

INFORME UIT-R M.2080

**Consideraciones sobre las condiciones de compartición y
la utilización de la banda 4-10 MHz**

(2006)

Cometido

Durante la preparación del proyecto de Informe de la RPC-07, se recibieron varias contribuciones con información sobre las condiciones de compartición de la banda 4-10 MHz. Aunque estos documentos ya se tuvieron en cuenta al revisar el texto de la RPC relativo al punto 1.13 del orden del día de la CMR-07, contienen información valiosa para los estudios del UIT-R sobre las bandas de ondas decamétricas y se han utilizado para elaborar este nuevo Informe.

Introducción

En este Informe se recopilan textos presentados durante el periodo de estudios 2003-2007. Los documentos a que se hace referencia pertenecen a este periodo de estudios, a menos que se indique lo contrario. En estos textos se tratan cuestiones relativas a la compartición entre los diversos servicios a que está atribuida esta banda, así como otra información sobre la utilización de las bandas de ondas decamétricas. En los debates acerca de las distintas contribuciones, las administraciones expresaron opiniones divergentes al respecto.

Estructura del Informe

A continuación se presenta un resumen ejecutivo de cada anexo. Tras el resumen, se exponen dos opiniones:

La Opinión I representa las observaciones que apoyan las conclusiones a que llega el estudio expuesto en el anexo.

La Opinión II representa las observaciones contrarias a las conclusiones a que llega el estudio expuesto en el anexo.

A fin de comprender plenamente las cuestiones, han de consultarse tanto las opiniones como los anexos correspondientes.

ÍNDICE

Página

Anexo 1 – Información sobre la posibilidad de compartición de frecuencias entre distintos servicios de radiocomunicaciones en la gama de frecuencias 4-10 MHz.....	10
Anexo 2 – Espectrogramas de las campañas de comprobación técnica	29
Anexo 3 – Análisis de las condiciones específicas de compartición en la banda 4-10 MHz	46
Anexo 4 – Consideraciones sobre la compatibilidad en ondas decamétricas.....	65
Anexo 5 – Consideraciones sobre compartición del espectro en relación con el punto 1.13 del orden del día de la CMR-07	75
Anexo 6 – Consideraciones relativas a la atribución de la misma banda con categoría primaria al servicio fijo o el servicio móvil y con categoría secundaria al servicio de aficionados.....	81

RESUMEN EJECUTIVO

Anexo 1

Información sobre la posibilidad de compartición de frecuencias entre distintos servicios de radiocomunicaciones en la gama de frecuencias 4-10 MHz

El análisis muestra que la compartición propuesta entre sistemas adaptativos de los servicios fijo y móvil marítimo causaría interferencia perjudicial e inaceptable entre estos servicios. Aunque podrían aplicarse restricciones al servicio fijo a fin de reducir esta interferencia, este servicio no podría funcionar en condiciones óptimas. El análisis demuestra asimismo que la utilización de antenas de haz estrecho en la gama de frecuencias 4 a 10 MHz no es un medio práctico de establecer la compatibilidad entre estos servicios.

Opinión I

El anexo contiene un análisis de las comunicaciones de largo alcance cuando se utilizan técnicas de múltiples saltos. Los resultados de la evaluación muestran claramente que el aumento de la ganancia de la antena o de su directividad no son factores clave que permitan mejorar la compartición entre los servicios debido a los múltiples reflejos de la ionosfera.

El Anexo deja claro que la aplicación de sistemas adaptativos en frecuencia para que distintos sistemas puedan utilizar la misma frecuencia al mismo tiempo y en la misma zona causará interferencia perjudicial entre los servicios.

Por consiguiente, la compartición entre servicios causaría interferencia perjudicial e inaceptable.

Por este motivo, habrán de satisfacerse los cada vez mayores requisitos de cualquier servicio mejorando los sistemas existentes de dicho servicio sin perjudicar a otros servicios.

Opinión II

La compartición entre servicios ya está incluida en los procedimientos del Reglamento de Radiocomunicaciones (RR) y el UIT-R ha elaborado técnicas, que se recogen en diversas Resoluciones de la CMR y Recomendaciones UIT-R. Teniendo en cuenta las dimensiones de frecuencia, tiempo y espacio que utilizan los servicios en ondas decamétricas, es posible lograr un funcionamiento compatible y más eficaz en las bandas de ondas decamétricas cuando éstas están atribuidas a título compartido.

Este Anexo no hace más que exponer lo obvio, es decir, que intentar utilizar la misma frecuencia para establecer comunicaciones en el mismo momento y globalmente en la misma zona será un fracaso. Se utiliza esta constatación para construir un argumento que consolide la utilización de frecuencias en periodos de 24 h y se llega a la conclusión de que no es posible la compartición interservicios o intraservicio.

El tipo de enlaces analizados tienen potencias y zonas de cobertura que deberían estar sometidas a planificación de radiodifusión y no son típicas de los enlaces punto a punto de corta duración que caracterizan muchas de las funciones de intercambio de datos actuales. Tampoco los análisis reconocen que incluso una sola frecuencia de ondas decamétricas puede reutilizarse al mismo tiempo si se toma la precaución de garantizar el suficiente aislamiento gracias a una combinación de distancias de separación y directividad de antena.

Por tanto, si bien los ejemplos demuestran correctamente que todo intento de reutilizar una frecuencia en el mismo lugar y al mismo tiempo será un fracaso, esta conclusión ignora un factor clave, que se puede gestionar eficazmente el espectro de ondas decamétricas para permitir un uso

múltiple de frecuencias dentro de una banda o la reutilización de una sola frecuencia en distintos emplazamientos o en distintos momentos.

El espectro de frecuencias es limitado y la única manera de acomodar los requisitos adicionales es incrementando los acuerdos de compartición entre servicios.

Anexo 2

Espectrogramas para las campañas de comprobación técnica

En apoyo de la labor dirigida a la preparación de propuestas relativas al punto 1.13 del orden del día de la CMR-07, las estaciones de comprobación técnica de la Región 1 llevaron a cabo campañas de comprobación técnica (2 al año desde 2004) para recoger información sobre la utilización real del espectro entre 4-10 MHz. Los resultados de las campañas de comprobación técnica fueron analizados por los expertos de las estaciones mencionadas y por representantes de todos los servicios interesados en dicho punto del orden del día. En este anexo se presenta un resumen de tal análisis por MHz.

Opinión I

Al realizar las campañas de comprobación técnica, se tuvieron cuidadosamente en cuenta todas las cuestiones de interés para garantizar que se detectase el máximo número de emisiones, habida cuenta de la disponibilidad de equipos, el plazo y la zona abarcada.

Antes del inicio de las campañas, se definió un conjunto común de parámetros aplicables a las mediciones automáticas. Con los equipos de medición modernos y su disponibilidad en las estaciones de comprobación técnica, los expertos consideraron que un tiempo de barrido de 10 s para una gama de frecuencias de 200 kHz era un buen compromiso. Aunque era posible que se perdieran algunas emisiones cuya duración fuese inferior a 10 s, la probabilidad de que esto ocurriera se veía reducida al haber varias estaciones comprobando la misma gama simultáneamente. La comprobación de gamas de frecuencias idénticas en hasta 4 emplazamientos minimizaba las consecuencias de los fallos del equipo y se lograba cubrir una porción mucho mayor de la zona CEPT.

Aunque las campañas de comprobación técnica se llevaron a cabo en la Región 1, las condiciones de propagación permitieron tener en cuenta las emisiones procedentes de otras Regiones, si las estaciones participantes las recibían a un nivel suficiente. La base de datos de observaciones anuales confirma la recepción de emisiones emanantes desde fuera de la Región 1. Los resultados de estas campañas de comprobación técnica han de combinarse con los resultados de campañas equivalentes llevadas a cabo en la Región 1 fuera de la zona de la Conferencia Europea de Administraciones de Correos y Telecomunicaciones (CEPT), en la Región 2 y en la Región 3, de haberlas, para disponer de información actualizada sobre la utilización de frecuencias que pueda emplearse en los debates relativos a la modificación del Artículo 5 del RR.

No parece posible comprobar todas las emisiones, principalmente las emisiones de corta duración adaptativas que han de recibirse en el umbral de mínimo ruido en una gama de 6 MHz (4-10 MHz). El número de emisiones perdidas se reducirá comprobando bandas muy pequeñas en un mayor número de estaciones utilizando equipo rápido.

La comparación de los espectrogramas con los datos recopilados mediante comprobación manual confirma que sí se han comprobado las emisiones y señales de corta duración justo por encima del umbral de mínimo ruido.

Se invita a las administraciones preocupadas por la posibilidad de que se pierdan emisiones, a participar en las campañas de comprobación técnica y a comunicar sus resultados para obtener una visión general de la utilización de frecuencias en todo el mundo.

Opinión II

Las campañas de comprobación técnica han dejado de lado muchas cuestiones, por lo que se ha subestimado el número de transmisiones fijas y móviles. Estas campañas sólo se refieren a una Región y no tienen en cuenta la repercusión en otras Regiones de las situaciones de compartición que se identifican. Utilizando una anchura de banda de 200 kHz y un plazo de 10 s para las transmisiones y dividiendo, además, las bandas comprobadas entre grupos de 3 ó 4 estaciones de comprobación, es muy posible que se hayan perdido la mayoría de transmisiones fijas y móviles. La mayoría de sistemas adaptativos hoy en día transmiten datos en vez de voz y la mayoría de transmisiones son muy cortas y tienen lugar en un emplazamiento específico. Generalmente hay muchas transmisiones por hora, pero cada una de ellas puede perderse dada la gran anchura de banda y el corto periodo de transmisión. Además, la señal recibida por el sistema adaptativo se encuentra en el umbral de mínimo ruido en el emplazamiento de recepción, dada la necesidad de mantener una gran red de comunicaciones. Es posible que la campaña de comprobación técnica haya perdido estas transmisiones, incluidas las de voz.

Anexo 3

Análisis de las condiciones de compartición específicas en la banda 4-10 MHz

La compartición entre servicios está determinada por la ubicación del receptor y, muy raramente por la ubicación de transmisor. Las huellas de transmisión en ondas decamétricas pueden tener miles de kilómetros de anchura y de longitud. Es probable que se comparta la misma frecuencia cuando las bandas de frecuencias están atribuidas a distintos servicios. En el caso de los sistemas adaptativos, el mayor número de frecuencias del grupo de usuarios permite aumentar el tamaño del mismo, pero deja menos espectro libre entre grupos de usuarios, por lo que se aumenta la congestión.

Opinión I

Resulta problemático aumentar la compartición entre servicios. Los sistemas adaptativos también pueden experimentar dificultades en la compartición. Como resultado de la propagación, si el Reglamento de Radiocomunicaciones prevé más compartición, se generará interferencia en la misma frecuencia y en la misma zona de cobertura.

Opinión II

Se considera que la atribución de bandas a título compartido a los servicios fijo, móvil y de radiodifusión ofrece a todos los servicios acceso al espectro de manera compatible, teniendo en cuenta que:

- la banda 3 950-4 000 kHz (R1 y R3) está atribuida a los servicios fijo y de radiodifusión sin criterios de compartición específicos;
- hay ejemplos de coexistencia geográfica controlada entre el servicio fijo y el de radiodifusión, por ejemplo, la coexistencia entre los servicios fijo y móvil y el servicio de radiodifusión, en funcionamiento de conformidad con el número 4.113 del RR, en las bandas 4 850-4 995 kHz, 4 995-5 005 kHz y 5 060-5 250 kHz existe desde hace tiempo y suele ser satisfactoria dada la predominancia de técnicas de onda ionosférica con incidencia casi vertical (NVIS) en el servicio de radiodifusión que, para transmisiones desde y hacia la

misma ubicación/zona, naturalmente funciona a frecuencias más bajas que los trayectos de onda ionosférica con incidencia oblicua de los servicios fijo y móvil;

- ya hay ejemplos de compartición temporal controlada entre el servicio móvil marítimo y el servicio de radiodifusión, que, dado que ambos funcionan según un calendario predeterminado con una buena regularidad, puede desarrollarse;
- pueden diseñarse enlaces fijos y móviles con agilidad de frecuencias para evitar las colisiones con las transmisiones de radiodifusión planificadas;
- ya hay ejemplos de coexistencia geográfica controlada entre el servicio fijo y el de radiodifusión.

Anexo 4

Consideraciones sobre la compatibilidad en ondas decamétricas

El examen del Informe del Grupo Interino de Trabajo Mixto (GITM) a la CAMR-92, sostenido por los acontecimientos posteriores y por los estudios relativos a los sistemas en ondas decamétricas, especialmente en lo que se refiere a las técnicas para mejorar la eficacia del espectro, demuestra la factibilidad de diversos tipos de compartición, incluso entre el servicio de radiodifusión y otros servicios. La convergencia de las técnicas de modulación y control hace que las características operativas sean similares. Una vez que la planificación de circuitos y las funciones y características operativas son tan parecidas que apenas se distinguen, las aplicaciones en cuestión pueden coexistir, ya que sus criterios de compatibilidad serán básicamente idénticos.

Opinión I

Se considera que la atribución de bandas para uso compartido genérico entre los servicios fijo y móvil ofrece una utilización compatible y más eficaz de las bandas de ondas decamétricas, teniendo en cuenta que:

- varias bandas de frecuencias entre 4 y 30 MHz ya están atribuidas a título compartido a varios servicios de radiocomunicaciones, incluidos los servicios fijo y móvil, y que, a partir del 29 de marzo de 2009, la mayoría de bandas entre 4 y 10 MHz tendrán múltiples usos, y que los sistemas adaptativos requieren acceso a la mayor gama de espectro posible para un funcionamiento óptimo (véase el *considerando a*) de la Resolución 729 (CMR-97));
- las diferencias entre los servicios fijo y móvil son cada vez menos evidentes, a medida que se desarrollan e implantan nuevas aplicaciones y tecnologías.

Puede lograrse la compartición o coexistencia de aplicaciones fijas y móviles en tiempo real utilizando:

- una combinación de técnicas de evitación automática de conflictos en canal, como requieren los *resuelve* 2 y 3 de la Resolución 729 (CMR-97);
- un esquema de modulación digital compatible con anchura de banda de canal adaptable y capacidades de tráfico de datos; y
- las capacidades de compartición en el tiempo naturales que ofrecen los distintos patrones de uso de los diversos servicios y los tiempos de transmisión relativamente cortos de los protocolos de paquetes que utilizan los nuevos sistemas de intercambio de datos digitales.

La cada vez mayor convergencia entre las características operativas de los modernos sistemas de intercambio de datos desarrollados para los servicios fijo y móvil que utilizan las bandas de ondas decamétricas queda demostrada además por que la mayoría de estos nuevos sistemas emplean en la

actualidad la multiplexación por división de frecuencia ortogonal (MDFO) como norma de transmisión común. Existe incluso convergencia con la radiodifusión en ondas decamétricas, ya que el sistema Digital Radio Mondiale (DRM), desarrollado para sustituir a la modulación analógica para la radiodifusión sonora en ondas hectométricas y decamétricas, se ajusta a los parámetros de la MDFO. Una característica de los sistemas basados en la MDFO es que es posible adaptar las características de codificación de la transmisión para ajustarse lo más posible a los requisitos del servicio y los factores de propagación radioeléctrica en el momento de la transmisión.

La convergencia de las técnicas de modulación y control para las aplicaciones fijas y móviles significa que, con cada vez mayor frecuencia, funcionarán con características muy similares, incluida la máscara de espectro. Una vez que la planificación de circuitos y las funciones y características operativas son tan parecidas que apenas se distinguen, las aplicaciones en cuestión pueden coexistir, ya que sus criterios de compatibilidad serán básicamente idénticos.

Opinión II

Este anexo se basa en la información contenida en el Documento CCIR JIWP 10-6-8-9/1, elaborado antes de la CAMR-92. Dicha información sólo trata de cuestiones reglamentarias y no de la posibilidad técnica real de aumentar la compartición en la banda 4-10 MHz.

En el momento en que se elaboró tal documento, la utilización de las bandas de ondas decamétricas por los servicios fijo y móvil era muy baja, pues se estaban investigando métodos de servicio alternativos, como los satélites. Estos métodos de servicio alternativos no resultaron satisfactorios y, a partir del año 2000, volvió a aumentar la utilización de las bandas de ondas decamétricas por los servicios fijo y móvil. De acuerdo con lo dispuesto por la CMR-92, se asignaron al servicio de radiodifusión 200 kHz a título primario en todo el mundo.

Como se muestra en los Anexos 1 y 3, es normal que la compartición cause interferencia en la misma frecuencia y en la misma zona de cobertura, por lo que no resulta posible aumentarla. La compartición típica establecida en el RR supone que el servicio de radiodifusión tenga categoría primaria y los demás, secundaria (véase el número 5.147 del RR) independientemente de la posibilidad técnica real de la compartición en la banda 4-10 MHz. Por ejemplo, se presentan casos de compartición entre los servicios fijo y móvil en la misma frecuencia y zona de cobertura complicados e irresolubles. En este anexo también se cita la compartición dentro del servicio de radiodifusión. Esta compartición está planificada y coordinada por los procedimientos del Artículo 12 del RR.

Dichos procedimientos de coordinación no se adaptan ni pueden aplicarse a los servicios fijo y móvil debido al gran número de estaciones y administraciones involucradas. Por diversos motivos, incluidas restricciones de tiempo, el coste asociado a la inscripción de frecuencias, así como el crecimiento de sistemas fijos en ondas decamétricas, el MIFR no se ha actualizado regularmente desde 1995 y las entradas que contiene no representan la utilización real. Es bien sabido que muchas asignaciones fijas no se han incluido en el Registro Internacional de Frecuencias (MIFR) y que las administraciones llevan un registro de sus propias asignaciones y llevan a cabo la coordinación con otras administraciones, según procede.

En este anexo se presenta también un ejemplo de compartición intraservicio para eliminar las limitaciones de uso de los Apéndices 17 y 25 del RR. Algunas administraciones consideran que el examen de los Apéndices 17 y 25 queda fuera del alcance del punto 1.13 del orden del día de la CMR-07.

En el anexo se concluye erróneamente que la convergencia de los parámetros de sistema de diferentes servicios conduce automáticamente a un incremento de la posibilidad de compartición entre servicios.

La MDFO no es en la actualidad una norma para la modulación del servicio fijo.

En este anexo no se presentan análisis técnicos que apoyen la posibilidad de aumentar la compartición en la banda 4-10 MHz.

En este anexo también se sugiere que la utilización por parte de los usuarios de los servicios fijo y móvil terrestre de la onda ionosférica NVIS permitiría la compartición con el servicio móvil marítimo, aunque no tiene en cuenta que muchas administraciones no pueden emplear la NVIS para las comunicaciones fijas y móviles dadas las grandes zonas de servicio y los largos trayectos que han de cubrir tales administraciones. Tampoco se tiene en cuenta que en el servicio móvil marítimo no hay NVIS o no se utiliza.

La NVIS se refiere a un modo de propagación radioeléctrica que supone el uso de antenas con un ángulo muy alto de radiación, cercano a los 90° para el establecimiento de enlaces radioeléctricos más allá de la línea de visibilidad directa hasta una distancia de unos pocos cientos de kilómetros. La gama de frecuencias útil varía de acuerdo con la longitud del trayecto. Cuanto más corto es el trayecto, más baja es la MUF y más pequeña la gama de frecuencias. En la práctica, esto limita el modo de funcionamiento NVIS a una gama de 2 a 4 MHz por la noche y de 4 a 8 MHz durante el día. Estos límites nominales variarán con el ciclo de actividad solar de 11 años y serán más cortos durante los periodos de mínima actividad solar. Esta restricción de la gama de frecuencias se debe a las características físicas de la propagación y no es posible eliminarla. Se pueden esperar problemas cuando se utilice el modo NVIS en esta porción del espectro de ondas decamétricas. A fin de producir radiación casi vertical, es necesario seleccionar y ubicar cuidadosamente las antenas para minimizar la radiación de la onda de superficie y maximizar la energía radiada hacia el cenit. Puede ser problemático en términos prácticos para las plataformas móviles la producción de radiación con un ángulo de elevación muy alto. En este anexo no se considera ninguno de estos problemas.

