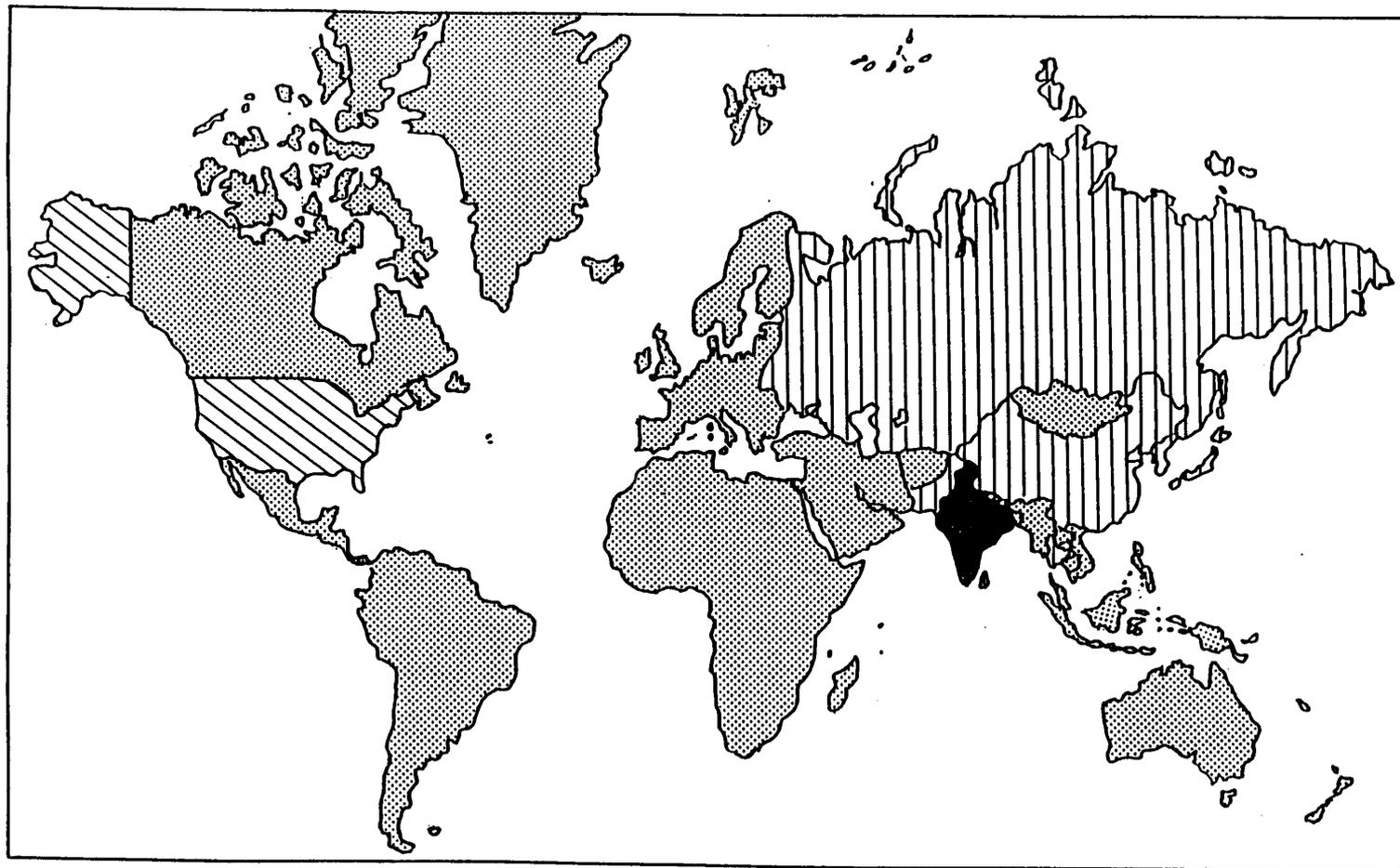
de frecuencias que pueden utilizarse antes de dicha Conferencia de Planificación limitándola a los 5 MHz superiores de la banda apropiada y presenta detalles sobre los métodos para determinar los criterios de interferencia (dichos criterios se determinan mediante los procedimientos indicados en la Resolución N°. 703(Rev.CAMR-92) y, por consiguiente, hasta el presente no existen procedimientos técnicos formales que puedan aplicarse).

En la Resolución N°. 522 (CAMR-92) se dan detalles sobre los tipos de órbitas que pueden utilizarse y los futuros trabajos necesarios antes de que puedan implantarse sistemas de satélites no geoestacionarios.

En la Fig. 1 aparecen las diferencias en las atribuciones en todo el mundo.

FIGURA 1

Mapamundi simplificado de las atribuciones efectuadas por la CAMR-92 a los servicios de radiodifusión sonora por satélite y de radiodifusión sonora



2 Requisitos del servicio

2.1 Objetivos del servicio

Existen varios objetivos en la introducción de los servicios de radiodifusión sonora digital, a saber:

- sustituir los actuales sistemas de radiodifusión de MA/MF para ofrecer una mejor calidad y servicios más fiables así como lograr más competitividad frente a otros medios de distribución que pueden difundir servicios de audio al oyente con calidad de "disco compacto";
- ofrecer al usuario un nuevo servicio que pueda competir con el actual servicio de radiodifusión de MA/MF;
- proporcionar un servicio con calidad convencional a amplias zonas de servicio para su recepción con receptores de muy bajo coste.

Es bien sabido que existe la necesidad de nuevos servicios de radiodifusión sonora que ofrezcan un mejor servicio a receptores a bordo de vehículos (véase la Recomendación UIT-R BO.789). Además, algunos servicios pueden dirigirse también a receptores portátiles para utilización en el interior de edificios.

Actualmente, algunas administraciones y organizaciones comerciales han propuesto sistemas de radiodifusión sonora por satélite con distintos niveles de calidad del audio (de disco compacto, casi de disco compacto, MF estereofónica, MF monofónica y MA). Se han propuesto servicios dirigidos a distintos tipos de instalaciones del receptor (en vehículos, portátiles y fijos) así como a una cierta variedad de entornos (dentro de edificios, al aire libre, rurales, urbanos y suburbanos). Todos los métodos de estos sistemas son técnicamente posibles. Alguno de ellos, o varios, pueden ser eficaces desde el punto de vista económico y atractivos a las administraciones dependiendo de su estado de desarrollo, del alcance de sus actuales sistemas terrenales y de sus necesidades de radiodifusión.