Anexo 5

Consideraciones sobre compartición del espectro en relación con el punto 1.13 del orden del día de la CMR-07

En este anexo se sostiene el análisis que muestra que la compartición es un medio inadecuado de resolver este punto del orden del día. La fiabilidad de cualquier red de comunicaciones en ondas decamétricas mejora cuanto más ancha sea la gama de frecuencias disponibles, pudiéndose así seleccionar la frecuencia óptima para responder a las siempre cambiantes condiciones de propagación resultantes de los cambios naturales que se suceden entre el día y la noche y las estaciones en las propiedades de la ionosfera.

Opinión I

De acuerdo con los procedimientos del RR, las técnicas establecidas elaboradas por el UIT-R mediante diversas Resoluciones de la CMR y Recomendaciones UIT-R, y teniendo en cuenta las dimensiones de frecuencia, tiempo y espacio que utilizan los servicios en ondas decamétricas, es posible lograr un funcionamiento compatible y más eficaz en las bandas de ondas decamétricas cuando éstas están atribuidas a título compartido.

Opinión II

En este anexo se llega erróneamente a la conclusión de que, si se puede realizar la compartición dentro de un servicio, debe ser posible realizarla entre distintos servicios. Se sugiere que, gracias a la compartición, se deja más espectro disponible a ambos servicios, pero cuando la compartición en la misma frecuencia y zona de cobertura no es posible, en realidad se limita el espectro disponible

para el servicio con mayor categoría, lo que aumentará la congestión del espectro disponible para tal servicio, reduciendo la posibilidad de utilizar el espectro disponible.

Si se utilizan los criterios de protección de los Anexos 1 y 3, se ve claramente que no es posible la compartición en la misma frecuencia y zona de cobertura. En los Anexos 1 y 3 se indica que esta situación se dará con frecuencia si se aumenta la compartición prevista en el RR.

Anexo 6

Consideraciones sobre la atribución de la misma banda con categoría primaria al servicio fijo o el servicio móvil y con categoría secundaria al servicio de aficionados

En este anexo se presentan los problemas que surgen para los servicios primarios de la introducción de una atribución secundaria de la misma banda al servicio de aficionados.

Opinión I

No hay ejemplos de atribución de la misma banda, donde se utilizan masivamente sistemas adaptativos en ondas decimétricas, con categoría secundaria al servicio de aficionados y con categoría primaria al servicio fijo.

La atribución secundaria al servicio de aficionados de la misma banda que está atribuida a título primario al servicio fijo o al servicio móvil aumentaría la congestión y causaría interferencia al servicio primario en cuestión. Los sistemas adaptativos en frecuencia no pueden diferenciar entre asignaciones primarias o secundarias y podrían quedar inutilizadas algunas asignaciones de las atribuidas al servicio fijo. También puede resultar difícil aislar la fuente de interferencia, ya que las estaciones de aficionados no han de funcionar en frecuencias con licencia coordinadas.

Opinión II

Muchos de los argumentos que se presentan en este anexo, relativos a la posible interferencia causada al servicio fijo primario por el servicio de aficionados secundario, son incorrectos o engañosos.

En la banda 10 100-10 150 kHz (fijo primario, aficionados secundario), no se han conocido casos de interferencia perjudicial al servicio fijo en los 25 años que lleva atribuida la banda al servicio de aficionados.

Los operadores del servicio de aficionados se cuentan entre los primeros en utilizar capacidades modernas de procesamiento de la señal digital para paliar cualquier posible interferencia y puede decirse que se desarrollarán nuevos métodos a tiempo para permitir la coexistencia con los sistemas adaptativos fijos.

Anexo 1

Información sobre la posibilidad de compartición de frecuencias entre distintos servicios de radiocomunicaciones en la gama de frecuencias 4-10 MHz

Introducción

El punto 1.13 del orden del día de la CMR-07 trata de la posibilidad de atribuir entre 250 kHz y 800 kHz de espectro adicional al servicio de radiodifusión (SR). En la Resolución 544 (CMR-03) se identifican las bandas de frecuencias preferidas para atribuir más recursos de espectro al servicio de radiodifusión. Algunas administraciones consideran que la pérdida de recursos de frecuencias atribuidas al servicio fijo (SF) y el servicio móvil (SM) derivadas de la reorganización del espectro para el servicio de radiodifusión podría compensarse mediante la compartición de frecuencias entre el servicio fijo/móvil terrestre y el servicio móvil marítimo (SMM) y empleando sistemas adaptativos en frecuencias.

No obstante, no se dispone actualmente de una estimación del posible ahorro de espectro en que redundaría la utilización de sistemas adaptativos en frecuencia y de la compartición de la gama 4-10 MHz entre los servicios fijo y móvil marítimo.

A fin de facilitar los estudios sobre la posibilidad de liberar frecuencias para la radiodifusión mediante la integración de los servicios fijo y móvil en la gama de frecuencias 4-10 MHz, un nuevo Informe UIT-R trata de los siguientes aspectos:

- análisis de casos existentes e hipotéticos de compartición entre los servicios fijo y móvil;
- casos de interferencia entre los servicios fijo y móvil marítimo;
- estimación de la interferencia entre los servicios fijo y móvil marítimo;
- estimación de la posibilidad de compartición entre el servicio de radiodifusión y otros servicios basada en la separación geográfica.

1 Análisis de casos existentes e hipotéticos de compartición entre el servicio fijo y el servicio móvil en la gama 4-10 MHz

En una serie de reuniones de Grupos de Trabajo (GT) del UIT-R se trató de la posibilidad de aumentar el espectro disponible para el servicio de radiodifusión combinando las atribuciones de frecuencias a los servicios fijo y móvil.

El análisis del Cuadro de atribución de bandas de frecuencias del RR muestra las siguientes atribuciones de frecuencias para los servicios fijo y móvil en la gama de frecuencias 4-10 MHz:

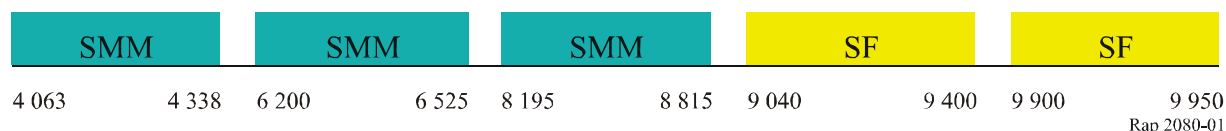
- las bandas de frecuencias 9 040-9 400 kHz y 9 900-9 950 kHz están atribuidas exclusivamente al servicio fijo a título primario;
- las bandas de frecuencias 4 063-4 438 kHz, 6 200-6 525 kHz, 8 195-8 815 kHz están atribuidas exclusivamente al SMM a título primario;
- otras bandas de la gama 4-10 MHz están atribuidas a título coprimario al servicio fijo y a otros servicios (servicio móvil terrestre, servicio móvil marítimo, servicio móvil, servicio de radiodifusión, etc.).

Los resultados de este análisis demuestran que sólo puede lograrse espectro adicional combinando las atribuciones a los servicios fijo y móvil en las bandas de frecuencias que estos servicios utilizan a título exclusivo. Podrían combinarse las atribuciones transfiriendo las atribuciones al servicio fijo a las bandas de frecuencias atribuidas exclusivamente al servicio móvil marítimo a título primario, o

transfiriendo las atribuciones al SMM a las bandas de frecuencias atribuidas exclusivamente al servicio fijo a título primario. Pueden excluirse todas las demás bandas del examen, ya que en ellas las atribuciones a los servicios fijo y móvil ya están combinadas.

A este respecto, algunas administraciones han llevado a cabo estudios sobre la posibilidad de combinar las atribuciones en las bandas de frecuencias actualmente atribuidas exclusivamente al SMM a título primario (véase la Fig. 1).

FIGURA 1
Atribuciones actuales exclusivas a los servicios fijo y móvil marítimo
en la banda de frecuencias 4-10 MHz



Ya se han considerado las dificultades técnicas, económicas y de procedimiento que pueden resultar de la modificación de las atribuciones de frecuencias en la gama 4-10 MHz. Además, esta modificación requeriría una revisión del Apéndice 25 del RR, que contiene el Plan de adjudicación de frecuencias para las estaciones costeras radiotelefónicas que funcionan en las bandas exclusivas del servicio móvil marítimo comprendidas entre 4 000 kHz y 27 500 kHz. También cabe señalar que el Artículo 31 del RR prohíbe cualquier emisión que pueda causar interferencia perjudicial a las comunicaciones de socorro y seguridad en cualquier frecuencia de las enumeradas en los Apéndices 13 y 15 del RR, incluidas las frecuencias de la gama 4-10 MHz.

Además de todo lo anterior, la combinación de atribuciones podría causar otros problemas de compatibilidad electromagnética, que podrían resolverse imponiendo restricciones más fuertes al servicio fijo, o mediante coordinación.

En el RR se refleja la experiencia acumulada en la compartición entre los servicios fijo y móvil marítimo en las bandas de frecuencias atribuidas exclusivamente al servicio móvil marítimo. El funcionamiento de estaciones fijas en las bandas de frecuencias 4 063-4 123 kHz y 4 130-4 438 kHz, sujetas al número 5.129 del RR, es un ejemplo de tal compartición. De conformidad con esta nota, las estaciones del servicio fijo pueden, en casos excepcionales, establecer comunicaciones a una potencia media no superior a 50 W dentro de las fronteras del país en que están ubicadas, siempre y cuando no causen interferencia perjudicial al servicio móvil marítimo.

La utilización de las bandas de frecuencias 4 063-4 123 kHz, 4 130-4 133 kHz y 4 408-4 438 kHz, sujeta al número 5.128 del RR en una serie de países de las Regiones 1 y 3, es otro ejemplo de compartición entre los servicios fijo y móvil marítimo. El servicio móvil marítimo funciona en dichas bandas, que también pueden ser utilizadas por estaciones del servicio fijo con potencia limitada ubicadas, como mínimo, a 600 km de la costa a condición de que no causen interferencia perjudicial al servicio móvil marítimo (CMR-97).

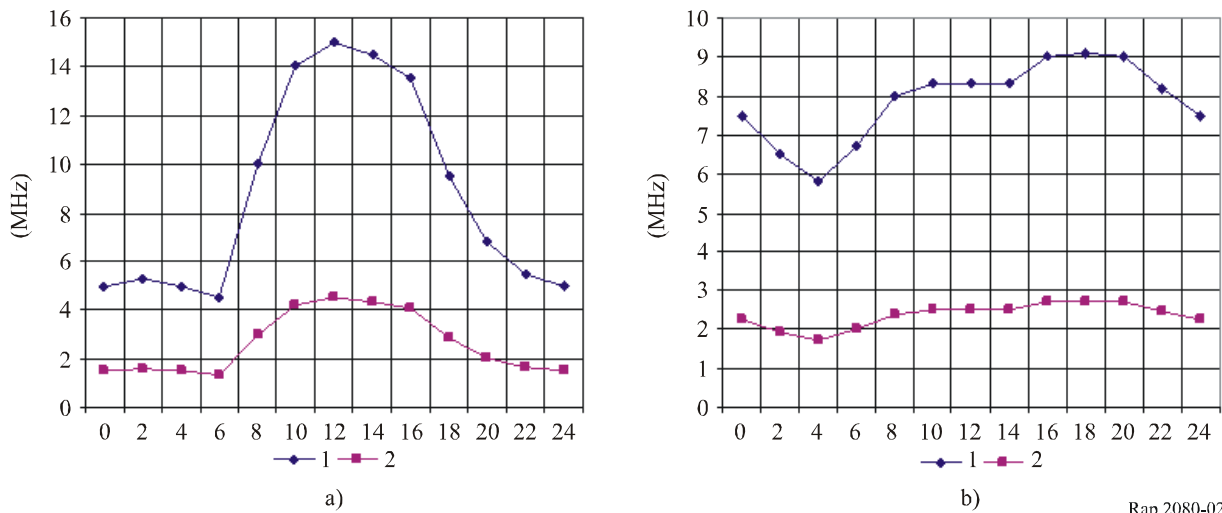
El análisis de la propagación de ondas radioeléctricas muestra que dichas bandas de frecuencias presentan una gran atenuación en los enlaces del primer salto para que pueda realizarse la compartición entre servicios.

Cabe mencionar que, al estimar la posibilidad de realizar la compartición entre el servicio fijo y el SMM, algunas administraciones se muestran de acuerdo con este enfoque. En concreto, se podría realizar la compartición entre enlaces de largo alcance del SMM y enlaces de corto alcance (hasta 200-300 km) del servicio fijo a condición de que se limite la potencia de los transmisores del

servicio fijo y que el servicio móvil marítimo funcione en una banda de frecuencias un 10% por encima de la frecuencia crítica de la ionosfera, además de que el servicio fijo funcione en una banda de frecuencias un 20% por debajo de la frecuencia crítica de la ionosfera. Así, en la Fig. 2 se muestran las relaciones medias de modificación diurna/nocturna de la frecuencia crítica de la capa ionosférica, F2, en invierno (véase la Fig. 2a)) y en verano (véase la Fig. 2b)) (Curva 1).

FIGURA 2

Cambios diurnos/nocturnos de la frecuencia crítica de la capa ionosférica F2



Rap 2080-02

Es evidente que la frecuencia crítica de la capa F2 cambia de 4 MHz a 15 MHz dentro del mismo año, lo que significa que, teniendo en cuenta las recomendaciones formuladas sobre la selección de las bandas de frecuencias operativas, la diferencia entre las bandas de frecuencias que han de utilizar los servicios fijo y móvil marítimo varía de 1,2 MHz a 4,5 MHz (Curva 2 de la Fig. 2). Además la elección de la banda de frecuencias también depende de otros factores como la latitud local, el ciclo solar, etc. El análisis de los resultados obtenidos indica que la compartición entre los servicios se logra gracias a la separación de frecuencias, pero no a la limitación de la potencia de transmisión y la utilización combinada de ondas electromagnéticas con incidencia casi vertical y oblicua en la ionosfera.

El análisis de factibilidad para determinar la atribución combinada de bandas de frecuencias atribuidas exclusivamente al SMM debe tener en cuenta que algunas administraciones proponen liberar una porción de espectro utilizando sistemas adaptativos en frecuencia en los servicios fijo y móvil marítimo. Se espera que estos sistemas funcionen en bandas de frecuencias superpuestas y que la selección de la frecuencia operativa se base en un análisis del entorno de propagación y la ocupación de los canales de comunicación disponibles.

No obstante, el análisis de la información disponible indica que, a pesar de que los sistemas adaptativos en frecuencia llevan utilizándose satisfactoriamente mucho tiempo, no se tiene información de los ahorros en recursos espectrales que se han logrado como resultado de su utilización. Además, es posible que, dadas algunas peculiaridades del funcionamiento de los sistemas móviles marítimos, se llegue a una situación en que las estaciones del servicio fijo y del servicio móvil marítimo compitan por utilizar las mismas frecuencias, lo que causaría interferencia inaceptable.

Por tanto, el análisis demuestra que:

- En la gama 4-10 MHz sólo podrá lograrse espectro adicional realizando una transferencia total o parcial de las atribuciones al servicio fijo en las bandas 9 040-9 400 kHz y

9 900-9 950 kHz a las bandas 4 063-4 438 kHz, 6 200-6 525 kHz, 8 195-8 815 kHz, actualmente atribuidas al SMM, o viceversa, es decir, transfiriendo una parte de las atribuciones al SMM en las bandas 4 063-4 438 kHz, 6 200-6 525 kHz y 8 195-8 815 kHz a las bandas 9 040-9 400 kHz y 9 900-9 950 kHz, atribuidas al servicio fijo. Pueden excluirse del estudio las demás bandas, pues en ellas las atribuciones a los servicios fijo y móvil ya están combinadas.

- La experiencia obtenida de la compartición entre los servicios móvil marítimo y fijo deja claro que los requisitos de imposición de serias restricciones al funcionamiento en la misma frecuencia son inadecuados en términos prácticos para las aplicaciones existentes de estos servicios de radiocomunicaciones.
- El argumento que sostiene que los problemas de compartición entre los servicios fijo y móvil marítimo podrían resolverse mediante la utilización de sistemas adaptativos en frecuencia es ambiguo y necesita estudiarse exhaustivamente y ser confirmado.
- La compartición entre líneas cortas de comunicación del servicio fijo que emplean la tecnología NVIS y líneas de largo alcance del SMM podría realizarse principalmente gracias a la separación de frecuencias utilizadas por las estaciones del servicio fijo y el SMM, pero no limitando la potencia de emisión de las estaciones del servicio fijo.

Por otro lado, hay que decir que la reatribución de estas bandas necesitaría la revisión del Apéndice 17 del RR, que está siendo estudiado de conformidad con la Resolución 351 (CMR-03). No obstante, la Resolución 351 (CMR-03) especifica que cualquier cambio del Apéndice 17 debe estar dirigido a mejorar el funcionamiento del servicio móvil marítimo:

«que, tan pronto como estén concluidos los estudios del UIT-R, una futura conferencia competente debería considerar los cambios necesarios del Apéndice 17 que posibiliten la utilización de nuevas tecnologías por el SMM».

Esto implica que la revisión del Apéndice 17 no debe degradar la calidad de funcionamiento del SMM ni imponer otras limitaciones a causa de los problemas que plantee la compartición con un nuevo servicio (fijo).

A fin de evaluar las consecuencias de la integración propuesta de los servicios móvil marítimo y fijo en la gama 4-10 MHz, se han llevado a cabo estudios de interferencia cuyos resultados se presentan a continuación.

2 Casos de interferencia entre el servicio fijo y el SMM

Los sistemas móviles marítimos establecen comunicaciones entre los buques y las estaciones costeras a través de líneas de radiocomunicaciones de hasta 8 000-10 000 km. Por norma general, la potencia de transmisión de un buque y el nivel de potencia de la señal en la entrada del receptor terrestre del SMS son muy bajos. A fin de reducir las posibles interferencias causadas por las antenas transmisoras, los emplazamientos de recepción y transmisión del SMS están separados geográficamente.

Dependiendo de cuál sea su objetivo, los emplazamientos de transmisión pueden estar ubicados cerca de zonas de servicio importantes (por ejemplo, Kaliningrado, Mourmansk), o cerca de centros administrativos situados a gran distancia de la costa (por ejemplo, Yakoutsk, Moscú). Dependiendo de la ubicación del emplazamiento de transmisión y de su zona de servicio, pueden utilizarse tanto antenas direccionales como unidireccionales.

Los emplazamientos de recepción están diseñados para recibir señales de barcos cuya posición en la zona de servicio no se conoce de antemano. Por este motivo utilizan antenas unidireccionales o una combinación de antenas direccionales con diagramas de superposición. Esto permite fijar las antenas seudodireccionales de alta ganancia en un sector angular específico. Estas características

operativas de las estaciones del servicio móvil marítimo causan uno de los siguientes casos de interferencia.

Caso 1 – Interferencia a las estaciones de barco del SMM

En este caso se asume que la estación fija transmisora está ubicada en algún punto (punto Afs, Fig. 3) de la zona de servicio y utiliza en su trayecto de radiocomunicaciones la onda ionosférica. Esta estación funciona en una determinada dirección acimutal del lóbulo principal. Al utilizarse en el trayecto de radiocomunicaciones la onda ionosférica, se forma en la superficie de la Tierra una zona a lo largo del acimut del diagrama de la antena para poder recibir las señales transmitidas. En la Fig. 3 se marca esta zona con una línea discontinua. La forma de la zona está determinada por el diagrama de la antena y el estado de la ionosfera. En este caso también se asume la existencia de una estación receptora del SMM a bordo de un barco (punto Dmms, Fig. 3) y una estación fija (punto Bfs, Fig. 3). Estas estaciones utilizan sistemas adaptativos en frecuencia en bandas de frecuencias superpuestas. Las estaciones se encuentran en dos puntos dentro de la zona de recepción posible de la señal. Las direcciones desde los emplazamientos de recepción, Cmms y Bfs, hacia las estaciones transmisoras de los servicios fijo (Afs) y móvil marítimo (Cmms) no coinciden. En un determinado momento, la estación de barco del SMM recibe una señal interrogante desde el emplazamiento de transmisión (punto Cmms, Fig. 3) en la frecuencia f_1 , que está cerca de la frecuencia óptima. Si la calidad de la señal recibida es satisfactoria, la estación de barco envía una señal de confirmación y se establece una sesión de comunicación entre la estación de barco y la estación de radiocomunicaciones costera. Al mismo tiempo, la estación fija en el punto Bfs recibe una petición para establecer una sesión de comunicación con la estación fija.

Dado que, generalmente, en el servicio fijo se utilizan antenas direccionales para comunicaciones a larga distancia y puesto que la dirección hacia un emplazamiento de transmisión del SMM no suele coincidir con la dirección hacia una estación fija, un sistema adaptativo en frecuencia del servicio fijo no podrá, la mayor parte de las veces, determinar que la frecuencia f_1 está ocupada.

Al estar los puntos Dmms y Bfs cerca uno de otro, las condiciones de propagación serán similares para ambas estaciones. Por este motivo es altamente probable que el sistema adaptativo en frecuencia del servicio fijo seleccione la frecuencia f_1 como frecuencia operativa, causando así interferencia inaceptable a las estaciones del SMM, que tendrán que empezar a buscar otra frecuencia operativa.

Si no hay otras frecuencias candidatas disponibles debido a las condiciones de propagación, puede interrumpirse temporalmente el funcionamiento de los sistemas de comunicaciones del SMM.

FIGURA 3

Caso 1 – Interferencia de las estaciones del servicio fijo a las estaciones de barco del SMM



Rap 2080-03

Caso 2 – Interferencia a estaciones del servicio fijo desde estaciones de barco del SMM

En este caso se asume la existencia de una estación fija ubicada en el punto Afs de la zona de servicio marcada con una línea roja discontinua en la Fig. 4. La estación funciona en la frecuencia f_1 debido a las condiciones de propagación de la zona de servicio. Hay otra estación fija en el punto Bfs de la misma zona de servicio. La antena de esta última estación está dirigida hacia el punto Afs.

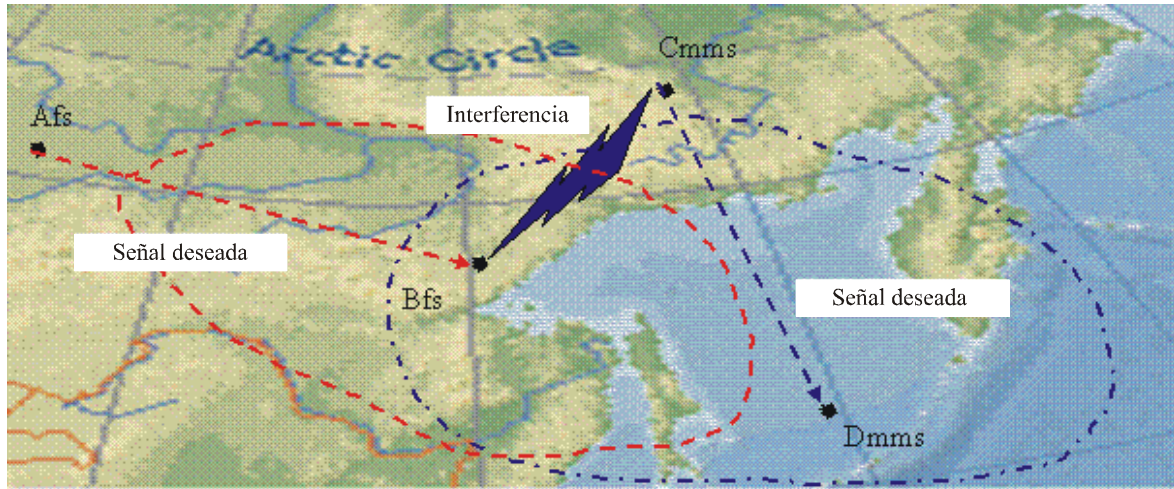
En este caso también se asume la existencia de una estación transmisora del SMM implantada en el punto Cmmms. La zona de servicio de la estación se marca con una línea azul discontinua en la Fig. 4 y se superpone parcialmente con la zona de servicio de la estación del servicio fijo. Se supone que mantiene comunicaciones con un barco que se encuentra en el punto Dmms. Si la estación Bfs se encuentra en la intersección de dos zonas de servicio superpuestas, la estación Cmmms puede convertirse en una fuente de interferencia perjudicial para la estación fija (Bfs). Reduciendo el ángulo ϕ entre las direcciones de las estaciones transmisoras del servicio fijo y el SMM, se puede aumentar el nivel de la interferencia potencial.

Dado que la calidad del canal de comunicación del SMM es una función del nivel de la señal recibida por la estación de barco y que los emplazamientos de recepción y transmisión están separados geográficamente por una gran distancia, el sistema adaptativo en frecuencia del SMM no podrá identificar que el canal que funciona en la frecuencia f_1 está ocupado y podrá seleccionarlo para sí. Así, la estación transmisora del SMM podría causar interferencia inaceptable al sistema de

comunicación del servicio fijo haciendo que su sistema adaptativo en frecuencia cambie de frecuencia operativa o suspenda temporalmente la sesión de transmisión.

FIGURA 4

Caso 2 – Interferencia de las estaciones de barco del SMM a las estaciones del servicio fijo



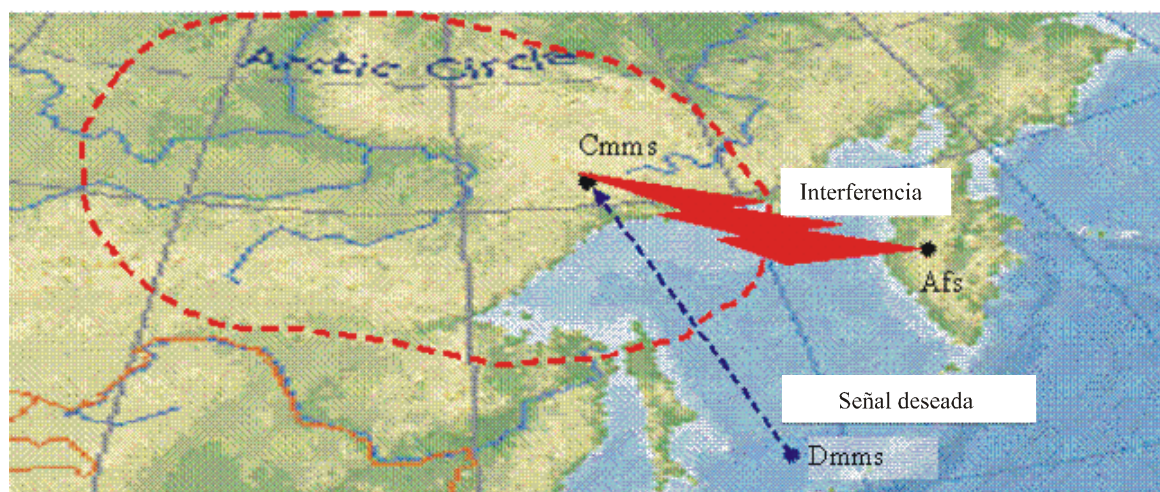
Rap 2080-04

Caso 3 – Interferencia a las estaciones costeras del SMM

En este caso se asume la existencia de una estación fija ubicada en el punto Afs de la zona de servicio marcada con una línea roja discontinua en la Fig. 5. La zona de servicio incluye una zona costera en la que hay una estación costera receptora del SMM en el punto Cmms. La estación Cmms está diseñada para recibir señales procedentes de estaciones a bordo de barcos.

No se conoce de antemano la posición de la estación de barco transmisora, por lo que el emplazamiento de recepción del SMM puede utilizar antenas tanto unidireccionales como pseudounidireccionales. Dado que la potencia de las señales de la estación de barco en el punto de recepción es baja, el sistema adaptativo en frecuencia del servicio fijo no identifica como ocupado el canal utilizado por el SMM y puede empezar a utilizarlo como canal operativo, causando así interferencia a la estación costera del SMM. El nivel de interferencia efectiva será una función del tipo de antena utilizado por el emplazamiento de recepción del SMM.

FIGURA 5

Caso 3 – Interferencia de las estaciones del servicio fijo a las estaciones costeras del SMM

Rap 2080-05

Caso 4 – Interferencia a las estaciones del servicio fijo desde estaciones de barco del SMM

En este caso se asume la existencia de una estación fija ubicada en el punto Bfs de la zona de servicio de una estación de barco del SMM. La señal de la estación de barco del SMM puede entrar en el lóbulo principal de la antena de la estación fija causando interferencia a la estación del servicio fijo. No obstante, la probabilidad de que ocurra un caso como este es muy baja, debido a la baja potencia de los transmisores de barco, motivo por el que no se analiza este caso en el presente documento.

3 Criterios de protección**3.1 Criterios de protección de las estaciones del servicio fijo**

El análisis de los sistemas del servicio fijo que funcionan en la banda de frecuencias 4-10 MHz muestra que están diseñados para transferir datos analógicos o digitales y transmitir señales de diversas clases de emisión. Por ello, los requisitos de protección de los sistemas de modulación digital son significativamente menos restrictivos que los de los sistemas analógicos. El análisis de las Recomendaciones UIT-R relativas al servicio fijo muestra que en ninguna de ellas se definen criterios de protección específicos para los sistemas del servicio fijo que funcionan en la gama de ondas decamétricas. Al mismo tiempo, en la Recomendación UIT-R F.1610 se especifica que debe utilizarse la relación señal/ruido (S/N) como criterio de protección para los sistemas del servicio fijo. Se indica que los valores umbral de la relación S/N para diversas clases de emisión se especifican en la Recomendación UIT-R F.339-6. El análisis de la Recomendación UIT-R F.339-6 muestra que el valor de C/N requerido puede oscilar entre -4 dB y 33 dB, dependiendo de la clase de emisión.

3.2 Criterios de protección de las estaciones del SMM

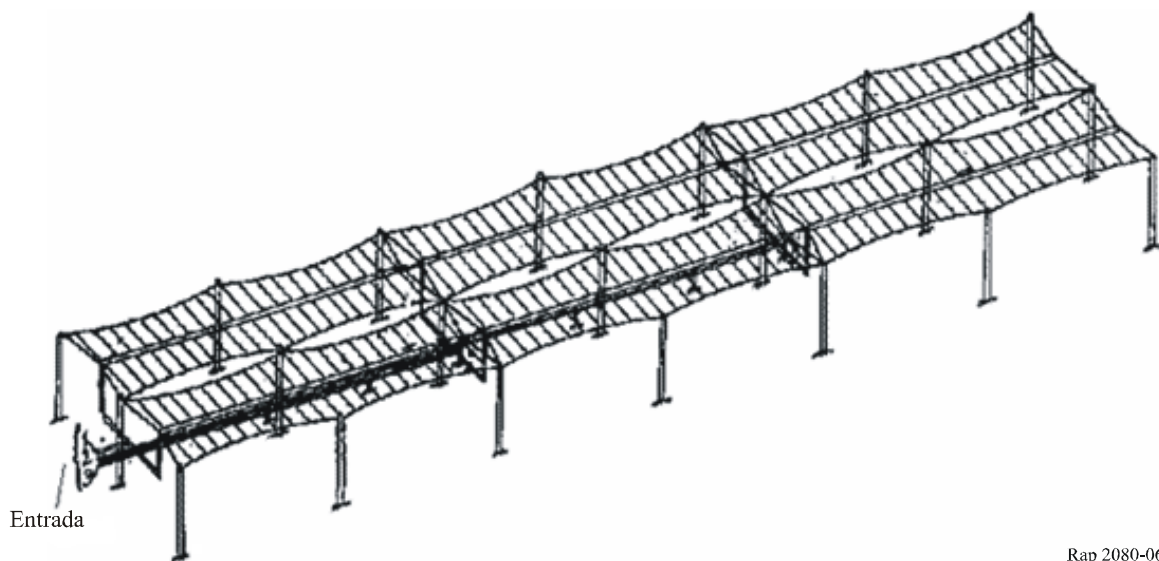
La Organización Marítima Internacional (OMI) sugiere que, de conformidad con la Resolución A.801(19) de la OMI, Prestación de servicios de radiocomunicaciones del SMSSM, la relación señal/interferencia (S/I) de 9 dB para la Región A2 (zona marítima A2) se utilice como uno de los criterios para garantizar la fiabilidad de las comunicaciones con las estaciones costeras del SMM pertenecientes al SMSSM. Pueden utilizarse, para algunos modos operativos, criterios de protección más estrictos en la banda de frecuencias 4-10 MHz.

4 Análisis de los diseños de antena transmisora utilizados por el servicio fijo, el SMM y el servicio de radiodifusión

Los sistemas del servicio fijo y el SMM establecen enlaces de comunicaciones de larga distancia de hasta 10 000 km y deben funcionar en modos de reconfiguración de frecuencias dentro de un espectro específico. El funcionamiento de estos sistemas necesita antenas de banda ancha de alta ganancia. Este tipo de antenas puede basarse en grupos formados por módulos ligeramente direccionales. Para estos grupos pueden emplearse antenas de onda progresiva y antenas de dipolo de banda ancha con alimentación en paralelo. En la Fig. 6 se muestra una configuración lineal de dos elementos compuestos por antenas de onda progresiva de tres elementos.

FIGURA 6

Grupo de antenas de doble elemento horizontal compuesto por antenas de onda progresiva de tres elementos



Rap 2080-06

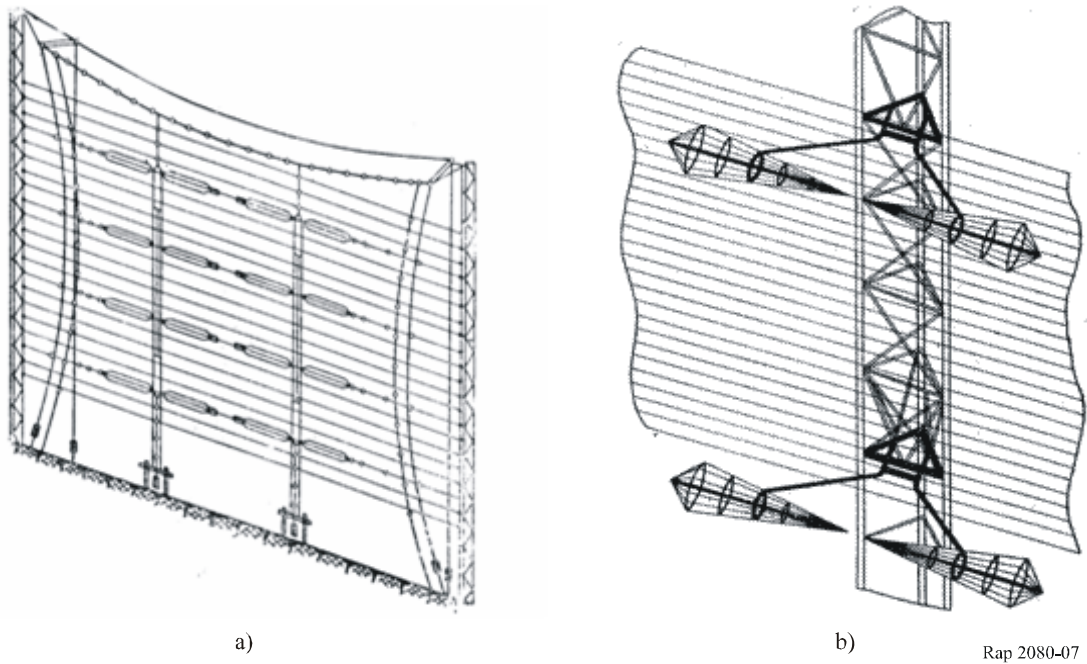
El principal problema relacionado con el funcionamiento de antenas de este tipo es su dimensión geométrica y la imposibilidad de modificar su orientación espacial. La dimensión de la antena está en función de la longitud de onda y de la ganancia requerida, que definen una serie de elementos de la antena. Las antenas de ondas decamétricas pueden tener una longitud de decenas, incluso centenas de metros. La imposibilidad de modificar la orientación de la antena mecánicamente obliga a emplear un método específico para la construcción de antenas del SMM diseñadas para la comunicación con barcos. Este método consiste en emplear varias antenas situadas de manera que se superpongan sus lóbulos principales a un determinado nivel. Puede aumentarse la ganancia de la antena añadiendo elementos a la antena de onda progresiva o aumentando el número de antenas de onda progresiva en un grupo determinado. En cualquier caso, esto equivale a aumentar la dimensión geométrica de la antena y la complejidad de ajustes así como los costes de funcionamiento.

La utilización de configuraciones espaciales siguiendo el esbozo general de la Fig. 7a) puede reducir la longitud de la antena. Con una pantalla se reduce el lóbulo posterior del diagrama. La anchura de banda operativa de estas antenas puede aumentarse con un grupo de dipolos bicónicos con alimentación en paralelo. En la Fig. 7b) se muestra la imagen exterior de estos dipolos y un método para su fijación.

En la Fig. 7a) se ve una antena compuesta por elementos ligeramente direccionales. Por consiguiente, para aumentar la ganancia será necesario incrementar algunos de los elementos del grupo, lo que supone aumentar la dimensión de la antena, su masa y la carga del viento en la

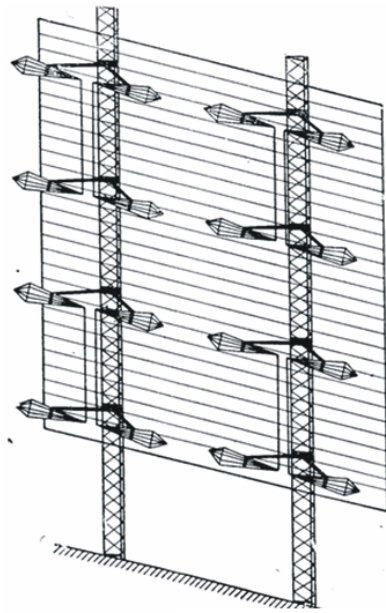
estructura, así como un estrechamiento de la anchura de banda operativa. También será necesario tomar las medidas correspondientes para el control de la actitud espacial. Por consiguiente, por motivos prácticos se emplean antenas con una ganancia relativamente baja. Se trata de antenas BHD¹ formadas por hasta 8 elementos apilados en dos capas de 4 dipolos horizontales cada una, y de la antena BHD-4/4, formada por 4 elementos apilados en cuatro capas de 4 dipolos horizontales cada una. En la Fig. 8 se muestra una antena BHD-4/4.

FIGURA 7

Configuración de antena horizontal cofase

¹ Antena BHD – Antena de dipolo horizontal de radiación transversal.