Es preciso proporcionar servicios de radiodifusión sonora digital con una amplia gama de calidad de audio subjetiva. Especialmente en los países en desarrollo y en los países con núcleos de población muy dispersos y poca estructura terrenal de radiodifusión, puede aparecer una gran demanda de un sistema digital equivalente al de MF monofónico normal e incluso de un sistema equivalente al de MA con doble banda lateral.

2.2 Finalidad del servicio

La finalidad de los nuevos servicios de radiodifusión sonora es la de mejorar la disponibilidad, la calidad y la diversidad de los programas radiofónicos dirigidos a los oyentes. La cobertura de amplias zonas hará posible que dichos programas radiofónicos lleguen por primera vez a muchos oyentes y con las técnicas digitales avanzadas se obtendrá un sonido de alta calidad equivalente a la que puede lograrse utilizando otros medios de reproducción del sonido (por ejemplo, discos compactos). Las técnicas digitales avanzadas también harán posible la existencia de una amplia gama de nuevos servicios independientes y relacionados con el programa con una mínima influencia en los requisitos de espectro y potencia. El SRS (sonora) y el SR (sonora) están destinados a receptores a bordo de vehículos, portátiles y fijos. Los objetivos técnicos del sistema vienen determinados por dos factores: calidad y disponibilidad.

2.2.1 Calidad

Los objetivos del servicio para la radiodifusión sonora digital pueden desempeñar un cometido importante a la hora de determinar el tipo de sistema que va a utilizarse así como los costes y diseño del sistema global. Debe prestarse especial atención a la interacción entre los factores relativos a la calidad de funcionamiento y los factores económicos. Hace ya 25 años que se está considerando la radiodifusión sonora digital y durante ese periodo de tiempo, los métodos de reproducción y transmisión del sonido han experimentado un notable desarrollo.

Las expectativas de los oyentes también han aumentado considerablemente. La mayoría de las personas que habitan en zonas urbanas esperan actualmente un sonido estereofónico de alta calidad, incluso con receptores portátiles o instalados a bordo de vehículos. Los enormes avances que ha experimentado la calidad de funcionamiento de los equipos domésticos de alta fidelidad, culminando con la llegada masiva al mercado de discos compactos, ha condicionado a muchas personas a esperar una calidad del sonido superior incluso a la que pueden ofrecer los receptores fijos de frecuencia modulada. Aun en zonas distantes a menudo existen expectativas similares, debido a la amplia disponibilidad de grabadores-reproductores de cintas magnéticas de buena calidad y de reproductores de discos compactos.

La mayor parte de la cobertura en zonas de gran extensión se logra actualmente mediante transmisiones ionosféricas en onda larga, media y corta. Aun cuando es posible que las poblaciones de esas zonas prefieran recibir programas de radiodifusión de entretenimiento de la mejor calidad técnica, puede que sea más económico en esas circunstancias aceptar un servicio monofónico de calidad media, siempre que sea fiable y pueda recibirse en receptores portátiles o en vehículos.

Por estas razones, en la escala de cinco notas del UIT-R, los objetivos de calidad pueden ir desde la nota 3 para un sistema monofónico sencillo, a la nota 4,5, para un sistema digital avanzado. En este último caso el objetivo consiste en ofrecer un servicio estereofónico de alta calidad comparable a la de los discos compactos. Estos distintos grados de calidad del servicio pueden dar lugar a diferentes compromisos en el sistema.

2.2.2 Disponibilidad

Los métodos tradicionales de planificación de los sistemas de radiodifusión terrenal han utilizado un criterio de disponibilidad que exige que el 50% de los emplazamientos situados dentro de la zona de cobertura cumplan los objetivos de calidad durante, al menos, el 50% del tiempo. Cabe esperar un incremento en el objetivo de disponibilidad del servicio para todos los servicios; especialmente en el caso del servicio de alta calidad deberá aumentar substancialmente con respecto al criterio indicado anteriormente.

Algunas técnicas posibles para incrementar la disponibilidad del servicio bajo ciertas condiciones incluyen la diversidad en el tiempo, en el espacio y de frecuencias en el receptor, además de la utilización de repetidores terrenales en el mismo canal permitidos por algunas modulaciones para cubrir zonas de sombra, lo que se traduce en una diversidad en el espacio en el extremo de transmisión.

2.3 Conceptos del servicio

2.3.1 Concepto del servicio de radiodifusión sonora por satélite

El concepto de radiodifusión sonora por satélite queda adecuadamente descrito en el Informe UIT-R BO.955. Las zonas de servicio son cubiertas por los haces del satélite. La amplitud de la cobertura del haz necesaria en la Tierra determina el tamaño de la antena de transmisión del

satélite. La potencia de transmisión en el satélite debe ser lo suficientemente grande para compensar las pérdidas de propagación y proporcionar una recepción adecuada en la Tierra a los receptores fijos, portátiles y a bordo de vehículos. Este concepto puede utilizarse para la cobertura de zonas de servicios regionales, nacionales, supranacionales e incluso mundial.

2.3.1.1 Concepto de servicio de radiodifusión sonora por satélite híbrido

La cobertura del satélite puede mejorarse empleando repetidores de baja potencia ("de relleno") que utilizan la misma frecuencia portadora para cubrir las zonas de sombra provocadas por edificios de gran tamaño, túneles, valles etc. Este concepto de SRS híbrido es una aplicación especial de los nuevos métodos de modulación digital avanzados que pueden aprovechar de forma positiva los ecos y, por consiguiente, se adaptan adecuadamente a un funcionamiento en entorno de trayectos múltiples. En tales casos, los ecos activos provocados de forma deliberada por los repetidores en la misma frecuencia para cubrir las zonas de sombra aparecen en el receptor como si fuesen ecos pasivos, lo que da lugar a una reducción en la potencia necesaria en el satélite hasta el nivel que normalmente se precisa para cubrir zonas rurales. La potencia retransmitida puede ser muy baja, del orden de unos pocos vatios, según el tamaño de la zona de sombra que deba cubrirse.

2.3.2 Concepto de servicio de radiodifusión sonora

El concepto de radiodifusión sonora digital terrenal se describe adecuadamente en el Informe UIT-R BS.1203. En el caso de radiodifusión convencional con modulación de amplitud y modulación en frecuencia, las zonas de servicio resultan cubiertas por uno o más transmisores que funcionan a distintas frecuencias. La potencia de transmisión y la altura efectiva de la antena sobre el terreno medio para las estaciones de radiodifusión sonora digital terrenal deben ser lo suficientemente grandes como para compensar las pérdidas de propagación y ofrecer una recepción adecuada a receptores fijos, portátiles y en vehículos. Este concepto puede utilizarse para cubrir zonas de servicio locales con un solo transmisor o zonas de servicio subnacionales y nacionales utilizando el concepto de red de una sola frecuencia descrito más adelante.