FIGURA 8
Antena BHD-4/4



Rap 2080-08

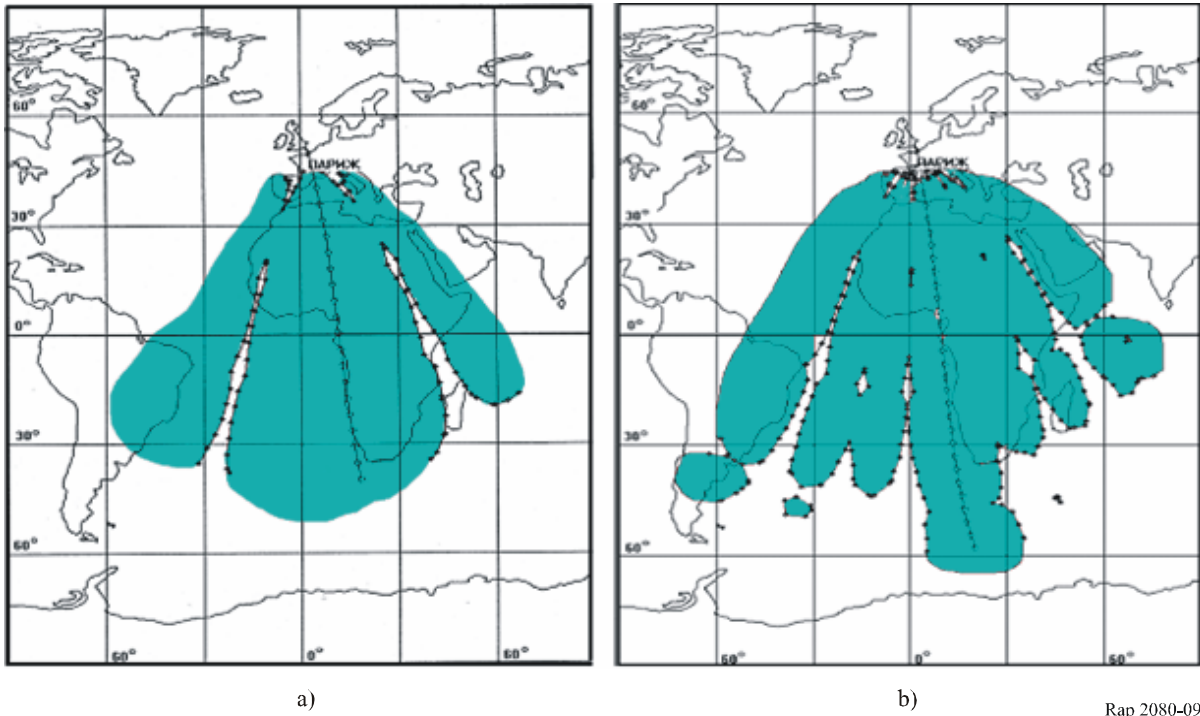
El análisis del diseño de la antena BHD-4/4 muestra que no se puede explorar el haz principal de la antena variando su orientación espacial. Por consiguiente, para establecer las antenas de alta ganancia unidireccionales empleadas por el servicio móvil marítimo se utilizan varias antenas BHD cuyos haces principales se superponen a un nivel específico de manera semejante al caso anterior. La combinación de varias antenas en un único grupo aumenta significativamente su coste de creación, ajuste y explotación, lo que las hace económicamente inviables. Dado que los enlaces de comunicación en ondas decamétricas llevan la señal a su destino utilizando la propagación de onda ionosférica, sería erróneo afirmar categóricamente que un aumento de la ganancia reduciría la zona en que las emisiones de una determinada estación podrían causar interferencia perjudicial. Por tanto, los servicios fijo y móvil marítimo emplean antenas de alta ganancia sólo después de confirmar su validez técnica y económica.

5 Cálculo de la interferencia mutua causada por estaciones del servicio fijo y el servicio móvil marítimo que emplean antenas transmisoras de alta directividad

El cálculo de la interferencia potencial puede incluir la identificación de la zona en que los servicios fijo y móvil marítimo producen interferencia inaceptable. En primer lugar se va a tratar un ejemplo correspondiente al caso 1 de interferencia mutua. Este ejemplo asume la existencia de una estación transmisora del servicio fijo situada a $48^{\circ}50' N$ y $2^{\circ}20' E$ (París). El acimut del haz principal de la antena es de 170° . La estación puede utilizar las antenas BHD-2/4 y BHD-4/8 (pila de 4 capas con 8 dipolos horizontales en cada una). La potencia de transmisión de la estación es de 15 kW a una frecuencia operativa de 9 100 MHz. Se realizaron estimaciones para las 2 a.m., hora de Moscú, en junio en un periodo de mínima actividad solar. Se asume la existencia de 20 manchas solares. En los cálculos se consideró un sector angular de $\pm 40^{\circ}$ con respecto a la orientación del eje del lóbulo principal de la antena. En la Fig. 9 se muestran los resultados de la estimación para una posible zona de servicio con una intensidad de campo mínima de $20 \text{ dB}(\mu\text{V}/\text{m})$. En la Fig. 9a) se muestran los resultados de la estación con una antena transmisora BHD-2/4, mientras que en la Fig. 9b) se ven los resultados de la antena BHD-4/8. En azul se muestran las posibles zonas de servicio de la estación fija.

FIGURA 9

Posible zona de servicio de la estación transmisora del servicio fijo

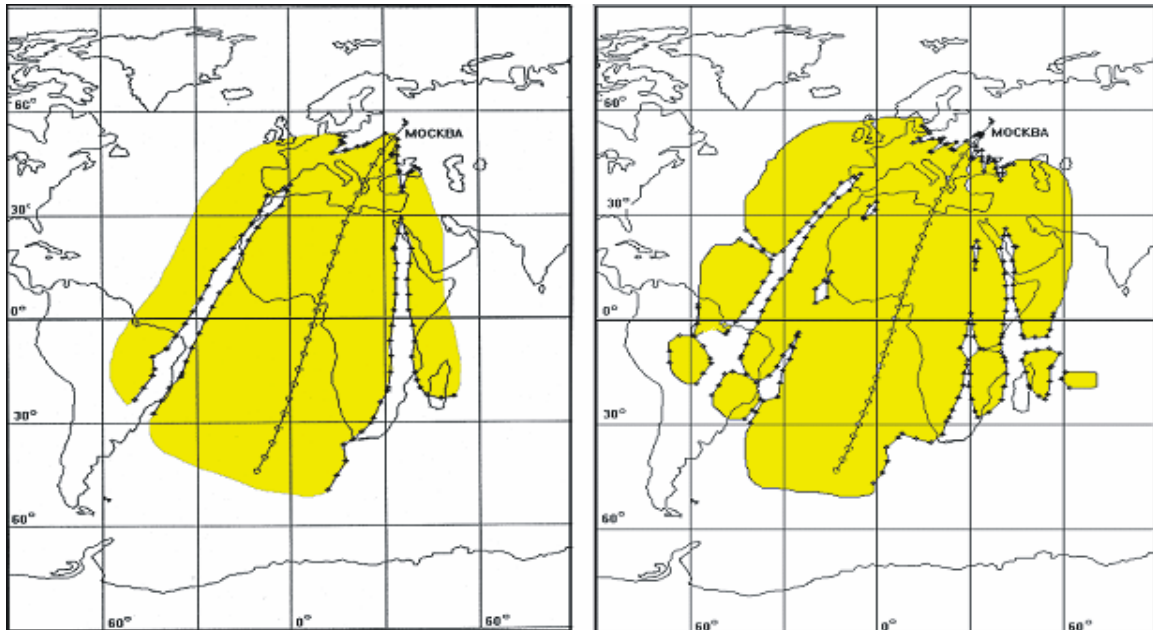


El análisis de los resultados obtenidos para la antena BHD 2/4 muestran que una estación fija con este tipo de antena no sólo puede establecer comunicaciones con estaciones implantadas prácticamente en todo el continente africano, sino también producir campos electromagnéticos de una intensidad mínima de $20 \text{ dB}(\mu\text{V}/\text{m})$ en importantes zonas de los Océanos Índico y Atlántico. Los esfuerzos por reducir las zonas de posible interferencia mutua utilizando una antena BHD-4/8 con mayor ganancia no obtuvieron resultados positivos. La transición de la antena transmisora BHD-2/4 a la antena BHD-4/8 logró modificar la forma y la dimensión de la posible zona de servicio de la estación fija transmisora, pero no redujo significativamente el tamaño de la antena.

En los cálculos se asume la existencia de una estación transmisora del SMM situada a $55^{\circ}45' \text{ N}$ y $37^{\circ}37' \text{ E}$ (Moscú), que establece comunicaciones con barcos en el Atlántico Sur utilizando antenas BHD-2/4 y BHD-4/8 a 9100 kHz . El acimut del lóbulo principal de la antena es de 216° y la potencia de emisión del transmisor es de 15 kW . El cálculo se realiza para un periodo de mínima actividad solar con condiciones semejantes a las utilizadas para la estación fija. Los resultados se reflejan en la Fig. 10. La Fig. 10a) muestra los resultados obtenidos para la estación con una antena transmisora BHD-2/4, mientras que en la Fig. 10b) se ven los resultados de la antena BHD-4/8. En amarillo se marca la zona en que la intensidad de campo eléctrica de la señal es, como mínimo, de $20 \text{ dB}(\mu\text{V}/\text{m})$.

FIGURA 10

Posible zona de servicio de la estación transmisora del SMM



a)

b)

Rap 2080-10

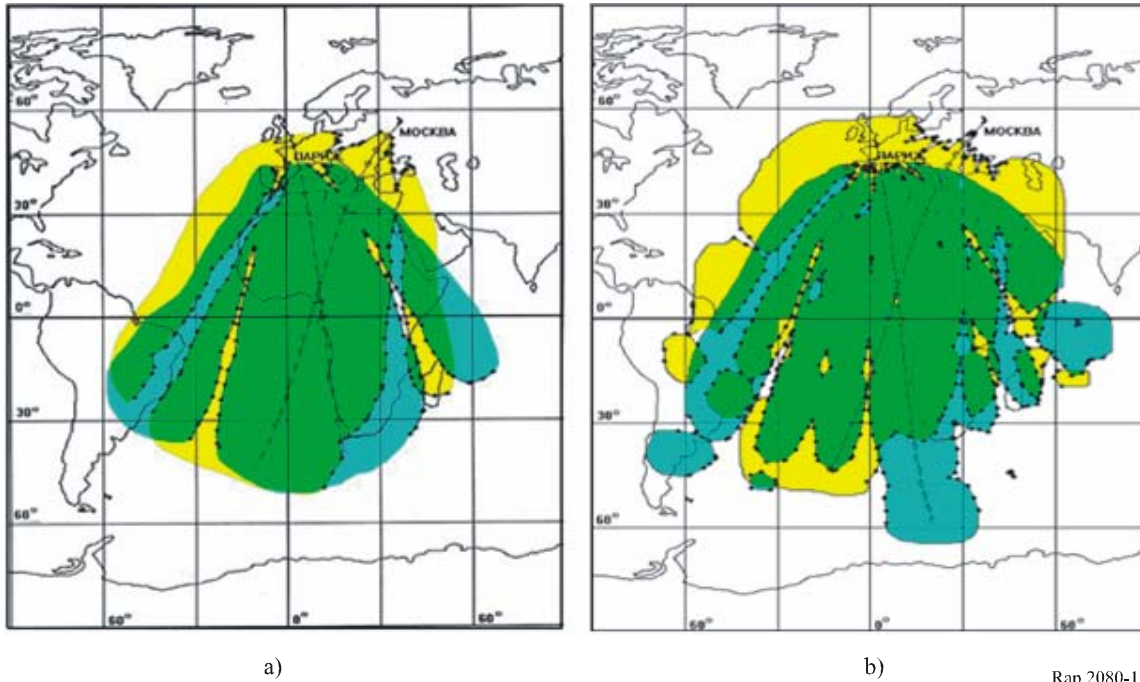
El análisis de los resultados obtenidos demuestra que una estación transmisora de este tipo no sólo establecería comunicaciones con las estaciones de barco de la mayoría de sectores del Atlántico, sino que también produciría campos electromagnéticos de una intensidad mínima de $20 \text{ dB}(\mu\text{V}/\text{m})$ en grandes zonas de África, gran parte de Madagascar, la península Arábiga y una parte de América del Sur con cualquiera de las antenas utilizadas.

En la Fig. 11 se reflejan los resultados de los dos cálculos realizados. En la Fig. 11a) se muestran los resultados obtenidos cuando ambas estaciones utilizan antenas transmisoras BHD-2/4, y en la Fig. 10b) los resultados de ambas estaciones con antenas BHD-4/8. Se marca en verde la zona en que la relación portadora/ruido se acercaría a 0 dB.

El análisis de los resultados indica que la estación fija transmisora causaría interferencia perjudicial al servicio móvil marítimo en una parte importante del Atlántico. Además, la relación portadora/ruido se acercaría a 0 dB para las estaciones fijas de gran parte de África. Se concluye entonces que, de acuerdo con la Recomendación UIT-R F.339-6, se causaría interferencia perjudicial a las estaciones del servicio fijo. La utilización de antenas de mayor ganancia en las estaciones de ambos servicios no reduciría las zonas de servicio de las estaciones ni se reduciría de manera importante la zona asociada con la posible interferencia perjudicial. Por consiguiente, puede concluirse que el funcionamiento de estaciones adaptativas en frecuencia en estos servicios no es posible a causa de su coste, su gran dimensión y la imposibilidad de solventar el problema de reducir las zonas de interferencia perjudicial mutua.

FIGURA 11

Zona de posible interferencia perjudicial a las estaciones de barco del SMM



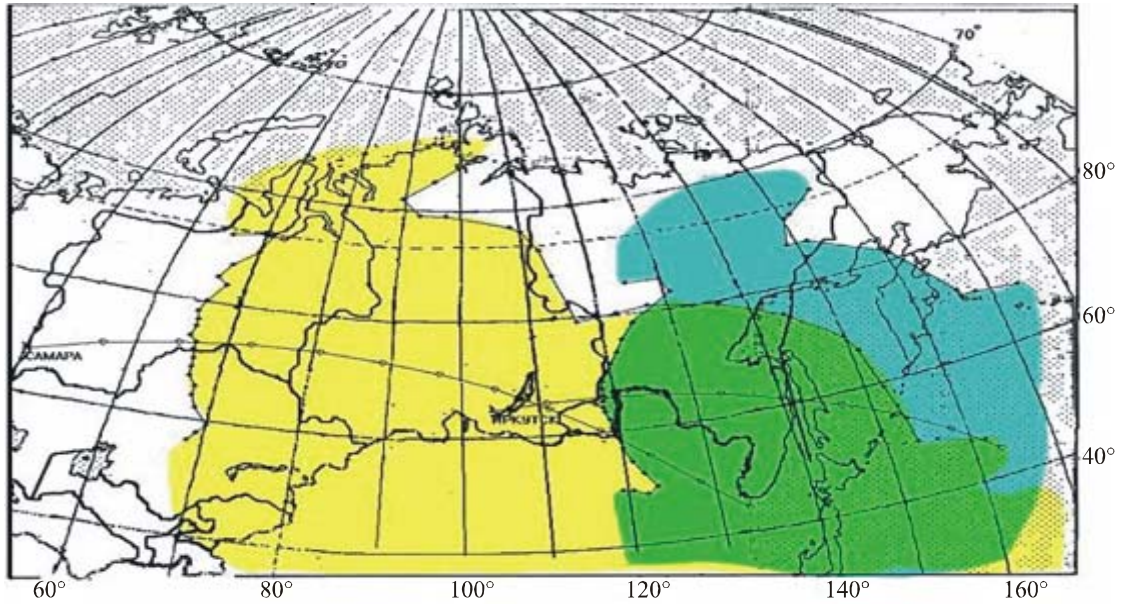
Rap 2080-11

Una mayor evaluación del segundo caso de interferencia mutua asume la existencia de una estación transmisora fija en el punto $53^{\circ}13' N$ y $50^{\circ}10' E$ (Samara). La estación podría estar equipada con antenas BHD-2/4 y BHD-4/8 con un acimut del lóbulo principal de 66° . El cálculo se realiza para las 8 p.m., hora de Moscú, en febrero en un periodo de mínima actividad solar. Se asume la existencia de 20 manchas solares. En la Fig. 12a) se muestran los resultados del cálculo realizado con antenas BHD-2/4 empleadas para la transmisión en ambas estaciones, mientras que en la Fig. 12b) se reflejan los resultados obtenidos con antenas BHD-4/8. Se marca en amarillo la posible zona de servicio de la estación fija transmisora.

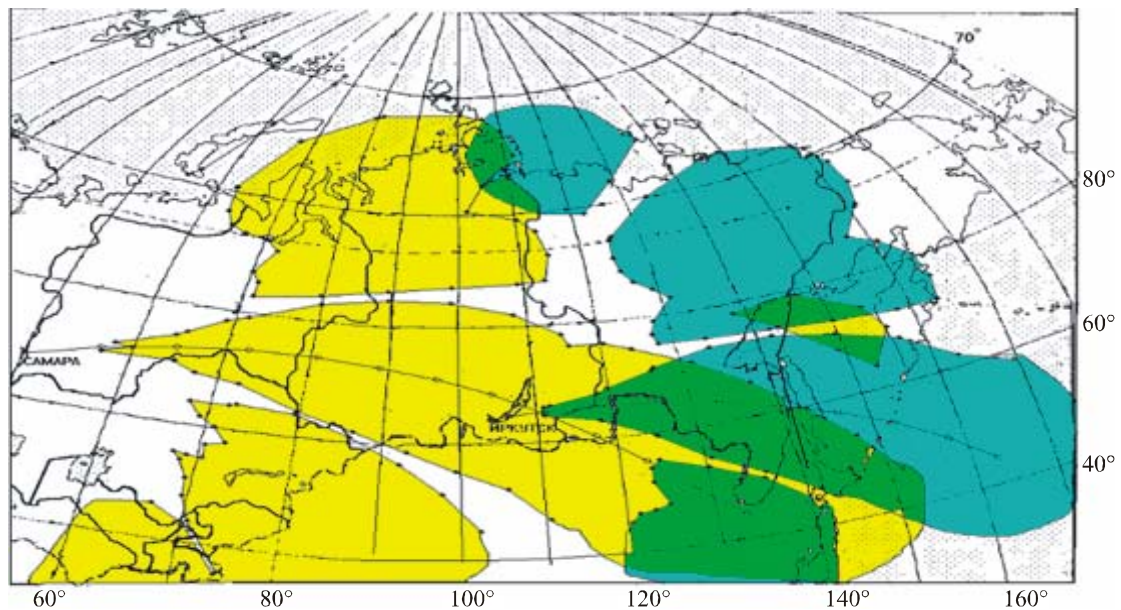
El cálculo también asume la existencia de una estación transmisora del SMM en el punto $52^{\circ}19' N$ y $104^{\circ}14' E$ (Irkoutsk). Esta estación establece comunicaciones con barcos ubicados en el Pacífico Sudeste. La estación del SMM también está equipada con antenas BHD-2/4 y BHD-4/8 con un acimut del lóbulo principal de 80° . En azul se muestra la posible zona de servicio de la estación del SMM en la Fig. 12.

En verde se indican las zonas con una relación portadora/ruido (C/N) cercana a 0 dB para ambas estaciones. El análisis de los resultados indica que, de acuerdo con las disposiciones de la Recomendación UIT-R F.339-6, podría causarse interferencia perjudicial a las estaciones fijas en esa zona. También podría causarse interferencia perjudicial a las estaciones de barco del SMM en la zona verde que cubre parte del Océano Pacífico. La utilización de antenas de mayor ganancia modificaría la forma de la posible zona de interferencia perjudicial mutua, y la reduciría en comparación con el caso en que las estaciones del servicio fijo y el SMM utilizan antenas BHD-2/4. No obstante, la modificación de la orientación del lóbulo principal de la antena de la estación del servicio fijo o la modificación de la distancia entre las estaciones transmisoras del servicio fijo y el SMM podría aumentar significativamente la zona de posible interferencia perjudicial mutua.