2.3.2.1 Concepto de emisión distribuida para la radiodifusión sonora digital terrenal

La radiodifusión terrenal normal puede también aumentarse utilizando repetidores cocanal que reciban la señal del transmisor principal y la vuelvan a difundir en la misma frecuencia en las proximidades del repetidor. Los repetidores "de relleno" en canal dentro de la zona de servicio pueden considerarse un caso localizado especial del concepto de emisión distribuida. Ello exige que, como en el caso híbrido, el tipo de modulación utilizada permita el funcionamiento en un entorno de trayecto múltiple y utilice de forma constructiva tanto los ecos pasivos como los activos.

La utilización de repetidores en funciones de "relleno" o de ampliación de la cobertura para mejorar la cobertura terrenal permite una disminución en la potencia del transmisor terrenal requerida y, además, da lugar a una mayor discriminación en zonas de servicio que utilicen la misma frecuencia para recepción por satélite. Esta misma discriminación más acusada puede aprovecharse para disminuir la distancia de separación entre dos zonas de cobertura que empleen la misma frecuencia, lo que permite una mayor reutilización de frecuencias.

Existe un límite superior para la separación de repetidores cocanal (varios kilómetros) que viene determinado por la interferencia entre símbolos que aparece cuando dos señales llegan a un receptor con una diferencia de tiempo que rebasa el intervalo que guarda entre los símbolos de datos. Se están estudiando otros conceptos que utilizan estructuras de señal con espectro ensanchado y que permitirían a los repetidores transmitir en un canal común imponiendo menos limitaciones a la separación de los repetidores.

Un concepto alternativo consistente en utilizar repetidores con traslación de frecuencias, cada uno de ellos transmitiendo a una frecuencia distinta para cubrir zonas de sombra y lograr una cobertura ampliada, no tendría la limitación de la distancia entre los transmisores del repetidor pero exigiría el empleo de más canales.

2.3.2.2 Concepto de red de una sola frecuencia

En este concepto, idealmente los transmisores regularmente espaciados reciben de forma síncrona la misma señal y transmiten a la misma frecuencia. Como en el caso anterior, existe un límite para la distancia de separación entre estos transmisores que viene fijado por la interferencia entre símbolos que aparece en el receptor a causa de los ecos activos generados por estos transmisores múltiples.

Este concepto puede utilizarse para ampliar el alcance de la radiodifusión terrenal a zonas de servicio nacionales e incluso supranacionales.

2.3.3 Concepto de servicio de radiodifusión sonora mixto por satélite/terrenal

El concepto de un servicio de radiodifusión sonora "mixto" por satélite/terrenal se basa en la utilización de la misma banda de frecuencias por los servicios de radiodifusión terrenal y por satélite. Puede maximizarse la utilización del espectro permitiendo a estos dos servicios de radiodifusión coordinar estrechamente el desarrollo de su servicio en vez de intentar compartir la banda de frecuencias por servicios totalmente independientes. La hipótesis consiste en que con una antena receptora casi omnidireccional, el mismo receptor podría sintonizar las emisiones de ambos servicios, por satélite y terrenal. Utilizando la tecnología moderna, no es necesario utilizar las mismas técnicas de modulación para las transmisiones terrenal y por satélite en el mismo receptor. Sin embargo, empleando una técnica de modulación común se reduciría la complejidad y el coste del receptor.

Todos los canales no atribuidos al SRS para una zona de servicio que podría utilizarse para la radiodifusión terrenal en este servicio están sometidos al factor de reutilización cocanal normal y al rechazo de canal adyacente en los receptores. Es necesario tomar ciertas precauciones al establecer este servicio de radiodifusión mixto por satélite/terrenal cuando el borde de la cobertura del sistema terrenal está situado próximo al borde de la zona de cobertura del satélite asignada al mismo canal.

Esta reutilización para la radiodifusión terrenal de los canales de haces de satélite adyacentes de otros países, o dentro del mismo país, maximiza la utilización del espectro y proporciona un método flexible mediante el cual un servicio puede evolucionar desde un sistema de radiodifusión terrenal estrictamente local a un servicio mixto por satélite/terrenal cuando se añaden servicios nacionales por satélite con amplias zonas de cobertura. La reutilización puede también evolucionar a partir de servicios nacionales (o incluso supranacionales) que difunden programación de interés nacional y/o servicios especializados por satélite complementados después por servicios terrenales locales, cuando esta solución es más económica. Esta podría ser también una solución atractiva para la futura implantación de servicios comerciales especializados por satélite de cobertura nacional cuando los receptores hayan alcanzado un alto nivel de penetración.

Se ha realizado un estudio sobre las implicaciones reales de la interferencia adicional causada por el haz del satélite cercano [CCIR, 1990-94a]. Se supone que el satélite geostacionario trabaja en el mismo canal que el servicio terrenal y utiliza el mismo tipo de modulación. Se supone igualmente que esta interferencia la acusa el receptor como un ruido blanco gaussiano aditivo sin correlacionar, añadiéndose por lo tanto al nivel de ruido térmico en el receptor. Se ha determinado que utilizando el diagrama de referencia copolar de la CARR-83 para la antena de satélite, el incremento de ruido aparente en el receptor es inferior a 1 dB si dicho receptor se encuentra situado

fuera del ángulo relativo observado desde el satélite de $\phi/\phi_0 = 1,4$, siendo ϕ_0 la anchura de haz a potencia mitad. El incremento de ruido aparente es de 3 dB para $\phi/\phi_0 = 1,2$ y de 7 dB para $\phi/\phi_0 = 1$. Evidentemente, para preservar la cobertura del servicio de radiodifusión sonora digital terrenal, la potencia de su transmisor debe aumentarse en la cantidad correspondiente. En distancias físicas, el ejemplo muestra que un incremento aparente de 3 dB en el ruido corresponde a una distancia de unos 500 km desde el borde de un haz de satélite de 1° . Es obvio que esta distancia puede reducirse si el satélite utiliza un sistema de conformación del haz que produzca un corte más abrupto del diagrama de la antena.

La suposición básica en la que se fundamenta el concepto anterior es que el mismo receptor puede sintonizar programas distintos procedentes de los servicios por satélite y terrenal. Este concepto de radiodifusión sonora mixta por satélite/terrenal da lugar a una evolución del servicio más adecuada y más flexible, a una mejor utilización del espectro y a la aparición de opciones más prácticas y económicas para el usuario.

2.3.4 Segmentación de la banda y utilización del concepto de radiodifusión sonora mixta por satélite/terrenal

Durante la preparación de la Conferencia CAMR-92, se consideró que la banda atribuida al SRS (sonora) debía utilizarse en la radiodifusión por satélite y terrenal a fin de maximizar la utilización del espectro y la flexibilidad de explotación del servicio de radiodifusión sonora. Este concepto se adoptó durante la CAMR-92 lo cual se tradujo en la atribución de bandas de frecuencia a ambos servicios sobre una base primaria con igualdad de derechos. Ahora se formulan algunas consideraciones sobre el posible interés de segmentar la banda para la utilización independiente por estos dos servicios. Podría parecer que la segmentación de las bandas iría en contra del objetivo de maximizar la eficacia potencial de la utilización del espectro que, de no ser así, se habría obtenido utilizando la banda por ambos servicios.

Se desarrollaron dos escenarios de cobertura que se describen en el § 8.4.1 de la "Publicación especial sobre RDS". Estos escenarios ilustran las ventajas de la utilización combinada de estas bandas en las transmisiones de radiodifusión por satélite y terrenal, en comparación con la segmentación de la banda que se traduciría en la utilización de cada segmento limitada a un servicio. La eficacia en la utilización del espectro del concepto de cobertura mixta satélite/terrenal se demuestra en estos dos escenarios de cobertura por las zonas relativamente amplias de la misma región en las que puede reutilizarse la frecuencia del satélite por la radiodifusión terrenal. La segmentación de la banda se traduce en una pérdida de eficacia del espectro pues implica que los haces del satélite no podrán utilizarse en zonas en las que podrían técnicamente ser reutilizados. Antes de implementar el servicio RDS, han de considerarse plenamente las ventajas del enfoque mixto satélite/terrenal con prioridad a la decisión sobre segmentación de la banda.

La utilización del concepto mixto implica, no obstante, que han de tenerse en cuenta la cobertura y las frecuencias del satélite al implementar el servicio terrenal. También implica que es preciso tener en cuenta al implementar el servicio terrenal el posible incremento de la potencia terrenal necesaria debido a la cobertura futura del satélite de zonas de servicio vecinas.

3 Requisitos del sistema

Los requisitos del sistema para los nuevos servicios de radiodifusión sonora son los de mejorar la disponibilidad, calidad y diversidad de los programas radiofónicos dirigidos a los oyentes.

Como se ha indicado en el § 2.2, la cobertura de amplias zonas mediante sistemas de radiodifusión por satélite, terrenales e integrados por satélite/terrenales, difundirá programas radiofónicos por primera vez a muchos oyentes, y la utilización de técnicas digitales avanzadas permitirá obtener una señal de sonido de alta calidad equivalente a la que puede lograrse empleando otros medios de difusión del sonido (por ejemplo, discos compactos). Las técnicas digitales avanzadas también harán posible la aparición de una amplia gama de nuevos servicios independientes y relacionados con el programa, con una influencia mínima en los requisitos de espectro y potencia. La radiodifusión sonora digital va dirigida a receptores fijos, portátiles y a bordo de vehículos.

Es necesario crear una nueva generación de sistemas de radiodifusión sonora para proporcionar en amplias zonas un servicio fiable y de alta calidad dirigido a receptores instalados en vehículos, portátiles y fijos, que actualmente se están convirtiendo en el medio principal de recepción de los servicios de radiocomunicaciones. Los medios de distribución por satélite y terrenal se consideran viables y convenientes para este servicio.

El diseño y, como consecuencia, el coste de un sistema de radiodifusión sonora por satélite depende en gran medida de los factores que afectan a las características de propagación en el trayecto espacio-Tierra hacia los receptores instalados en vehículos, portátiles y fijos. El trayecto de propagación está sometido a la atenuación por apantallamiento debido a edificios, árboles y otro tipo de vegetación y al desvanecimiento por trayectos múltiples causado por la dispersión difusa provocada por la superficie y obstáculos cercanos. El nivel de degradación de la señal recibida depende de la frecuencia de funcionamiento, del ángulo de elevación del satélite y del tipo de entorno en el que funciona el receptor, que puede ser terreno abierto, rural, boscoso o montañoso, suburbano o urbano denso. Estas degradaciones también se aplican a los servicios de radiodifusión sonora.

La utilización de técnicas de diversidad en los receptores a bordo de vehículos puede mejorar de forma significativa el comportamiento del receptor cuando se encuentra en entornos con desvanecimiento de Rayleigh y fuerte ensombrecimiento. Existen fundamentalmente tres técnicas de diversidad:

- diversidad en frecuencia;
- diversidad en el tiempo;
- diversidad en el espacio.

Algunas técnicas posibles para aumentar la disponibilidad del servicio en ciertas condiciones incluyen la diversidad en el tiempo, la diversidad en frecuencia y la diversidad en el espacio en el receptor, además de la utilización de repetidores terrenales, permitida por algunas modulaciones, para llegar a zonas de sombra, lo que se traduce en la utilización de diversidad en el espacio en el extremo de transmisión. Esta diversidad espacial puede lograrse utilizando varias antenas en el receptor o transmitiendo la misma señal por diversos transmisores.

En ese caso puede aplicarse un poderoso mecanismo de codificación de canal (código convolucional con decodificación de Viterbi y otros) pero es necesario asegurar la independencia entre símbolos sucesivos con respecto a los desvanecimientos de canal. Ello se logra intercalando los símbolos, en el tiempo o en frecuencia (por lo tanto, la velocidad binaria total se distribuye entre diversas portadoras lo suficientemente separadas en frecuencia). No obstante, el intercalado temporal

sólo es eficaz si el receptor está montado en un vehículo que se desplace por encima de una cierta velocidad. Si el receptor es estacionario, debe utilizarse intercalado de frecuencia o, alternativamente, recepción con diversidad en el espacio.

Puede disponerse de una amplia gama de grados de servicio de radiodifusión sonora digital con diversos niveles de calidad de audio subjetiva basándose en los tipos y categorías de las tecnologías de codificación de audio digital utilizadas. Existe un cierto número de tipos de servicio posibles para la radiodifusión sonora digital, a saber:

- a) radiodifusión digital con calidad de sonido de disco compacto estereofónico;
- b) radiodifusión digital con calidad de sonido de disco compacto monofónico;
- c) radiodifusión digital con calidad de sonido de frecuencia modulada estereofónica;
- d) radiodifusión digital con calidad de sonido de frecuencia modulada monofónica, y
- e) radiodifusión digital con calidad de sonido de modulación de amplitud.