FIGURA 12
Zonas de interferencia perjudicial mutua



a)



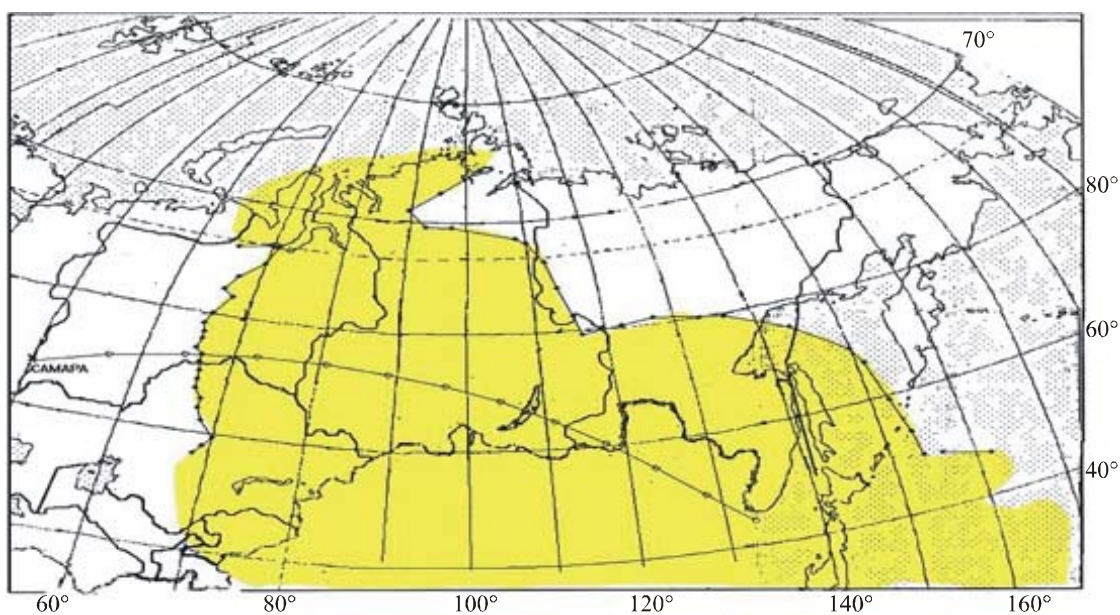
b)

Rap 2080-12

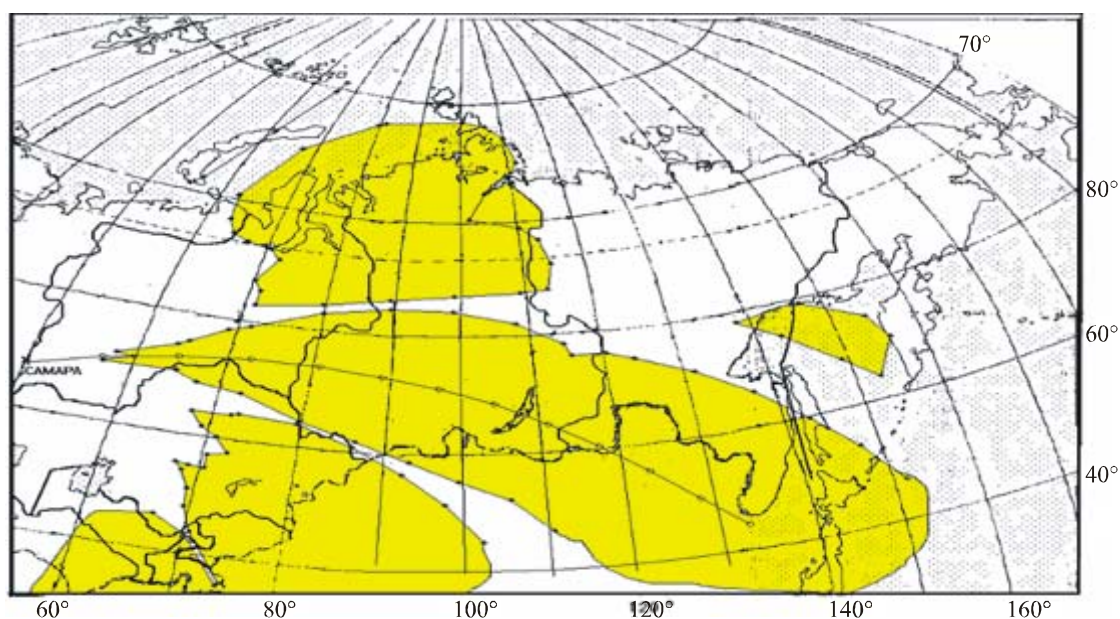
Un análisis aún más detallado de este segundo caso asume la existencia de una estación fija ubicada en el punto $53^{\circ}13' N$ y $50^{\circ}10' E$ (Samara). La estación está equipada con antenas transmisoras BHD-2/4 y BHD-4/8 con un acimut del lóbulo principal de 66° . El cálculo se realiza también para las 8 p.m., hora de Moscú, en febrero en un periodo de mínima actividad solar. Se asume la existencia de 20 manchas solares. En la Fig. 13 se muestra una zona amarilla donde la estación fija transmisor generaría una intensidad de campo eléctrica mínima de $20 \text{ dB}(\mu\text{V}/\text{m})$. En la Fig. 13a) se muestran los resultados obtenidos con la antena BHD-2/4 y en la Fig. 13b) los obtenidos con la antena BHD-4/8.

FIGURA 13

Posibles zonas de servicio de la estación fija equipada con distintas antenas transmisoras



a)



b)

Rap 2080-13

El análisis de los resultados obtenidos demuestra que la estación fija podría causar interferencia perjudicial a las estaciones del SMM en partes importantes de las costas del Pacífico de Rusia y China, en Sakhalin y en Japón, y en determinadas partes del Océano Ártico, independientemente de la antena transmisora utilizada por la estación.

Los resultados también indican que, en caso de que la potencia radiada fuese igual, los sistemas del servicio fijo y el SMM se causarían interferencia perjudicial mutua. Si la potencia de transmisión de la estación del SMM se redujese a 5 kW y la potencia de transmisión de la estación del servicio fijo fuese de 15 kW, las estaciones del servicio fijo causarían interferencia perjudicial a los sistemas del SMM. Dado que la potencia de transmisión de las estaciones fijas puede ser de hasta 80 kW, estando limitada la de las estaciones trasmisoras del SMM a 15 kW (véanse los números 52.56,

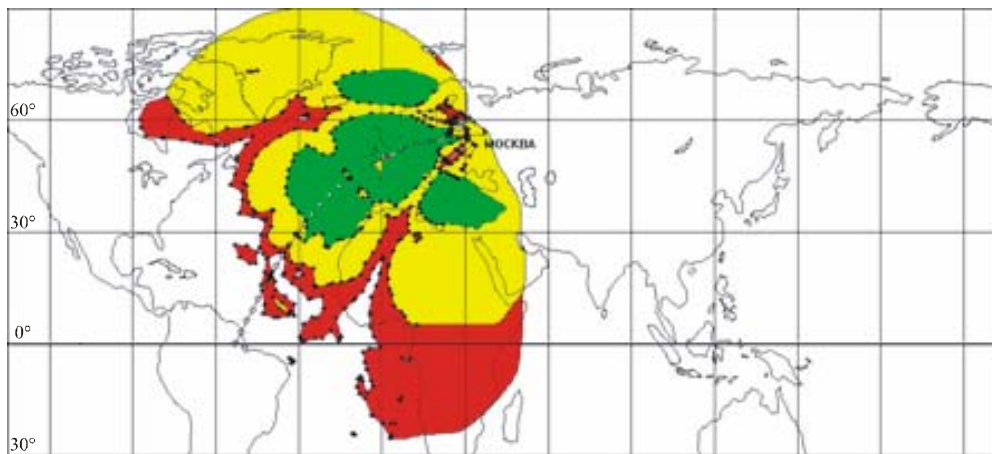
52.104 y 52.143 del RR), las estaciones del servicio fijo causarían interferencia perjudicial a los sistemas del SMM incluso cuando la potencia de transmisión de las estaciones del SMM fuese de 15 kW.

6 Análisis de la posibilidad de realizar la compartición entre las estaciones de los servicios fijo/móvil y las estaciones del servicio de radiodifusión basada en la separación geográfica

Para realizar una estimación de la posibilidad de realizar la compartición entre los servicios fijo o móvil y el servicio de radiodifusión (SR) se empieza evaluando la dimensión de las zonas en que el servicio de radiodifusión puede causar interferencia perjudicial a los otros servicios. Para el cálculo se asume la existencia de una estación transmisora típica del servicio de radiodifusión con un transmisor Viyuga-2 (tormenta de nieve-2) de 250 kW de potencia de salida y una antena BHD-4/4. La estación se encuentra en el punto 55°45' N y 37°37' E (Moscú), y está diseñada para la radiodifusión a la región de Kaliningrado y las embajadas de Rusia en los países europeos. Por consiguiente, el lóbulo principal de la estación está orientado a un acimut de 270°. El cálculo se realiza para las 10 p.m., hora de Moscú, en febrero para una frecuencia de transmisión de 6 MHz y una actividad solar de 70 manchas solares. En la Fig. 14 se muestran los resultados del cálculo.

FIGURA 14

Posibles zonas de radiodifusión e interferencia



Rap 2080-14

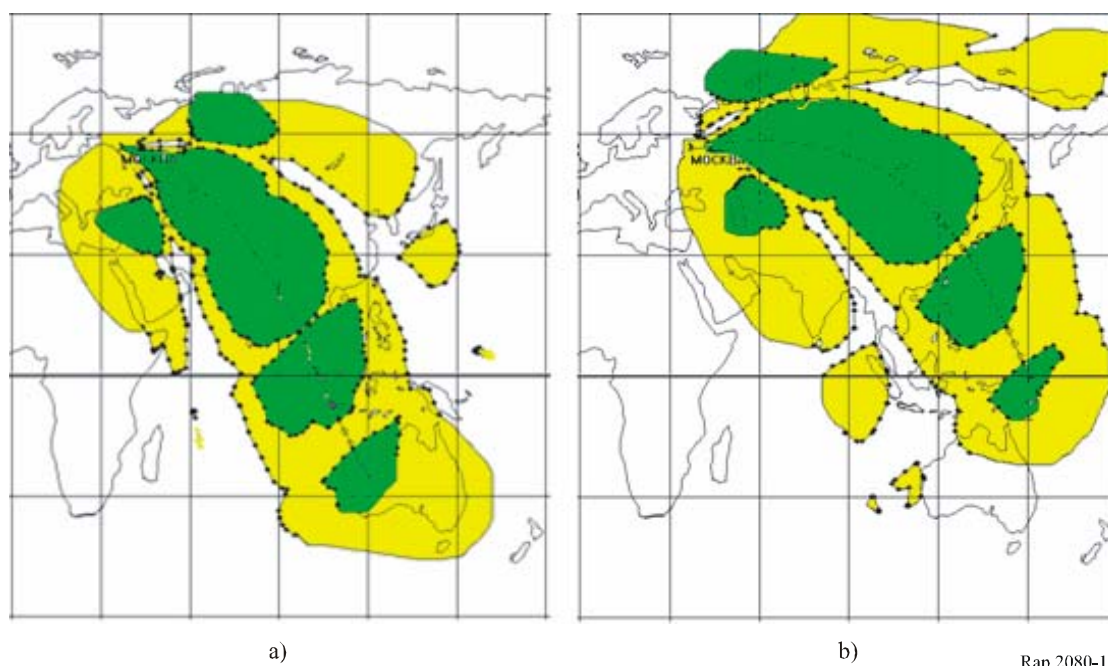
En la Fig. 14 se muestran tres zonas de distintos colores. La zona verde es aquella donde la intensidad de campo de radiodifusión es de 54 dB(μV/m), la zona amarilla refleja una intensidad de campo de radiodifusión de 40 dB(μV/m) y la zona roja es donde la intensidad de campo de radiodifusión es, como mínimo, de 30 dB(μV/m).

El análisis de los resultados obtenidos muestra que la transmisión de la estación de radiodifusión causaría interferencia perjudicial a las estaciones de barco situadas en el Atlántico Norte y Noreste, donde la intensidad de campo de radiodifusión sería como mínimo de 54 dB(μV/m). Además, podría causarse una interferencia importante en zonas más amplias. Si se considera la zona en que la intensidad de campo de radiodifusión es de al menos 30 dB(μV/m), se puede concluir que tal estación de radiodifusión podría causar interferencia perjudicial a las estaciones de barco del SMM ubicadas en los Océanos Atlántico y Ártico, además de a las estaciones del SMM fijas y terrestres implantadas en África, Groenlandia y Europa.

En el cálculo también se asume que las estaciones mencionadas dan servicio a algunas regiones de Siberia y Extremo Oriente con la misma potencia y en la misma frecuencia. Para estimar la dimensión de la zona asociada con las estaciones del servicio de radiodifusión y el SMM, se realizaron cálculos para definir una zona de posible cobertura de un transmisor implantado en el mismo punto geográfico y que radia señales con la misma potencia. Estos cálculos también se realizaron para las 10 p.m., hora de Moscú, en febrero a una frecuencia de transmisión de 6 MHz y una actividad solar de 70 manchas solares. La estación transmisora utiliza una antena BHD-4/4 con acimuts del lóbulo principal de 110° y 70° . En las Figs. 15a) y 15b), respectivamente, se muestran los resultados obtenidos.

FIGURA 15

Posible zona de radiodifusión con una antena BHD-4/4



Rap 2080-15

En la Fig. 15 se muestran dos zonas de distinto color. La zona verde es aquella donde la intensidad de campo de radiodifusión es de $54 \text{ dB}(\mu\text{V/m})$ y la zona amarilla donde la intensidad de campo de radiodifusión es de $40 \text{ dB}(\mu\text{V/m})$. El análisis de los resultados indica que las transmisiones de la estación de radiodifusión podrían recibirse no sólo en la zona especificada, sino también en India, China, Mongolia, Pakistán, Australia, la península Arábiga y en partes de Europa y África oriental cuando el acimut del lóbulo principal de la antena transmisora es de 110° . La rotación del acimut del lóbulo principal de la antena transmisora modificaría la posición de la posible zona de radiodifusión y la ampliaría.

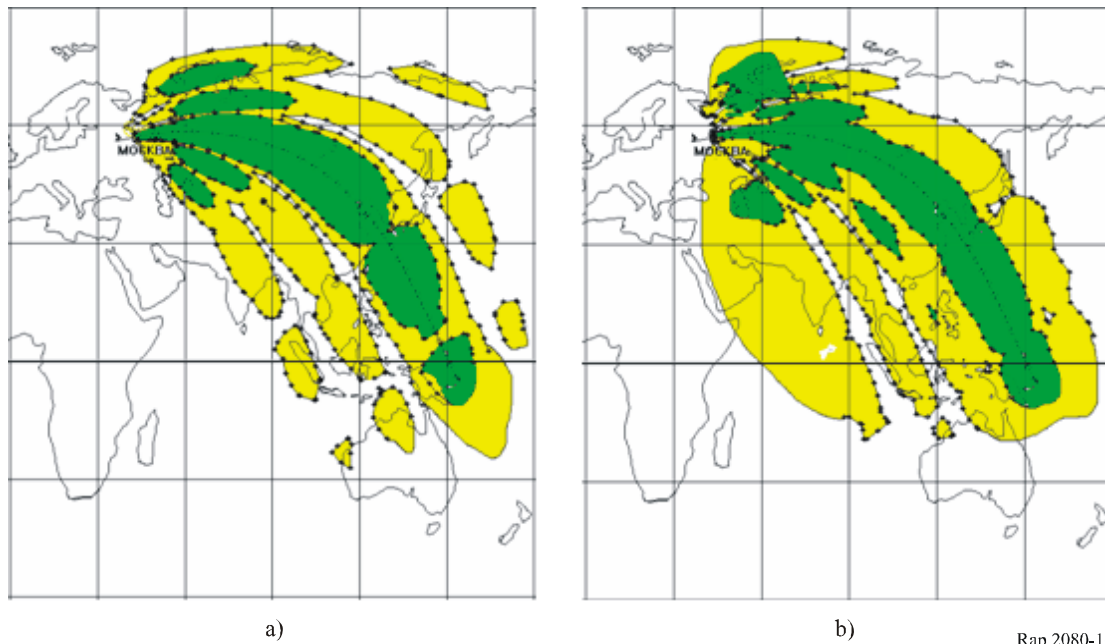
Del análisis de los resultados se concluye que, dada la alta potencia de radiación, las estaciones de radiodifusión podrían causar interferencia perjudicial a las estaciones fijas y móviles que funcionan con una potencia de transmisión muy inferior. Además, podría causarse interferencia en un territorio mucho mayor que la zona de servicio de la estación de radiodifusión. Por consiguiente, la separación geográfica no puede facilitar la compartición entre las estaciones de radiodifusión y las fijas/móviles marítimas.

También se analizó la posibilidad de reducir la posible zona de servicio de radiodifusión empleando antenas de alta ganancia. En la Fig. 16a) se muestran los resultados obtenidos para una antena BHD-4/8 a 6 MHz. Del análisis de los resultados se desprende que la utilización de una antena BHD-4/8 aumentaría la complejidad de la forma de la zona de recepción de los programas de

radiodifusión, pero no se reduciría su tamaño. Por tanto, cualquier intento de realizar la compartición con estaciones de otros servicios basada en la separación geográfica podría causar importantes problemas en zonas pertenecientes a India, China, Mongolia, Japón, Australia y en partes de los Océanos Índico, Pacífico y Ártico.

FIGURA 16

Posible zona de radiodifusión con una antena BHD-4/8



También se estudió el efecto de la modificación de la frecuencia en la dimensión de la zona de radiodifusión. Se utilizaron supuestos de actividad solar semejantes a los empleados para la antena BHD-4/8 a una frecuencia de 9 100 kHz. En la Fig. 16b) se muestran los resultados. El análisis de estos resultados demuestra que, si se aumenta la frecuencia, se amplía la zona de cobertura en que las transmisiones de la estación de radiodifusión causarían interferencia perjudicial a los sistemas del servicio de radiodifusión y el servicio móvil.

Todo lo anterior permite llegar a la conclusión de que modificar la dirección de radiodifusión no garantiza la posibilidad de realizar la compartición entre el servicio de radiodifusión y los servicios fijo/móvil basada en la separación geográfica y la división temporal. La utilización de antenas de mayor ganancia no asegura una reducción significativa de las zonas de interferencia potencial, pero causaría una reconfiguración de la radiación sobre un territorio adecuado.

Conclusiones

El análisis de las estimaciones realizadas muestra que la utilización de sistemas adaptativos en frecuencia por los servicios fijo y móvil marítimo causaría interferencia perjudicial mutua, que podría resolverse imponiendo más restricciones al servicio fijo, lo que impediría su funcionamiento óptimo con los recursos de frecuencias atribuidos. Por tanto, no es posible la compartición entre los servicios fijo y móvil marítimo como medio para satisfacer los requisitos de los Temas D y E del punto 1.13 del orden del día de la CMR-07.

Las condiciones de propagación de las ondas radioeléctricas en la gama de frecuencias 4-10 MHz hacen imposible la utilización de antenas de haz estrecho para resolver el problema de la compatibilidad electromagnética entre los servicios y la utilización del concepto de separación geográfica podría tener un resultado negativo.

Anexo 2

Espectrogramas de las campañas de comprobación técnica

Resumen

Un grupo de administraciones ha realizado una serie de campañas de comprobación técnica en la gama 4-10 MHz desde un conjunto de estaciones de comprobación técnica de Europa. Además de los barridos automatizados de 200 kHz al día (espectrogramas), también se realizaron observaciones manuales.

La comparación entre las observaciones manuales y los espectrogramas demuestra que prácticamente todas las transmisiones en la gama 4-10 MHz quedan reflejadas en los espectrogramas. No obstante, cabe señalar que es posible que las transmisiones a una potencia extremadamente baja o de muy corta duración (menos de 10 s) no siempre sean visibles.

La comparación entre los espectrogramas obtenidos en distintas estaciones de comprobación técnica muestra pocas diferencias entre las transmisiones observadas, por lo que se puede utilizar la información obtenida en un emplazamiento como representativa de todos los demás.

Las bandas adicionales atribuidas al servicio de radiodifusión por la CAMR-92 ya están muy utilizadas por este servicio a pesar de que su disponibilidad se abrió el 1 de abril de 2007. Además, el servicio de radiodifusión también utiliza las bandas candidatas identificadas por la Resolución 544 (CMR-03) por encima de 5 840 kHz.

Por norma general, la ocupación de las bandas atribuidas a los servicios fijo y móvil es relativamente baja, lo que sugiere que puede realizarse algún tipo de compartición con otros servicios.