El segmento receptor de los sistemas de radiodifusión sonora digital puede constar de varios tipos de receptores utilizados en diversas partes del mundo. A continuación figuran algunas consideraciones y compromisos técnicos relativos a los receptores de radiocomunicaciones digitales:

- Banda de frecuencias de funcionamiento:
 - 1 452-1 492 MHz (banda L);
 - 2 310-2 360 MHz (banda S);
 - 2 535-2 655 MHz (banda S);
- velocidad de transmisión de datos (calidad del sonido) - 16 a 256 kbit/s;
- sensibilidad, complejidad y tamaño de los receptores y antenas asociadas;
- número de canales sintonizables disponibles en el receptor, y
- técnicas de modulación/transmisión.

Pueden obtenerse diversos niveles de calidad de audio subjetiva lo que da lugar a una amplia gama de requisitos del sistema para los servicios de radiodifusión sonora digital. Basándose en el tipo y categoría de las técnicas de codificación de audio digital utilizadas, se han identificado cinco posibles tipos de servicio para la radiodifusión sonora digital. Cabe señalar que estos cinco tipos de servicio pueden coexistir dentro del mismo diagrama de haz procedente del mismo satélite o transmisor terrenal. La capacidad de espectro disponible puede ampliarse mediante una reutilización de frecuencias basada en la polarización cruzada. La densidad de flujo de potencia o la intensidad de campo deberán ajustarse para que se adopten a los requisitos de coordinación. Por lo tanto, es necesario resaltar la necesidad de realizar una planificación flexible para atender a todos los requisitos del servicio permitiendo a la vez la coexistencia de la radiodifusión sonora digital con otros servicios de radiocomunicaciones ya establecidos.

4 Disposiciones reglamentarias

Las disposiciones reglamentarias se basan en la Resolución N°. 528 (CAMR-92). Esta Resolución permite aceptar las Recomendaciones UIT-R como normas reglamentarias sujetas al acuerdo de las administraciones como resultado de la Resolución N°. 703 (CAMR-92). Aún no se ha aprobado ninguna disposición al respecto y deben elaborarse en el futuro.

Antes de planificar de manera formal los servicios, los sistemas de radiodifusión por satélite pueden introducirse únicamente en los 25 MHz superiores de la banda adecuada. Ambos servicios, por satélite y terrenal, estarán limitados por la necesidad de no causar interferencia a los servicios establecidos.

Tras la conferencia prevista para (1998 o antes), se aplicarán las reglas adoptadas por la misma. Dicha conferencia deberá considerar tanto los sistemas de satélites geoestacionarios como los de satélites no geoestacionarios.

4.1 Utilización de sistemas de satélites geoestacionarios

Las técnicas de planificación para satélites geoestacionarios están bien desarrolladas y permiten una adecuada planificación con poca información adicional.

Sin embargo, es evidente que el objetivo fundamental es evitar un desbordamiento importante en territorio situado fuera de la zona de servicio deseada. Las limitaciones inherentes a las antenas de satélite provocarán inevitablemente un cierto desbordamiento y es en este campo donde deben perfeccionarse los procedimientos de planificación y coordinación. Los estudios realizados por la UER para la CAMR-92 demostraron que es posible planificar de forma eficaz servicios para la radiodifusión por satélite cuando no se consideran otros servicios. Se necesitan más trabajos para determinar los efectos de una atribución compartida, especialmente con los servicios de radiodifusión sonora digital terrenal.

4.2 Utilización de sistemas de satélites no geoestacionarios

Uno de los desarrollos tecnológicos fundamentales de los últimos años ha sido la posibilidad de que los países situados en las latitudes más elevadas puedan utilizar satélites no geoestacionarios para ofrecer un servicio. Los satélites en órbita elíptica muy inclinada, que constituyen un tipo de servicios con satélites no geoestacionarios, son los más adecuados para esta aplicación. Otro tipo, por ejemplo, son los sistemas en órbita terrestre baja.

En términos reglamentarios existen ciertos problemas. Estos satélites no están fijos y, por consiguiente, no es fácil calcular la interferencia causada a los satélites y procedente de ellos en el mismo o en otros servicios.

Debe elaborarse un método riguroso pero eficaz para evaluar los niveles de interferencia si se van a incluir sistemas de satélites no geoestacionarios en el proceso de coordinación y ello puede ser más sencillo para los sistemas con satélites en órbita elíptica muy inclinada activos únicamente a unos $\pm 30^\circ$ de su apogeo.

En particular, siempre existen presiones para realizar la planificación formal de un nuevo servicio. Si bien los sistemas de satélites geoestacionarios se han planificado en el pasado, es difícil imaginar cómo podría aplicarse el proceso de planificación a un sistema con tantos grados de libertad como los sistemas de satélites no geoestacionarios. Los procedimientos que permiten un acceso equitativo pueden ser más eficaces que un plan formal. Este asunto exige estudios ulteriores.

4.3 Compartición entre sistemas de satélites geoestacionarios y de satélites no geoestacionarios

Como se ha indicado en puntos anteriores, es necesario asegurar que los servicios (enlaces ascendentes y descendentes) no se interfieren entre sí o causan interferencia a servicios de radiodifusión sonora digital terrenal. La radiodifusión desde satélites geoestacionarios y no geoestacionarios es posible desde el punto de vista técnico, pero el problema principal consiste en saber si pueden coexistir.

En teoría, cualquier plan elaborado para un sistema de satélites geoestacionarios puede modificarse para incluir satélites no geoestacionarios. Debido a los cambios en la geometría, es probable que haya menos interferencia en muchas zonas de la Tierra. Algunos emplazamientos con satélites en el horizonte radioeléctrico pueden verse afectados negativamente. Además, debe considerarse también el hecho de que la interferencia presentará variaciones en el tiempo. En consecuencia, debe prestarse la debida atención a las disposiciones reglamentarias para los satélites no geoestacionarios.

La Resolución N°. 46 (CAMR-92) trata de un problema similar relativo esta vez a los servicios móviles por satélite. Esta Resolución presenta un procedimiento que no se refiere directamente a aspectos técnicos; en consecuencia, será necesario incluir algunos puntos adicionales para obtener un método que pueda adoptarse para la radiodifusión por satélite.

4.4 Introducción de sistemas antes de la Conferencia Mundial de Radiocomunicaciones (1998)

Antes de que una CAMR adopte un plan formal para la radiodifusión sonora por satélite, es probable que los organismos de radiodifusión deseen experimentar y probablemente ofrecer servicios terrenales de radiodifusión sonora digital en la banda. En la Conferencia de Málaga-Torremolinos hubo diversos organismos de radiodifusión que consideraron que existían oportunidades importantes para la radiodifusión sonora por satélite y desarrollaron propuestas para servicios. Otros organismos estuvieron interesados en la posibilidad de implantar servicios siempre que se dispusiese de la capacidad necesaria en los satélites.