La utilización del espectro atribuido al servicio marítimo generalmente se concentra en una parte de la banda atribuidas. Hay margen suficiente para reorganizar su utilización, principalmente en las bandas 8 200-8 350 kHz y 8 700-8 815 kHz y para la compartición con otros servicios.

La gama aeronáutica, 8 815-9 000 kHz, parece estar muy infrutilizada.

Introducción

Se organizaron campañas de comprobación técnica en apoyo de las actividades preparatorias realizadas por un grupo de administraciones para el punto 1.13 del orden del día de la CMR-07. El objetivo de este documento es presentar información objetiva independiente sobre la utilización del espectro de las bandas de ondas decamétricas 4-10 MHz.

Estaciones de comprobación técnica

En la Fig. 17 puede verse el emplazamiento de las estaciones de comprobación técnica participantes.

Cada estación de comprobación técnica puede recibir transmisiones en ondas decamétricas por onda de superficie o por onda ionosférica. En la Recomendación UIT-R P.368 se indica la distancia a través de la cual se propagan las transmisiones en ondas decamétricas por onda de superficie. Esto muestra que la distancia máxima varía en función inversa a la frecuencia y el tipo de suelo (por ejemplo, agua de mar, suelo semiseco, etc.), pero puede ser del orden de decenas de kilómetros para las frecuencias de la gama 4-10 MHz. La recepción por onda ionosférica depende de una serie de parámetros como la hora del día, la estación, la actividad solar y la frecuencia. En general, es posible recibir transmisiones originadas a distancias que oscilan entre decenas y miles de kilómetros de la estación receptora.

Durante el día, es así posible recibir transmisiones en la banda 4-10 MHz con propagación por onda de superficie o por onda ionosférica originadas a, como mínimo, 1 500 km de la estación receptora. Durante la noche, se pueden recibir transmisiones con origen dentro y fuera de la región europea.

FIGURA 17

Emplazamiento de las estaciones de comprobación técnica participantes



Rap 2080-17

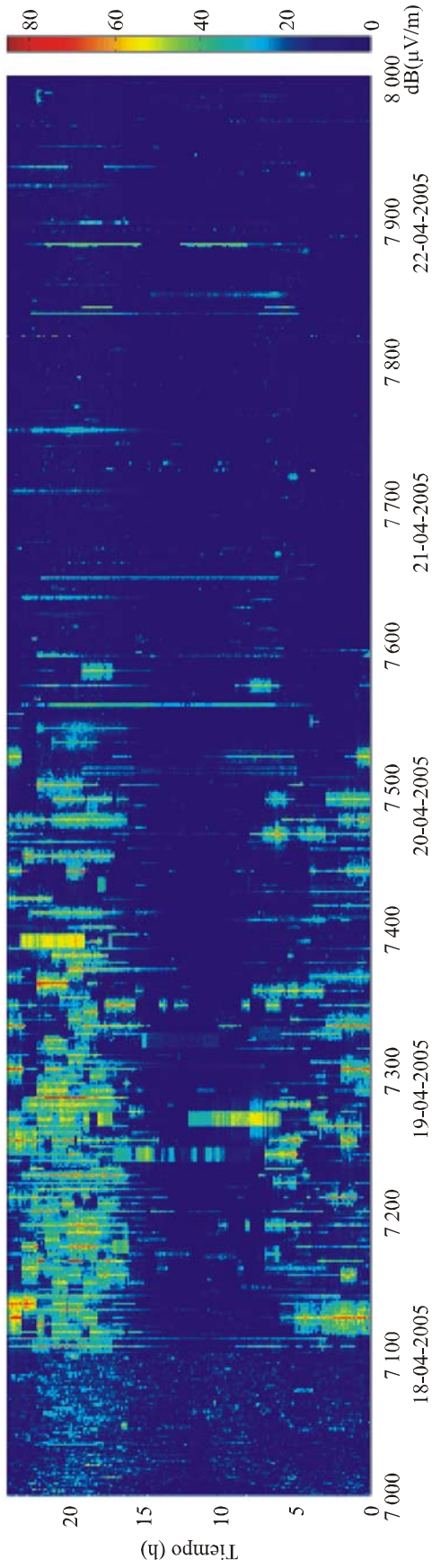
La capacidad de detectar una transmisión débil depende de la sensibilidad del sistema receptor utilizado. La comparación entre los espectrogramas y las observaciones manuales muestra que en los espectrogramas puede verse cualquier transmisión que esté justo por encima del umbral mínimo de ruido en el emplazamiento receptor.

Teniendo en cuenta todos estos factores, se considera que en los espectrogramas se pueden ver prácticamente todas las transmisiones en la gama 4-10 MHz. No obstante, cabe señalar que es posible que las transmisiones a una potencia extremadamente baja o de muy corta duración (menos de 10 s) no siempre sean visibles.

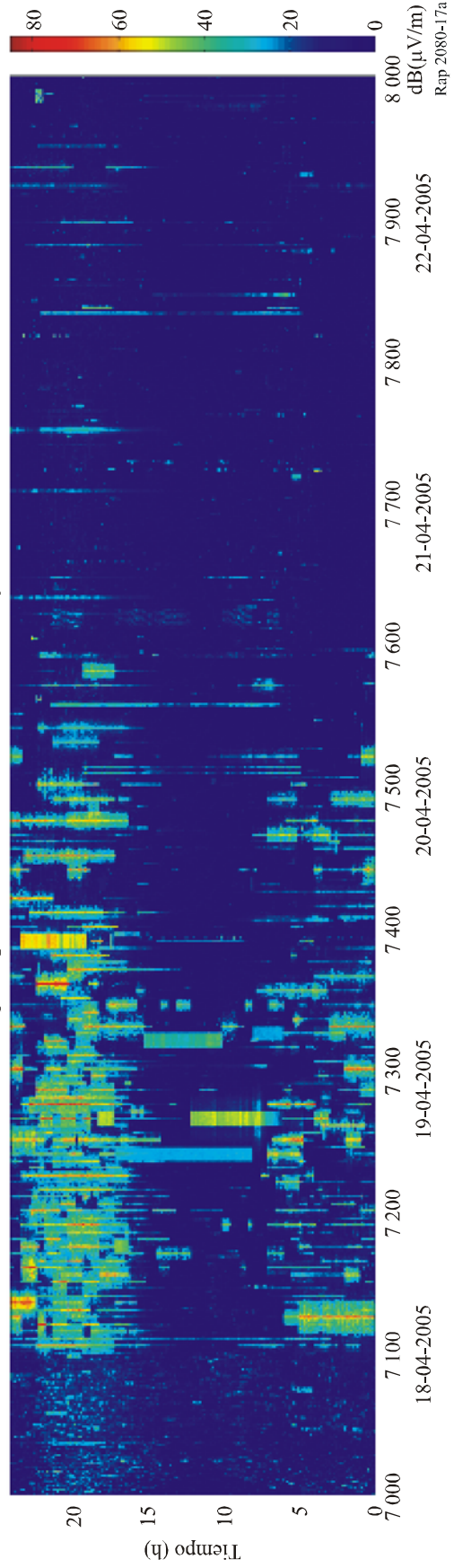
Dado que estas mediciones de comprobación técnica sólo se realizaron en Europa, queda claro que la información no es representativa de la situación mundial. Sin embargo, a determinadas horas del día, con la baja actividad solar actual, las señales de la gama 6-10 MHz pueden propagarse de una región a otra, por lo que en los espectrogramas pueden verse transmisiones originadas en otras partes del mundo.

La comparación entre los espectrogramas obtenidos en distintas estaciones de comprobación técnica indica que hay pocas diferencias entre las transmisiones observadas, por lo que es posible utilizar la información obtenida en un emplazamiento como representativa de todos los demás. Esto queda demostrado en los siguientes espectrogramas de la gama de frecuencias 7-8 MHz registrados en tres emplazamientos distintos: Nera (HOL), Klagenfurt (AUT) y Baldock (GB). Aunque, evidentemente, hay diferencias en la intensidad de la señal de las transmisiones recibidas, la imagen global no es muy distinta.

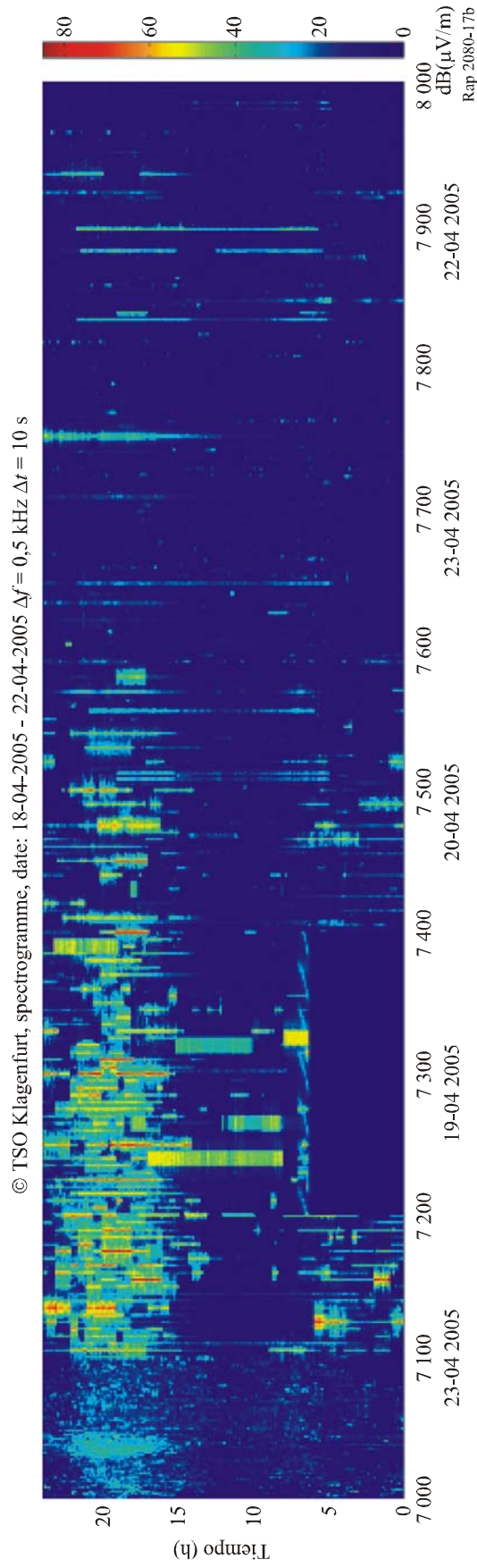
© TSO Baldock, espectrograma, fecha: 18-04-2005 - 22-04-2005 $\Delta f = 0,4$ kHz $\Delta t = 10$ s



© TSO NERA, spectrogramme, date: 18-04-2005 - 22-04-2005 $\Delta f = 0,4$ kHz $\Delta t = 10$ s



Rep 2080-17a



Campañas de comprobación técnica

Se organizó una serie de campañas de comprobación técnica teniendo en cuenta los cambios de las condiciones de propagación de ondas decamétricas entre los periodos estival e invernal del hemisferio norte como se indica a continuación.

- Primero: 14-26 de abril de 2004
- Segundo: 1-13 de noviembre de 2004
- Tercero : 17-27 de mayo de 2005
- Cuarto : 7-16 de noviembre de 2005
- Quinto : 15-19 de mayo de 2006

Las bandas entre 4-10 MHz se analizaron automáticamente a razón de segmentos de 200 kHz al día, por lo que cada estación tardó 30 días en cubrir toda la gama. Por consiguiente, a fin de completar la comprobación técnica en un plazo razonable, se preparó un plan para dividir las bandas comprobadas en grupos de entre 3 y 4 estaciones. Además de las mediciones automáticas del espectro en la gama 4-10 MHz, se hicieron identificaciones manuales de las transmisiones observadas en la misma gama de frecuencias.

Se recopiló una enorme cantidad de datos muy útiles sobre la ocupación, que se presentaron en un CD-ROM. Se pretende seguir analizando los datos disponibles en el seno de un grupo de trabajo de especialistas compuesto por usuarios del espectro y las organizaciones de comprobación técnica. Con la ayuda de la información recogida de forma manual y de los espectrogramas, se están estudiando detalladamente algunas gamas de frecuencias que pueden ser parte de la solución al punto 1.13 del orden del día. En el futuro podrá accederse a todos los datos a través del sitio web de ERO (www.ero.dk).

El objetivo de este documento es presentar una introducción de los espectrogramas obtenidos, que se considera reflejan fácil y rápidamente la ocupación actual de esta gama de frecuencias, observada desde Europa.

Espectrogramas

Los espectrogramas de la gama 4-10 MHz tienen 1 MHz de anchura de banda. Cada uno de ellos tiene una escala temporal de 0-24 h (eje vertical) y una duración de 5 días, a razón de 200 kHz por día. En el Anexo 1 puede encontrarse más información sobre los métodos de medición y la configuración de los equipos. Hay que señalar que los datos presentados por las diversas estaciones de comprobación técnica para las campañas de medición pueden diferir en términos de sensibilidad y gama dinámica. Estas diferencias son inevitables dadas las diversas condiciones locales y los distintos tipos de antenas y equipos utilizados.

Dejando de lado algunos espectrogramas obviamente erróneos, aún se pueden extraer conclusiones generales sin que estas diferencias supongan un problema.

Dado que el propósito de la campaña era determinar únicamente la utilización de las frecuencias, no se realizaron mediciones calibradas precisas de la intensidad de campo. No obstante, los colores de los espectrogramas indican la intensidad de la señal recibida: de azul oscuro ≈ 0 dB(μ V/m) a rojo oscuro ≈ 85 dB(μ V/m), es decir, una gama dinámica de unos 85 dB. Si la sensibilidad de entrada del equipo de medición está adecuadamente configurada, se considera que esta gama representa tanto señales muy fuertes como muy débiles: por ejemplo, pueden verse claramente tanto las portadoras de algunas transmisiones de radiodifusión muy fuertes, como transmisiones de baja potencia en BLU y A1A del servicio de aficionados.

Esto es especialmente notable en el espectrograma para la banda 7-8 MHz, donde se identifican claramente las transmisiones del servicio de aficionados en la banda 7 000-7 100 kHz y las transmisiones de radiodifusión por encima de 7 100 kHz. Como ya se ha indicado, es posible que

las transmisiones con una potencia extremadamente baja o de muy corta duración (menos de 10 s) no siempre sean visibles.

Resultados de la comprobación técnica

Para cada espectrograma de 1 MHz en la gama 4-10 MHz, se muestran las atribuciones a los distintos servicios del Artículo 5 del RR, así como observaciones y conclusiones generales sobre la ocupación.

Gama 4-5 MHz

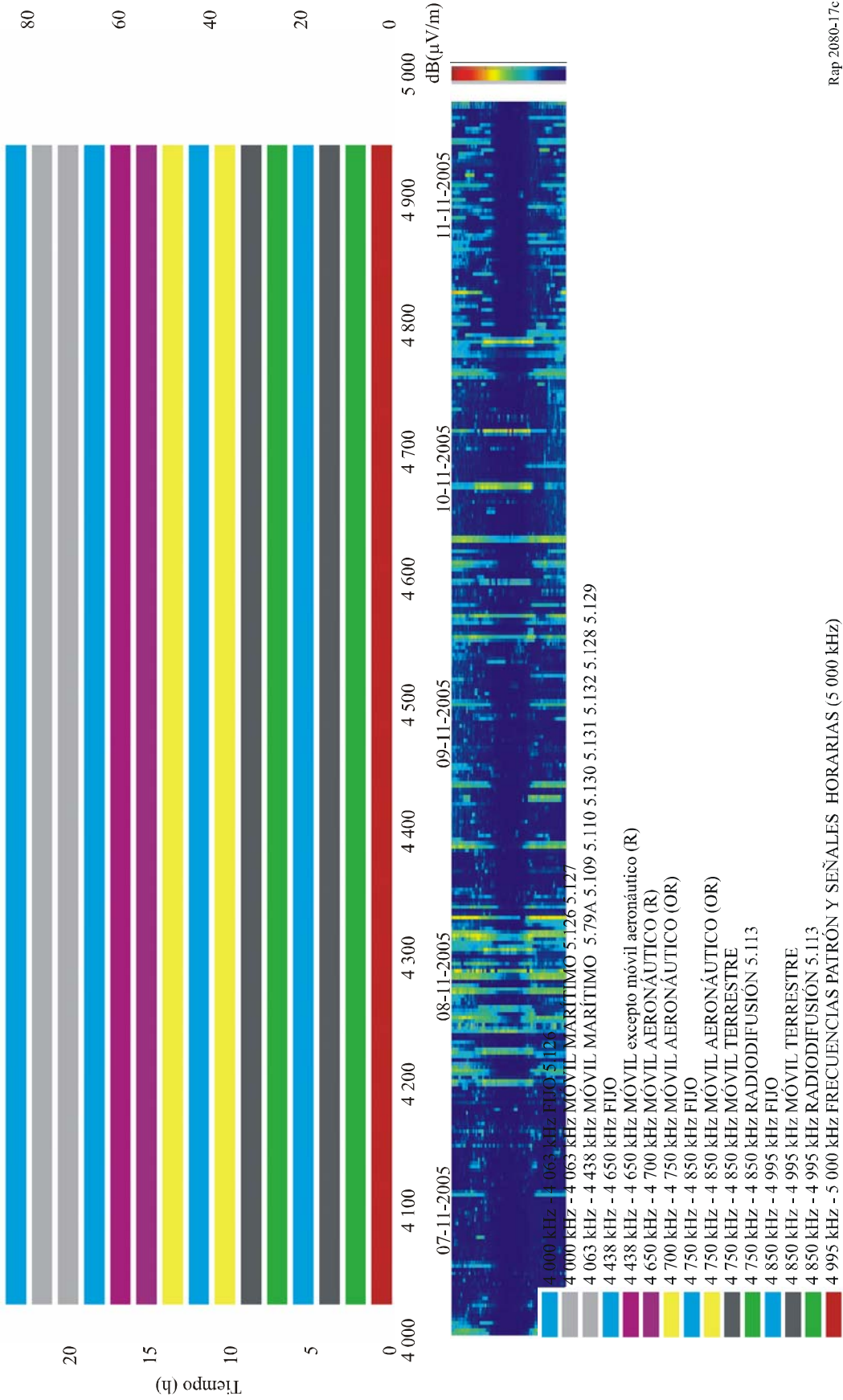
Parte de esta gama de frecuencias está muy utilizada por el servicio móvil marítimo en la gama 4 200-4 350 kHz, aunque la atribución exclusiva al servicio móvil marítimo es 4 063-4 438 kHz.

En cuanto a la banda candidata (4 500-4 650 kHz), identificada en la Resolución 544 (CMR-03), hay que decir que la ocupación de los servicios fijo y móvil es bastante alta. Por tanto, puede resultar difícil introducir la radiodifusión en esta banda. Deberá estudiarse otra alternativa. Cabe señalar que la gama 4-5 MHz se sitúa justo por encima de la banda de radiodifusión 3 950-4 000 kHz en la Región 1.

Aunque hay algunas aplicaciones durante el día, por ejemplo una serie de transmisiones de 24 h y de corta duración, la ocupación durante el día es generalmente baja. Esto se ajusta a la teoría de propagación de que las señales que recorren distancias más largas a frecuencias más bajas están atenuadas por la capa D y son demasiado débiles para ser recibidas. Esto sugiere que hay alguna posibilidad de reutilización geográfica y/o compartición.

No obstante, han de tenerse en cuenta los requisitos de algunos servicios durante los simulacros y en caso de crisis.

© FM22 Baldock, espectrograma, fecha: 07-11-2005 - 11-11-2005 $\Delta f = 0,4 \text{ kHz}$ $\Delta t = 10 \text{ s}$



Rap 2080-17c

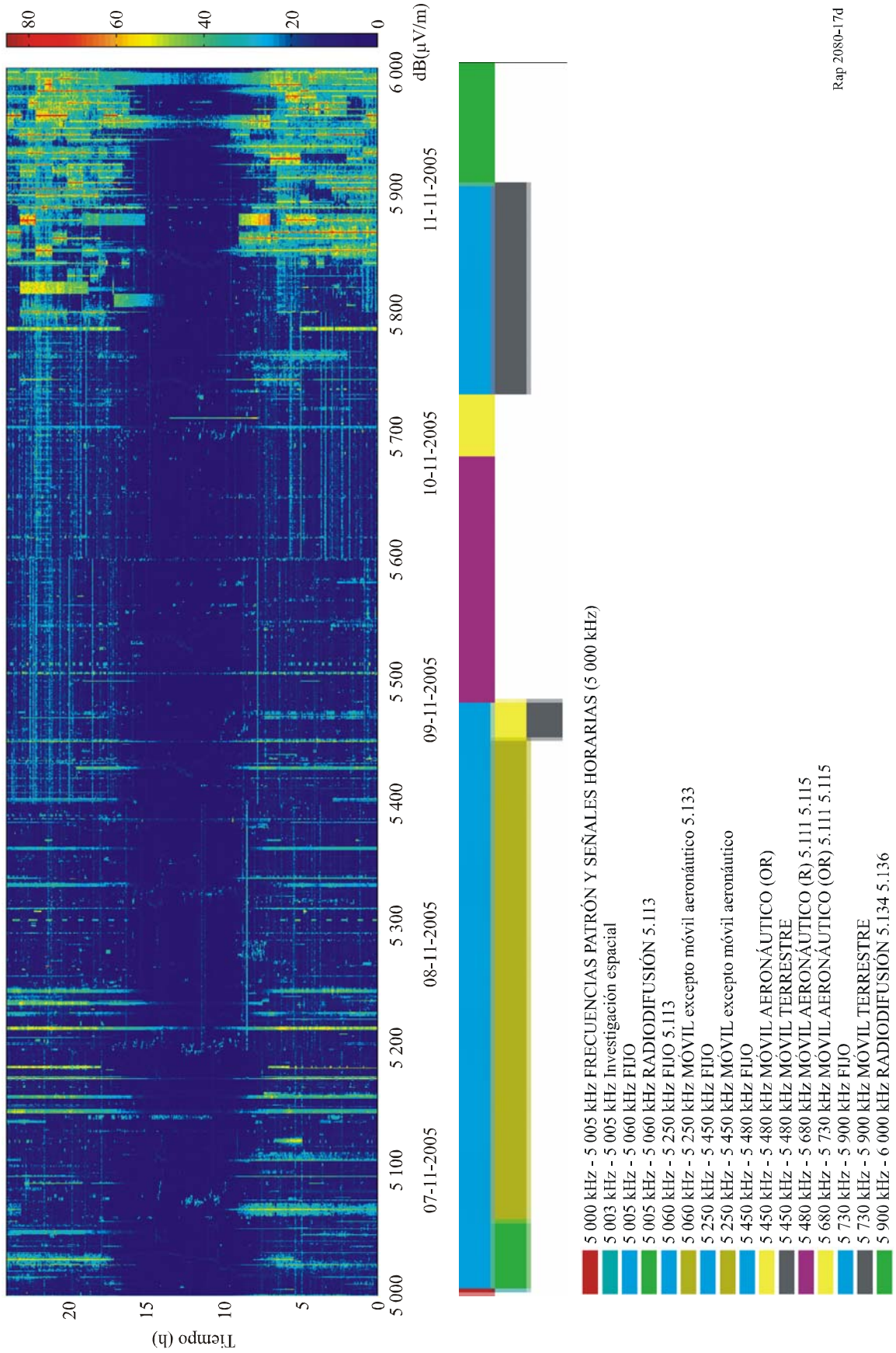
Gama 5-6 MHz

En general se observa que la ocupación por debajo de 5 800 kHz es muy baja. Durante el día se registra muy poca ocupación en toda la banda, lo que sugiere que hay posibilidades de reutilización geográfica y compartición.

La banda candidata identificada en la Resolución 544 (CMR-03), 5 840-5 900 kHz, ya muestra una ocupación importante por parte del servicio de radiodifusión, aunque está fuera de la banda atribuida a este servicio. La otra banda candidata en esta gama, 5 060-5 250 kHz, tiene ocupación, aunque, como ya se ha dicho, el nivel general de ocupación es bajo.

En los espectrogramas pueden verse sistemas de 24 h de banda estrecha y banda muy estrecha. Además, pueden verse otras utilizaciones de más corta duración. Las transmisiones de radiodifusión, con su anchura de banda de 10 kHz, son fácilmente reconocibles en la banda 5 950-6 000 kHz, así como en la banda de radiodifusión de la CAMR-92, 5 900-5 950 kHz. Las transmisiones de radiodifusión en modo DRM pueden identificarse sin problemas, pues no tienen portadora central. Las transmisiones de radiodifusión se dan principalmente en las horas punta de la mañana, la tarde y por la noche.

© FM22 Barcelona, espectrograma, fecha: 07-11-2005 - 11-11-2005 $\Delta f = 0,2$ kHz $\Delta t = 10$ s



Rap 2080-17d

Gama 6-7 MHz

Por norma general, la gama de frecuencias 6-7 MHz está razonablemente ocupada, a excepción de la atribución al servicio aeronáutico y la parte inferior del servicio marítimo. Por consiguiente, hay pocas opciones para reatribuir esta gama. No obstante, puede considerarse una mejora de la utilización de la banda marítima.

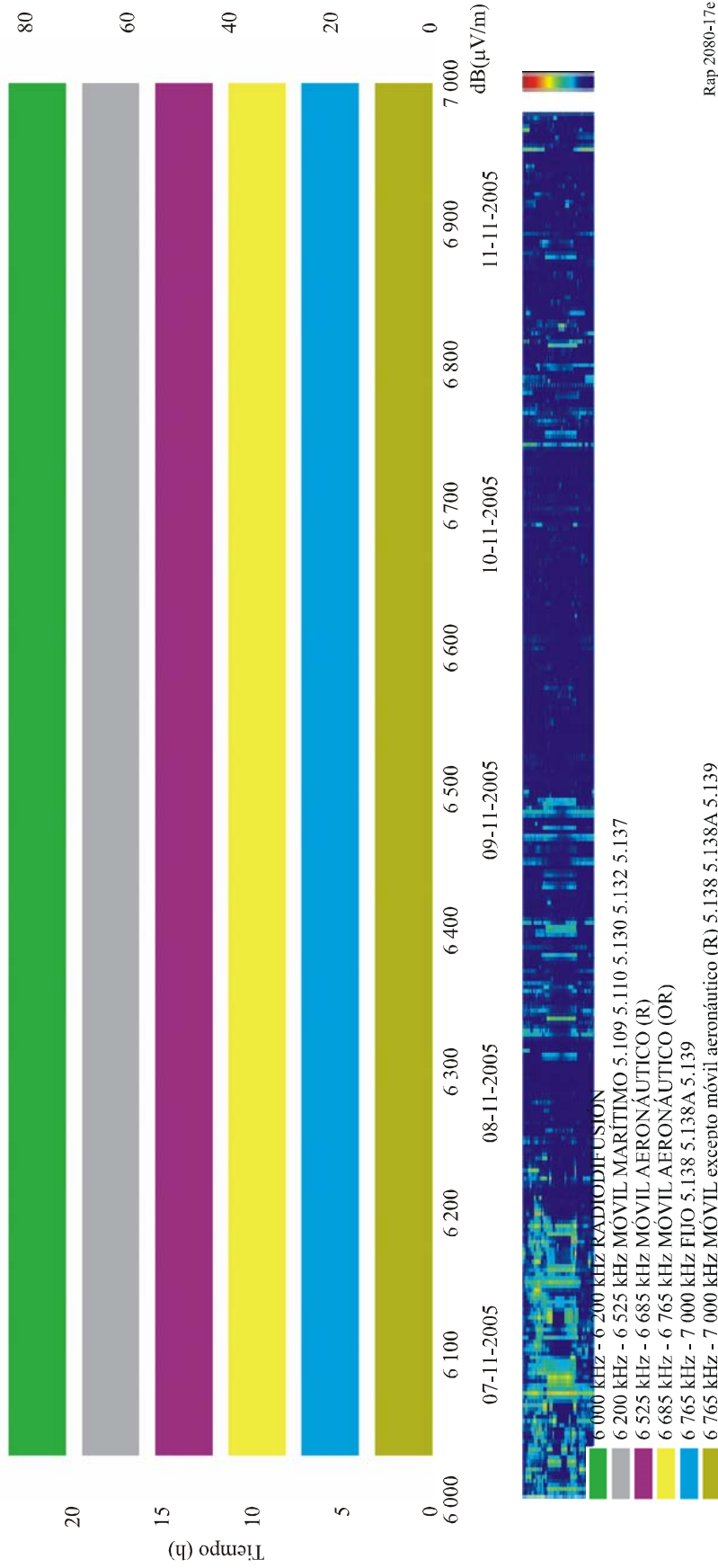
La banda de radiodifusión 6 000-6 200 kHz está muy utilizada, sobre todo durante la tarde y a primeras horas de la mañana, lo que corresponde a las horas punta de radiodifusión. En esos momentos, la congestión es evidente.

La banda 6 200-6 525 kHz está atribuida al servicio móvil marítimo y pueden verse varios sistemas de 24 h. Sin embargo, la ocupación no es muy alta, lo que sugiere que podría realizarse algún tipo de compartición.

La banda aeronáutica 6 525-6 765 kHz parece muy infrautilizada. La banda entre 6 765 y 7 000 kHz se usa más intensivamente, pero aun así parece infrautilizada. Nuevamente, podría considerarse la posibilidad de realizar algún tipo de compartición.

No obstante, al considerar cualquier nuevo acuerdo de compartición, habrán de tenerse en cuenta los requisitos de algunos servicios durante los simulacros y los periodos de crisis.

© FM22 Wien, espectrograma, fecha: 07-11-2005 - 11-11-2005 $\Delta f = 0,5$ kHz $\Delta t = 10$ s



Rap 2080-17e

Gama 7-8 MHz

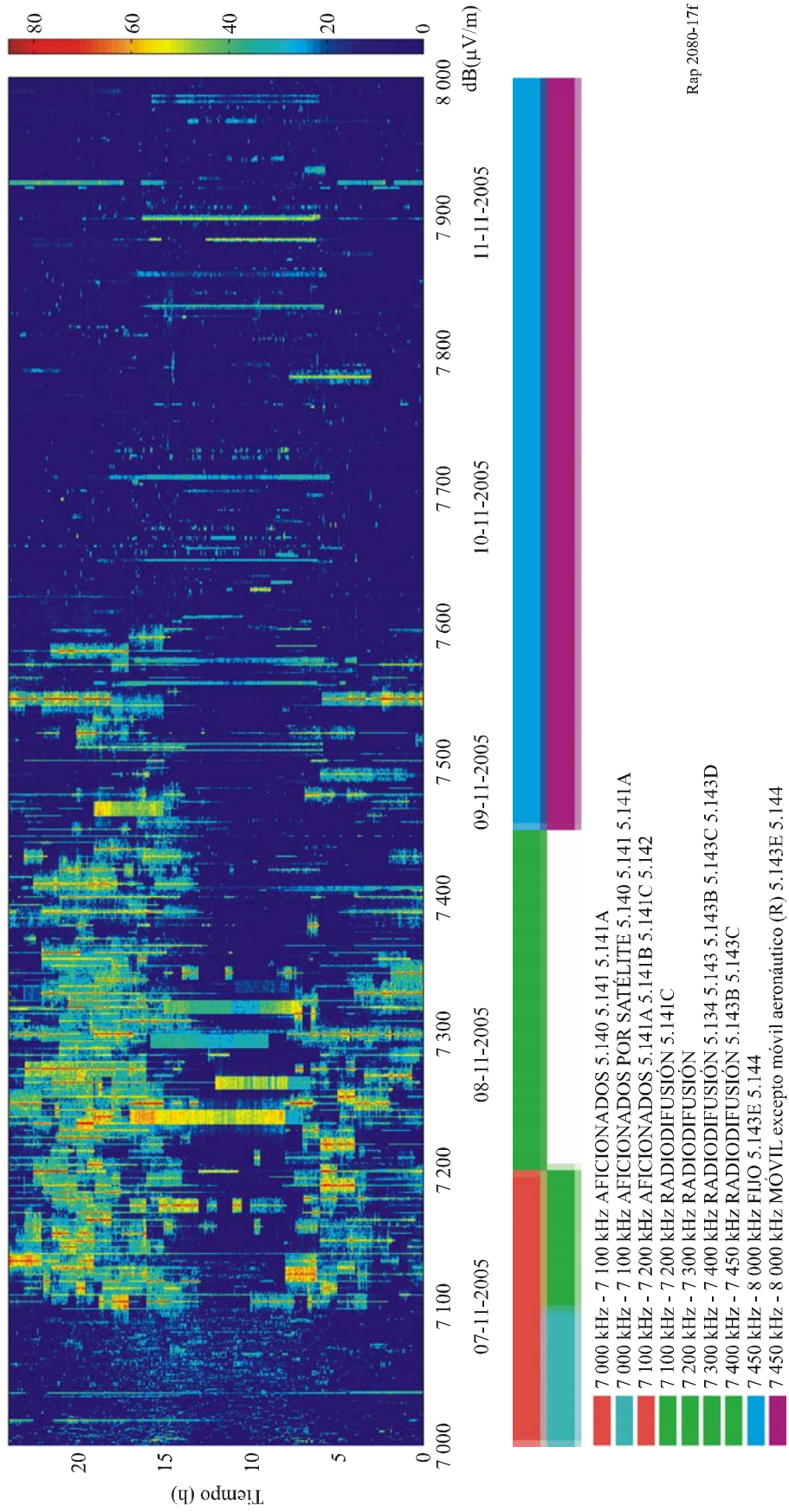
Se ve mucha actividad del servicio de aficionados en la gama 7 000-7 100 kHz.

La banda de radiodifusión 7 100-7 350 kHz está muy congestionada durante la noche y no sólo están ocupados todos los canales de 10 kHz, sino que a primera hora de la mañana y por la tarde prácticamente todos los canales de 5 kHz se utilizan para transmisiones de 10 kHz de anchura de banda. Pueden identificarse también varias transmisiones en modo DRM (por ejemplo, 7 240, 7 265, 7 295 kHz). Cabe señalar que la banda 7 100-7 200 kHz quedará atribuida al servicio de aficionados en 2009, por lo que el servicio de radiodifusión tendrá que eliminar sus transmisiones de esta banda.

La banda 7 350-7 600 kHz está actualmente atribuida a los servicios fijo y móvil terrestre, pero puede observarse que sólo parte de la utilización corresponde al servicio fijo/móvil terrestre. Está claro que la mayoría de la utilización corresponde al servicio de radiodifusión, pues algunas administraciones lo permiten en virtud del Artículo 4.4 del RR.

En la gama 7 600-8 000 kHz puede verse alguna utilización del servicio fijo/móvil, la mayor parte de la cual puede verse durante el día, aunque también durante la noche. Parece posible que esta banda acomode las transmisiones del servicio fijo/móvil desplazadas de la banda 7 350-7 450 kHz, cuando ésta quede atribuida al servicio de radiodifusión en 2009.

© FM22 Klagenfurt, espectrograma, fecha: 07-11-2005 - 11-11-2005 $\Delta f = 0,4 \text{ kHz}$ $\Delta t = 10 \text{ s}$

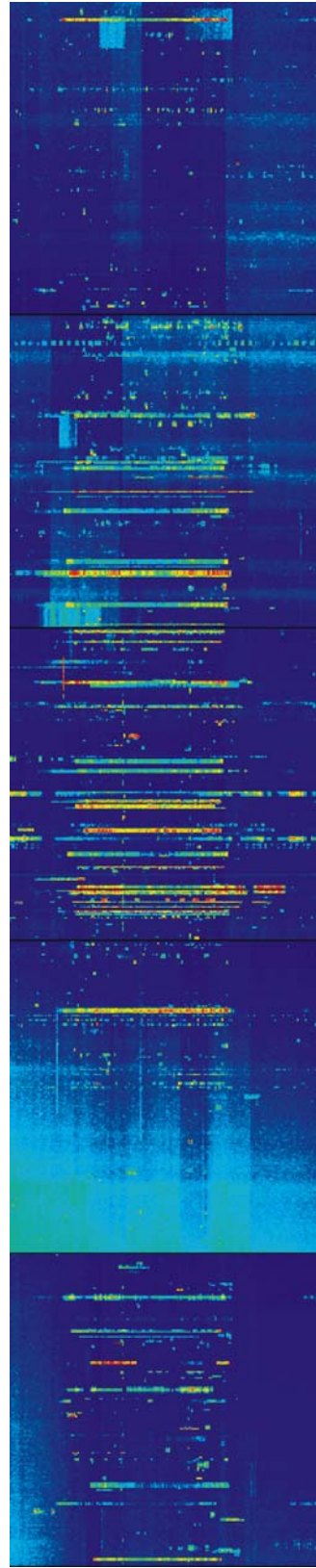


Gama 8-9 MHz

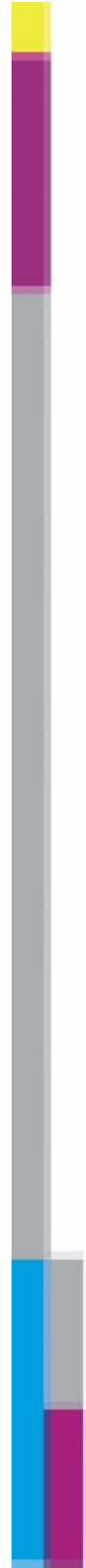
Se puede ver que la utilización del espectro marítimo se concentra en el medio de su atribución exclusiva. Por consiguiente, hay margen para la reorganización de la utilización de esta banda, por ejemplo, las bandas 8 200-8 350 kHz y 8 700-8 815 kHz podrían utilizarse para otras aplicaciones marítimas.

La gama aeronáutica 8 815-9 000 kHz parece estar muy infrautilizada.

Dado que la ocupación de esta banda tiene lugar sobre todo durante el día y que la ocupación global es baja, puede ser posible considerar la adición de otros servicios en régimen de compartición temporal.



Karlovice, 8-9 MHz



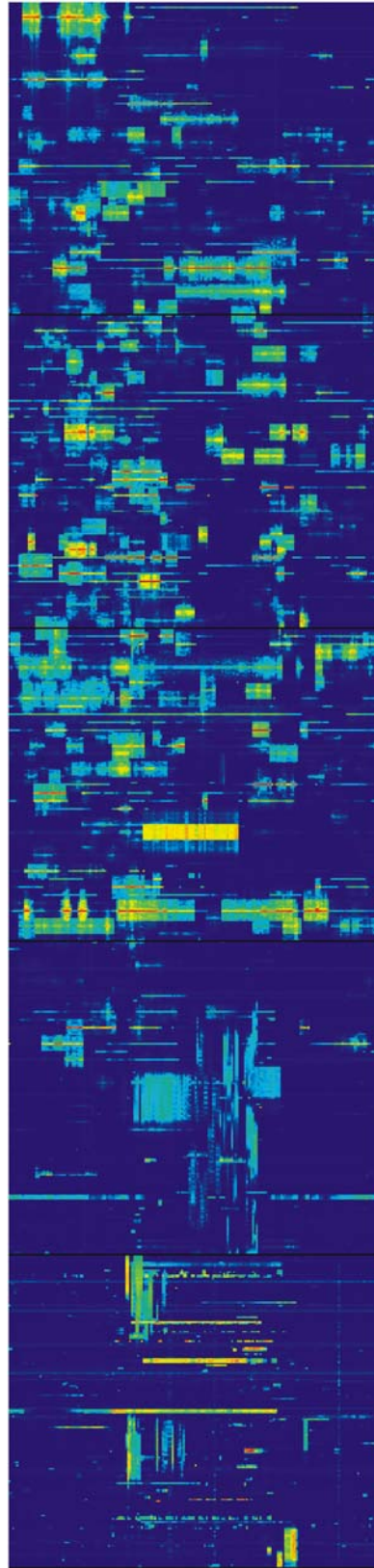
- 8 000 kHz - 8 100 kHz FIJO 5.143E.5.144
- 8 000 kHz - 8 100 kHz MÓVIL excepto móvil aeronáutico (R) 5.143E.5.144
- 8 100 kHz - 8 195 kHz FIJO
- 8 100 kHz - 8 195 kHz MÓVIL MARÍTIMO
- 8 195 kHz - 8 815 kHz MÓVIL MARÍTIMO 5.109 5.110 5.132 5.145 5.111
- 8 815 kHz - 8 965 kHz MÓVIL AERONÁUTICO (R)
- 8 965 kHz - 9 000 kHz MÓVIL AERONÁUTICO (OR)

Rap 2080-17g

Gama 9-10 MHz

Las bandas atribuidas al servicio de radiodifusión, 9 400-9 900 kHz, en general están muy utilizadas durante todo el día, pero más intensamente durante las horas punta de radiodifusión de la tarde. También se han visto transmisiones de radiodifusión en la banda candidata 9 900-9 940 kHz.