El problema evidente es que se hace un uso muy intenso de las bandas atribuidas a los servicios existentes. Los procedimientos de coordinación sólo serán eficaces si se asegura que no se va a provocar interferencia a otros servicios.

Evidentemente, puede plantearse un problema muy importante si no puede llegarse a un acuerdo sobre este asunto.

La decisión corresponde a los usuarios que emplean los 25 MHz superiores de la nueva banda. Como dichos usuarios varían de país a país, pueden aparecer dificultades en las negociaciones; dificultades que pueden verse incrementadas por la posible necesidad de tener que encontrar espectro distinto para diferentes países.

Aún no se han determinado los niveles de interferencia considerados inaceptablemente elevados. Los procedimientos propuestos para la coordinación son los que figuran en la Resolución N°. 703 (CAMR-92); es decir, utilizar, cuando convenga, las Recomendaciones UIT-R. Evidentemente, hasta que las Comisiones de Estudio de Radiocomunicaciones consideren este asunto, no es probable la aparición de Recomendaciones pertinentes. Por el momento no existen Recomendaciones que puedan adaptarse fácilmente.

Varias administraciones están considerando la implantación de servicios de radiodifusión sonora, tanto terrenales como por satélite, en la misma zona geográfica. En el receptor puede aparecer una diferencia potencialmente muy grande entre las señales procedentes del servicio por satélite y de los servicios terrenales. Esta elevada diferencia de señales también puede surgir con servicios terrenales. Este posible problema puede minimizarse siempre que los receptores presenten una amplia gama dinámica y unos factores de ruido bajos.

5 Compartición con servicios distintos de los de radiodifusión

5.1 Entorno de compartición

La CAMR-92 atribuyó tres bandas de frecuencias al servicio de radiodifusión por satélite y al servicio de radiodifusión para la implantación de la radiodifusión de audio digital. Cada una de estas bandas se encuentra compartida con otros servicios, en algunos casos también a título primario como se indica a continuación:

- 1 452-1 492 MHz:
 - servicio fijo ;
 - servicio móvil (incluida la telemedida aeronáutica).
- 2 310-2 360 MHz:
 - servicio fijo;
 - servicio móvil (incluida la telemedida aeronáutica);
 - servicio de radiolocalización.
- 2 535-2 655 MHz:
 - servicio fijo;
 - servicio móvil;
 - servicio de radiodifusión por satélite (recepción comunal);
 - servicio fijo por satélite.

5.2 Estudios

Es necesario realizar estudios para evaluar el efecto de la interferencia causada en los sistemas del SRS (sonora) y del SR por señales procedentes de otros servicios. En el § 5.2.1 se identifican tales estudios. Además, se precisa información para evaluar con más precisión el efecto de la interferencia provocada por las señales del SRS (sonora) y del SR en otros servicios. En el § 5.2.2 figura una lista de los estudios necesarios.

El anexo 1 presenta un método para determinar los límites necesarios de densidad de flujo de potencia interferente en el borde de la zona de servicio del SRS (sonora) para proteger los sistemas del SRS (sonora) contra la interferencia provocada por los servicios terrenales. El método es similar al especificado en el § 2.2 del Informe UIT-R BO.631-4, para la protección de las señales del servicio de radiodifusión de televisión por satélite contra la interferencia de los servicios terrenales. Se necesitan más estudios para determinar la pertinencia de este método con respecto a la recepción en vehículos y portátil.

Se recomienda señalar el anexo 1 a la atención del Relator para la preparación del Manual sobre radiodifusión sonora por satélite dirigida a receptores portátiles, instalados en vehículos y fijos. Puede que sea adecuado incluir la información contenida en dicho anexo en un capítulo del Manual relativo a temas de compartición.

5.2.1 Interferencia procedente de otros servicios

Para calcular los límites de densidad de flujo de potencia o de intensidad de campo en cada uno de los servicios indicados anteriormente a fin de proteger los sistemas del SRS (sonora) y del SR (sonora), es necesario realizar un cierto número de estudios en el seno de los Grupos de Trabajo 10-11S y 10B.

A continuación se indican estos estudios:

- Deben recopilarse datos detallados sobre la variedad de los sistemas de radiodifusión sonora digital propuestos para su utilización en las tres bandas de frecuencias atribuidas, a fin de poder calcular los niveles necesarios de densidad de flujo de potencia o de intensidad de campo. Para cada posible sistema identificado para su utilización en cada una de las bandas de frecuencias deben especificarse todos los datos pertinentes para determinar los niveles necesarios de densidad de flujo de potencia. Entre otros parámetros, los datos deben incluir: la p.i.r.e., la velocidad de transmisión de datos para la calidad de servicio propuesta, la anchura de banda de canal, suposiciones sobre márgenes (margen de interferencia, propagación por trayecto múltiple, edificios, vegetación, etc.), la relación E_b/N_0 necesaria, la ganancia de la antena de recepción y las pérdidas por dispersión.
- Es necesario realizar estudios sobre interferencia a fin de determinar los niveles admisibles de interferencia en las señales de radiodifusión sonora digital procedentes de los diversos tipos de señal de los distintos servicios atribuidos también a título primario indicados anteriormente. Estos estudios deben tener en cuenta el hecho de que la relación de protección dependerá de las anchuras de banda en radiofrecuencia y de los espectros de potencia de las señales deseada e interferente, así como de cualquier desplazamiento de frecuencia que se produzca entre las portadoras correspondientes. Además, la relación de protección dependerá de la distribución entre ruido e interferencia y de la distribución de la interferencia admisible entre la radiodifusión sonora digital y otros servicios.
- También deben emprenderse estudios para evaluar los requisitos de compartición entre las estaciones espaciales geoestacionarias y no geoestacionarias (incluidas las de órbita terrestre baja y las de órbita muy elíptica) que proporcionan servicios de radiodifusión sonora por satélite.
- Es necesario efectuar estudios para evaluar los costes y beneficios que supone la aplicación de técnicas diseñadas para mejorar la compartición entre servicios. Existen varias técnicas que ayudan a facilitar la compartición entre los sistemas del SRS (sonora) y del SR (sonora) y otros servicios. Entre estas técnicas pueden citarse las de diversidad (de frecuencias, en el espacio y en el tiempo) para reducir el efecto de desvanecimiento y, por consiguiente, disminuir los márgenes necesarios. La utilización de transmisores de relleno terrenales cocanal (sistemas híbridos) reduciría aún más el margen necesario para superar el efecto de sombra. Las tecnologías avanzadas de antenas pueden contribuir también a mejorar la compartición. Gracias a los sistemas de antenas de recepción con control electrónico de fase para la recepción a bordo de vehículos se pueden obtener receptores de ganancias más elevadas que ofrecen una mayor discriminación fuera del eje.
- La CAMR-92 permitió la introducción de la radiodifusión sonora digital en el servicio de radiodifusión y en el servicio de radiodifusión por satélite en cada una de las bandas de frecuencia atribuidas. Es necesario realizar estudios para determinar los requisitos de compartición entre la radiodifusión sonora digital por satélite y terrenal, dentro de la misma banda de frecuencias.
- El servicio y los criterios de compartición dependen de la precisión del modelo de propagación utilizado. Es preciso establecer una estrecha coordinación con la Comisión de Estudio 3 de Radiocomunicaciones a fin de elaborar el modelo más preciso para cada una de las tres bandas de frecuencias atribuidas. Debe prestarse especial atención a los modelos de propagación para las señales terrenales, especialmente en trayectos próximos al horizonte físico o más allá del mismo.

5.2.2 Interferencia causada a otros servicios

El Informe UIT-R BO.955-2 contiene información relativa a la influencia de los sistemas del SRS (sonora) y del servicio de radiodifusión sonora digital terrenal en otros servicios. No obstante es necesario realizar algunos estudios adicionales para evaluar completamente las posibles interferencias:

- Es preciso identificar las características de la antena del satélite para las tres bandas de frecuencias (por ejemplo, tamaños prácticos y sus ganancias asociadas y características de corte).
- Para facilitar la compartición con otros servicios deben determinarse los niveles de densidad de flujo de potencia del sistema del SRS (sonora) en función del ángulo de llegada.
- Los criterios de compartición y el servicio dependen de la precisión del modelo de propagación utilizado. Será necesario establecer una estrecha coordinación con la Comisión de Estudio 3 de Radiocomunicaciones a fin de elaborar el modelo más preciso para cada una de las tres bandas de frecuencias atribuidas. Debe prestarse especial atención a los modelos de propagación para la señal por satélite.
- Los criterios de protección para los sistemas de teledifusión aeronáutica que funcionan en la banda 1 452-1 525 MHz en Estados Unidos de América figuran en el Doc. 10-11S/114 (Estados Unidos de América), el cual proporciona información sobre estudios de comparación entre sistemas de teledifusión aeronáutica y el SRS (sonora). Se describe un método para analizar la interferencia causada por los satélites geoestacionarios y no geoestacionarios a las estaciones receptoras de teledifusión.

Se obtienen los resultados numéricos, expresados como el valor de las densidades de flujo de potencia del satélite que pueden tolerar los sistemas de teledifusión aeronáutica, basándose en los parámetros utilizados en los sistemas de teledifusión de Estados Unidos de América. Teniendo en cuenta los valores indicados en dicho documento puede aparecer un grave problema de compartición con respecto a las emisiones del satélite.

El documento contiene igualmente las ubicaciones de muchas estaciones receptoras de teledifusión en Estados Unidos de América, lo cual a su vez da idea de la amplia utilización de esta banda a estos efectos.

El desarrollo de los criterios de protección para los sistemas de teledifusión aeronáutica incumbe al Grupo de Trabajo 8B, donde se revisará el citado documento.

Los resultados a los que llegue el Grupo de Trabajo 8B tras las deliberaciones sobre este tema constituirán la base para futuros estudios de compartición en el Grupo de Trabajo 10-11S.

6 Otros estudios que deben realizarse para la conferencia mundial de radiocomunicaciones de 1998

Al preparar la Conferencia Mundial de Radiocomunicaciones de 1998, las Comisiones de Estudio de Radiocomunicaciones deben considerar la realización de estudios sobre los siguientes temas:

- a) Consideraciones sobre la compartición regional e interregional entre servicios. En particular:
 - Compartición entre el SRS (sonora) y los sistemas punto a multipunto.

I. UIT-R BO.2006

- Compartición entre el SRS (sonora) y los sistemas punto a punto en el servicio fijo.
- Compartición con el servicio móvil, incluida la telemedida aeronáutica.
- Compartición con los sensores de microondas activos y pasivos.
- Protección del servicio de radioastronomía.
- Compartición con los servicios espaciales, de exploración de la Tierra por satélite y de operaciones espaciales.
- Compartición con los equipos de ICM.
- Compartición entre la radiodifusión sonora digital terrenal y los sistemas punto multipunto.
- Compartición geográfica.

Estos estudios deben incluir la investigación de las relaciones de protección necesarias para permitir el establecimiento de los criterios de planificación necesarios.

- b) Compartición entre los servicios de radiodifusión sonora digital por satélite (SRS) y terrenales (SR). Pueden considerarse los siguientes casos:
 - SRS en el SRS
 - SRS en el SR
 - SR en el SRS
 - SR en el SR.
- c) Estudios de planificación relativos a los servicios con satélites geoestacionarios y no geoestacionarios, incluyendo posibles consideraciones de compartición entre ambos tipos de servicios.
- d) Estudios relativos a la planificación de los enlaces de conexión del SRS (sonora).
- e) Estudios sobre la implantación conjunta de servicios de radiodifusión sonora digital por satélite y terrenales en una banda determinada.
- f) Estudios relativos a la propagación y a las características del canal de transmisión.
- g) Estrategias de introducción de la radiodifusión sonora digital terrenal y por satélite antes de la Conferencia Mundial de Radiocomunicaciones de 1998 para no disminuir la flexibilidad de las futuras asignaciones de espectro a estos servicios en la CMR.

7 Referencias bibliográficas

Documentos del CCIR:

[1990-94]: a. Doc. 10B/70.

ANEXO 1

Protección de los sistemas del servicio de radiodifusión sonora por satélite contra la interferencia

Cada una de las tres bandas de frecuencias atribuidas al SRS (sonora) y al servicio de radiodifusión terrenal para la radiodifusión sonora digital están también atribuidas a otros servicios. Por consiguiente, al elaborar criterios para la utilización compartida de estas bandas de frecuencias será necesario tener en cuenta los criterios de protección pertinentes para los sistemas y la radiodifusión sonora digital en los servicios existentes; los servicios en cuestión pueden variar según la administración. Esos criterios de protección existen, o se encuentran en diversas etapas de desarrollo para muchos de los actuales servicios en las bandas atribuidas al SRS (sonora). El Informe UIT-R BO.955-2 examina con cierto detalle la influencia que tendrían los sistemas del SRS (sonora) en diversos servicios existentes. Sin embargo, no se considera la protección del SRS (sonora) contra estos servicios.

Se han estudiado algunos sistemas de radiodifusión sonora digital (Docs. 10-11S/55, anexo XXII, 10-11S/88 y 10-11S/93) diseñados para cumplir una cierta variedad en cuanto a demandas de servicio y de calidad de audio. El tipo de servicio y la calidad de audio deseada que debe lograrse en cada sistema afectará la potencia de la señal recibida necesaria, la anchura de banda de canal y, la proporción bits erróneos requerida para obtener la calidad de servicio deseada; estos factores, a su vez, determinan el nivel admisible de potencia interferente que puede tolerarse. Por consiguiente, al desarrollar los criterios de compartición adecuados para los sistemas de radiodifusión sonora digital debe tenerse en cuenta el tipo de servicio y el nivel de calidad de sonido que debe lograrse.

A continuación se describe un método para determinar los límites necesarios de densidad de flujo de potencia interferente en el borde de una zona de servicio del SRS (sonora) para proteger los sistemas del SRS contra la interferencia procedente de los servicios terrenales. El método se ajusta a lo especificado en el § 2.2 del Informe UIT-R BO.631-4 para la protección de las señales del SRS de televisión contra la interferencia procedente de los servicios terrenales.

El límite de densidad de flujo de potencia que no debe rebasarse en el borde de la zona de servicio del SRS viene dado por la fórmula:

$$F_S = F_{tqp} - R_q + D + P - M_r - M_i \quad (1)$$

(Nota - Esta ecuación puede que no sea válida cuando la señal procedente del satélite llega con una incidencia casi rasante. En este caso debe incluirse un margen adicional. Cabe señalar que es necesario realizar más estudios a fin de determinar la pertinencia de la ecuación (1) para la recepción en vehículos y portátil. En este caso puede que sea necesario aplicar un método estadístico; por ejemplo, un factor de correlación que relacione el desvanecimiento relativo de las señales deseada e interferente en función del porcentaje de ubicaciones y/o del tiempo.)

Siendo:

F_S : máxima densidad de flujo de potencia interferente admisible (dB(W/m²)) en la anchura de banda necesaria del satélite de radiodifusión;

F_{tqp} : mínima densidad de flujo de potencia deseada (dB(W/m²)) en el borde de la zona de servicio en la anchura de banda necesaria del satélite de radiodifusión (es decir, la

densidad de flujo de potencia que, frente al ruido térmico únicamente, da lugar a una calidad de la señal de salida, q , que debe rebasarse durante un alto porcentaje de tiempo, p);

R_q : relación de protección (dB) entre las señales deseada e interferente a la entrada del receptor para una interferencia apenas detectable cuando la calidad de la señal de salida se ha degradado por el ruido térmico hasta un valor q (R_q depende de las anchuras de banda en RF y de los espectros de potencia de las señales deseada e interferente, así como de cualquier desplazamiento de frecuencia entre las portadoras correspondientes);

D : discriminación angular (dB) contra la señal interferente que proporciona el diagrama de radiación de la antena de recepción del satélite de radiodifusión;

P : discriminación (dB) contra la señal interferente debida a la polarización de la antena de recepción;

M_r : margen (dB) para tener en cuenta una posible reflexión en la superficie de la señal interferente;

M_i : margen (dB) para tener en cuenta posibles fuentes de interferencia múltiple.

El límite de la densidad de flujo de potencia interferente indicado en la ecuación (1) asegura que la calidad de la señal de salida en receptor del SRS (sonora) será igual a q , aun cuando la densidad de flujo de potencia del sistema se haya reducido hasta el nivel mínimo F_{tqp} . Durante el $p\%$ del tiempo, la densidad de flujo de potencia del sistema será superior a F_{tqp} y la calidad de la señal de salida será mayor que q .

Obsérvese que R_q es el margen de protección global para el SRS (sonora) y estará constituido por diversas contribuciones debidas a la compartición entre servicios y dentro del servicio. Aún está pendiente la distribución del margen admisible de interferencia global entre estas diversas fuentes.

Suponiendo que los márgenes M_r y M_i se incluyan en el margen de interferencia global empleado para determinar R'_q , la ecuación (1) pasa a ser:

$$F_s = F_{tqp} - R'_q + D + P \quad (2)$$

Contando con la suficiente información para calcular las densidades de flujo de potencia del sistema deseado necesarias y las relaciones de protección contra la interferencia necesarias, puede utilizarse la ecuación (2) para determinar las limitaciones de densidad de flujo de potencia, F_s , con las que se protegerían a los sistemas del SRS (sonora) contra la interferencia perjudicial procedente de los transmisores terrenales. La densidad de flujo de potencia del sistema terrenal en un receptor del SRS (sonora) es función de la potencia isotropa radiada equivalente del transmisor terrenal en el sentido del receptor del SRS y de las pérdidas de dispersión, que dependen de la longitud del trayecto y de otros factores relacionados con el terreno. Entonces pueden calcularse las distancias de separación necesarias entre los transmisores terrenales y los receptores del SRS (sonora).

Los niveles de densidad de flujo de potencia relativamente elevados para los sistemas del SRS (sonora) complican la tarea de obtener criterios de compartición adecuados para todos los servicios. Los niveles elevados de densidad de flujo de potencia son necesarios, en parte, para proporcionar un margen suficiente con objeto de superar los desvanecimientos profundos debidos al bloqueo de la señal producido por los edificios y la vegetación. Para disminuir el efecto del desvanecimiento, y por consiguiente reducir el margen necesario, pueden utilizarse diversas técnicas,

I. UIT-R BO.2006

tales como las de diversidad en frecuencia, en el espacio y en el tiempo. Una mayor utilización de transmisores de relleno terrenales cocanal (sistemas híbridos) reduciría igualmente el margen necesario para superar el ensombrecimiento.

Otro factor que tiene influencia sobre el requisito de elevada densidad de flujo de potencia es la baja ganancia (y por lo tanto la discriminación mínima) de la antena de recepción del SRS (sonora), especialmente en el caso de recepción en vehículos. Las tecnologías avanzadas de antenas, tales como los sistemas de antenas con control electrónico de fase, pueden proporcionar una ganancia más elevada con objeto de disminuir los niveles necesarios de densidad de flujo de potencia. Igualmente deben desarrollarse métodos para reducir la sensibilidad de los receptores del SRS (sonora) a la interferencia horizontal.

Por último, para facilitar la compartición con los servicios existentes, puede utilizarse el intercalado de frecuencias y/o puede evitarse el empleo de ciertas zonas del espectro en algunas partes de las bandas atribuidas. Sin embargo, estas técnicas podrían tener influencia en el número de canales de programas disponibles para una determinada zona de servicio.