La banda candidata 9 290-9 400 kHz identificada en la Resolución 544 (CMR-03) está parcialmente ocupada, pero parece posible trasladar estas aplicaciones a otra parte del espectro fijo. La emisión en banda ancha pertenece al servicio de radiolocalización, que debe eliminarse de esa banda.



Leipzig, 9-10 MHz

- 9 000 kHz - 9 040 kHz MÓVIL AERONÁUTICO (OR)
- 9 040 kHz - 9 400 kHz FIJO
- 9 400 kHz - 9 500 kHz RADIODIFUSIÓN 5.134 5.146
- 9 500 kHz - 9 900 kHz RADIODIFUSIÓN 5.147
- 9 900 kHz - 9 995 kHz FIJO
- 9 995 kHz - 10 000 kHz FRECUENCIAS PATRÓN Y SEÑALES HORARIAS (10 000 kHz) 5.111

Rap 2080-17h

Método de medición

Se aceptó la utilización de distintos equipos y antenas para la recopilación de los datos requeridos.

Se debatió la exactitud de las lecturas de la intensidad de campo y la necesidad de emplear una antena calibrada. Se decidió que el principal requisito residía en determinar la utilización de las frecuencias y no necesariamente en realizar mediciones precisas de la intensidad de campo siempre y cuando los resultados tuvieran una exactitud aceptable para dar la información necesaria en un plazo de tiempo bastante corto.

Las configuraciones debían ajustarse lo más posible a la norma común definida a continuación:

Parámetro	Configuración ideal	Observaciones
Tramo	200 kHz	Puede reducirse a 100 kHz o inferior, si es necesario
Número de escalones	500 (ó 1 000)	> 400 valores
Tamaño del escalón o punto	400 (ó 200) Hz	200 kHz/500 escalones
Anchura de banda del filtro	500 (ó 250) Hz	Superior al tamaño del escalón
Tiempo de barrido	10 s	Mínimo de 10 s para limitar la cantidad de datos recopilados
Antena	Omnidireccional	
Atenuación	0 ó 10 dB	Dependiendo de las condiciones locales
Nivel RF	Según sea necesario	Suficiente para la señal más fuerte prevista
Detector	Medio	

Podían utilizarse analizadores de espectro o receptores y ajustarse los parámetros convenientemente.

Anexo 3

Análisis de las condiciones específicas de compartición en la banda 4-10 MHz

Antecedentes

Hay muchos documentos que tratan de las condiciones específicas de compartición en la banda 4-10 MHz. Se han hecho muchos análisis reglamentarios de las actuales condiciones de compartición del RR y se ha intentado aplicarlos a otras situaciones de compartición. También se llevó a cabo un debate sobre las técnicas de compartición y criterios de protección generales además de un examen de las necesidades específicas de los servicios.

En este Informe se analizan situaciones técnicas específicas basadas en el ya viejo conflicto entre los requisitos de espectro de los servicios existentes en la banda 4-10 MHz. Se pretende tratar la ampliación de la compartición coprimaria entre los servicios fijo y móvil además de la compartición entre las atribuciones existentes y el servicio móvil marítimo y la compartición entre las atribuciones existentes y el servicio de radiodifusión. Se examinará asimismo la compartición empleando técnicas de onda ionosférica de incidencia casi vertical (NVIS) en un servicio para permitir la compartición con otro.

Durante la preparación de este análisis se examinaron detalladamente las técnicas adaptativas en frecuencia, y los casos de compartición presentados en este documento facilitan información sobre las condiciones de compartición cuando la congestión de usuarios limita los beneficios habituales de las técnicas adaptativas o cuando se utilizan sistemas de ondas decamétricas no adaptativas. Aunque muchas administraciones de países desarrollados utilizan muy habitualmente técnicas de ondas decamétricas adaptativas, aún se utilizan en una buena proporción sistemas no adaptativos en estos mismos países y casi exclusivamente en los países en desarrollo.

En una red adaptativa en frecuencia típica hay congestión de usuarios cuando el número de usuarios en la red supera la capacidad del grupo de frecuencias de la red para proporcionar recursos de espectro adecuados que se propagan a una determinada hora del día. También ocurre cuando hay intereses opuestos por las frecuencias entre usuarios no adaptativos y adaptativos, entre redes adaptativas y redes adaptativas cuando hay equipos de distintas generaciones, y entre redes adaptativas y redes adaptativas cuando se emplean características de sistema distintas (como ocurre entre distintos servicios). De estos cuatro casos, los dos primeros (congestión de usuarios y de sistema no adaptativo y sistema adaptativo) causan los mayores problemas, aunque la congestión de frecuencias en general se ve exacerbada por los dos últimos casos (distintas generaciones de sistemas adaptativos y utilización de características de sistema distintas (principalmente la anchura de banda, una gran diferencia en la relación S/N requerida, y bajo nivel de potencia)). El efecto neto de la congestión es que lleva a la realización de operaciones en la misma frecuencia y huella entre grupos de usuarios, pues no hay frecuencias individuales disponibles para el uso exclusivo de un solo servicio en ningún momento del día. En este análisis se tratan estos casos.

Introducción

Los sistemas adaptativos de ondas decamétricas son más eficaces en dos casos:

En primer lugar, cuando el enlace del trayecto de reflexión ionosférica entre dos estaciones es corto o mediano (un salto) y tiene unas características de propagación homogéneas. En este caso, los sistemas adaptativos de ondas decamétricas utilizan la frecuencia más alta por debajo de la frecuencia máxima utilizable (MUF) que se propaga (denominada frecuencia óptima) y adapta el sistema para utilizar la menor potencia posible. Así se consigue el enlace de transmisión más eficaz posible y generalmente la recepción es de muy alta calidad.

El segundo caso es cuando el enlace del trayecto de reflexión ionosférica entre dos estaciones es largo o extremadamente largo (2 ó 3 saltos) y tiene unas características de propagación muy heterogéneas a causa de la diferencia horaria relativa, las condiciones atmosféricas, etc. En este caso, los sistemas adaptativos de ondas decamétricas encuentran la mejor frecuencia general que se propaga y suelen establecer un enlace de alta potencia. Aunque resulta menos eficaz, tienen la capacidad de establecer un enlace de ondas decamétricas en situaciones en que normalmente no se podría si se utilizasen los modelos predictivos de ondas decamétricas o cualquier otra tecnología monofrecuencia. También logran crear redes de comunicaciones transcontinentales, que no se pueden conseguir de otra manera.

Es capital entender que la compartición entre servicios está determinada por el emplazamiento del receptor y, muy raramente, por el emplazamiento del transmisor. Mientras la porción de onda de superficie de un transmisor no coincida con el emplazamiento del receptor de otro servicio (generalmente no coinciden), lo único que hay que considerar es la compartición en el receptor. Dadas las huellas extremadamente grandes de los sistemas de ondas decamétricas que emplean la reflexión ionosférica (crecen exponencialmente a cada salto), la compartición en la misma frecuencia se suele dar entre servicios mixtos, pues la zona de cobertura de las antenas, incluso las buenas (directivas), se mide en cientos o miles de kilómetros de anchura (dependiendo del número de saltos analizado). Aunque, por ejemplo, el servicio de radiodifusión sólo dé cobertura a sus clientes con un solo salto (por motivos de calidad), la señal sigue propagándose por múltiples saltos

con unos niveles de potencia que pueden causar serias interferencias a otros servicios, si utilizan la misma frecuencia.

A fin de entender mejor la curva de eficacia que se logra con las redes adaptativas, puede tomarse como ejemplo una red ALE 2G típica.

Red ALE 2G

Este ejemplo presenta las características de una red ALE 2G típica (grupo de usuarios) y examina la ocupación de usuarios para determinar el número máximo de usuarios posible antes de perder eficacia.

Grupo de frecuencias

Un número variable de estaciones ALE 2G compartirán un grupo de diez frecuencias repartidas por el espectro de ondas decamétricas. Por mor de sencillez, se escogen diez frecuencias de las bandas móviles aeronáuticas y representan un conjunto plausible de frecuencias para trayectos cortos y largos durante un periodo de baja actividad solar: 3,1; 4,7; 5,7; 6,7; 7,3; 9,0; 11,2; 13,2; 15,0 y 18,0 MHz.

Transmisiones

Las estadísticas de transmisión de tráfico y tara ALE son las siguientes:

- 1) Cada ALE emite durante 10 s por cada canal, una vez por hora.
- 2) De media, cada estación hace una llamada por hora:
 - a) El intento de llamada de la ALE dura 10 s.
 - b) Los canales se eligen en función de la calidad medida del enlace.
 - c) Las llamadas no se hacen por canales ocupados. Estos canales se marcan para hacer un reintento posteriormente, si no se logra completar la llamada por ningún otro canal. Si sigue ocupado al hacer el reintento, la llamada falla.
 - d) El tráfico vocal dura, de media, 73 s, una vez establecido el enlace (valor típico del tráfico vocal medido en una red de voz ALE grande).

Análisis de propagación

La propagación por estos trayectos se analizó utilizando ICEPAC durante el mes de julio con una actividad solar suave de 10 manchas. El análisis sólo se realizó entre las 20.00 y las 22.00 UTC.

Se consideró que las frecuencias eran aptas para el tráfico vocal si la relación S/N media era, como mínimo, de 10 dB en 3 kHz. En la Fig. 18, cada enlace va marcado con las frecuencias utilizables en enlaces con esa longitud y orientación.

Análisis de ocupación de canal

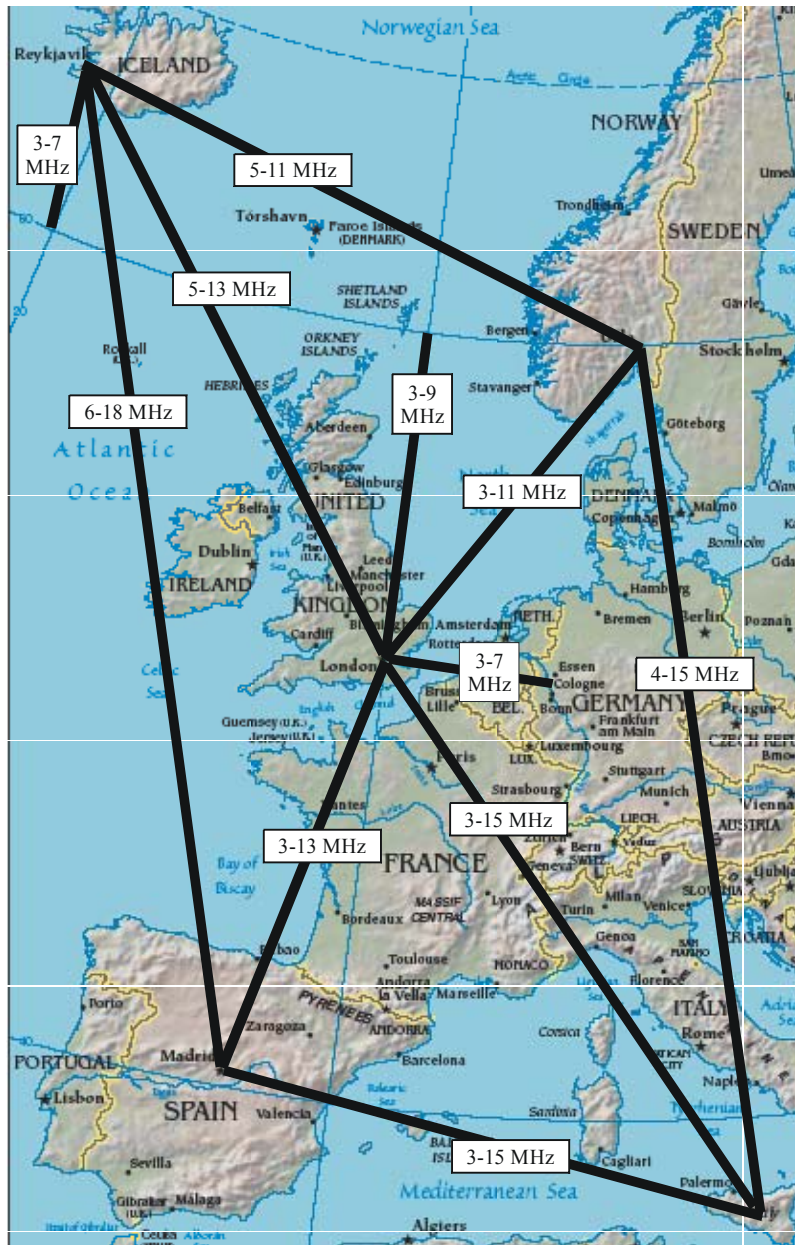
Las estaciones ALE emisoras presentan una carga de 10 s/h (0,28%) por canal.

La carga de tráfico de cada estación tiene dos componentes: establecimiento del enlace y tráfico vocal. Si la escucha antes de transmisión es totalmente eficaz para evitar las llamadas por canales ocupados (e ignorar las posibles estaciones ocultas), cada llamada vocal tendrá como resultado una única llamada ALE con éxito (posiblemente después de escuchar durante algunos segundos los canales ocupados), seguida de una conversación de voz. Esto supone una carga de tráfico de 83 s canal por hora (2,31% de un canal) por estación activa.

Habiendo 11 tipos de trayecto posibles (longitud y orientación) para cada llamada, si todos los tipos tienen la misma probabilidad, la probabilidad de cada uno de ellos es del 9,1%. De estos tipos de trayecto, los más restringidos son los trayectos cortos, que sólo disponen de cinco frecuencias

utilizables. Por tanto, las cinco frecuencias más bajas serán las más congestionadas y limitarán el tamaño útil de la red.

FIGURA 18
Ejemplos de enlace y frecuencias utilizables
(Julio, actividad solar 10, 20.00-22.00 h)



Rap 2080-18

Si se considera que sólo una estación hace llamadas, el modelo más simple de ocupación de canal asume que cada tipo de enlace tiene la misma probabilidad, al igual que la selección de cualquiera de las frecuencias útiles para ese trayecto. Las probabilidades de selección de canal y la utilización de canal total son las siguientes:

CUADRO 1

Probabilidad de selección de frecuencia y utilización de canal

Frecuencia (MHz)	3,14	4,72	5,71	6,72	7,33	9,02	11,23	13,22	15,04	18,00
Probabilidad de selección	9,6%	10,7%	15,2%	15,2%	15,2%	11,6%	10,1%	6,9%	4,3%	1,1%
Utilización de canal	0,50%	0,53%	0,63%	0,63%	0,63%	0,54%	0,51%	0,44%	0,38%	0,30%

Al aumentar el número de estaciones activas, se incrementa la utilización del canal, linealmente en un principio, hasta que las estaciones llamantes empiezan a encontrar canales ocupados durante una fracción notable de tiempo. Cuando esto ocurre, las estaciones que en principio eligen una frecuencia muy utilizada, primer intento de llamada, seleccionarán una frecuencia menos ocupada para su llamada, repartiendo así el tráfico entre todas las frecuencias de trabajo. El límite superior de utilización de canal se determina asumiendo que el tráfico no se reparte. De acuerdo con esta hipótesis conservadora, la congestión en las frecuencias comprendidas entre 5 y 7 MHz, en una única red de usuarios, es la siguiente:

- inapreciable para 10 estaciones (utilización de canal del 6%);
- notable para 20 estaciones (utilización de canal hasta el 13%);
- importante para 50 estaciones (utilización de canal hasta el 31%).

Como se puede apreciar en el análisis, un grupo de usuarios de 50 o más estaciones origina una congestión importante. Por tanto, es necesario limitar el grupo de usuarios típico a un máximo de 20 estaciones. No obstante, así se puede crear una congestión general a medida que se creen más grupos de usuarios que compitan por los mismos recursos de espectro, cuando se considera la posibilidad de establecer compartición con otros servicios en porciones concretas del espectro. Si los nuevos servicios (como la radiodifusión) no emplean técnicas adaptativas de la misma generación, se suele crear una falsa congestión para los sistemas más avanzados, pues utilizan modelos predictivos en vez de un sondeo activo basado en el tráfico, lo que significa que los sistemas más avanzados no compiten por los canales marcados como activos (utilización de canal superior al 20%). El aumento del número de frecuencias para el grupo de usuarios permite aumentar su tamaño, pero deja menos espectro entre los distintos grupos de usuario, lo que también aumenta la congestión.

Condiciones de compartición propuestas

Se ha dicho que es posible realizar una mayor compartición entre los servicios fijo/móvil, además de introducir la compartición entre el servicio de radiodifusión y el servicio fijo y/o el servicio móvil. En la actualidad se realiza la compartición entre servicios, pero ha de tenerse en cuenta la utilización real de estas bandas de frecuencias:

Compartición con la radiodifusión

De acuerdo con diversas disposiciones del RR, el servicio fijo y el servicio móvil comparten el espectro con el servicio de radiodifusión. De hecho, las notas aplicables a esta compartición consideran que los servicios fijo y/o móvil son de categoría inferior al servicio de radiodifusión en la banda 4-10 MHz. La mayoría de la compartición permitida por el RR con el servicio de radiodifusión se efectúa en las bandas ecuatoriales con fuertes limitaciones al funcionamiento de los servicios fijo y/o móvil. Fuera de las bandas ecuatoriales se dan algunos casos de compartición, pero en casi todos ellos se imponen fuertes límites a los servicios fijo/móvil. Hay pocos casos en que el servicio de radiodifusión y los servicios fijo/móvil son coprimarios, pero se trata claramente

de una excepción a las normas impuestas por el RR. En la Región 2 no hay compartición coprimaria entre el servicio de radiodifusión y los servicios fijo/móvil.

Compartición entre los servicios fijo y móvil

Hay muchos casos en que los servicios fijo y móvil tienen atribuciones con categoría coprimaria en el RR. En la práctica, no obstante, a menos que los sistemas estén diseñados para soportarse mutuamente (caso muy poco frecuente), las administraciones han de tomar medidas para asegurarse de que no se realiza una compartición en la misma frecuencia. Esto equivale a dividir el espectro entre los servicios en porciones individuales ocupadas por estaciones del servicio fijo o estaciones del servicio móvil exclusivamente. Esto sigue ocurriendo aunque se utilicen técnicas adaptativas, pues la diferencia de la potencia relativa hace que sea casi imposible que una estación del servicio móvil realice compartición con una estación del servicio fijo, si el receptor está emplazado en el mismo lugar.

Análisis

El análisis de las diversas situaciones de compartición se llevó a cabo con VOACAP. Este programa se creó empleando datos de comprobación técnica para la actualización de ICECAP, que es la base del actual modelo de propagación de la Comisión de Estudio 3 de Radiocomunicaciones. En VOACAP se basa la colaboración entre el GT 9C y el GT 3L para elaborar una recomendación sobre un modelo de propagación más avanzado.

El análisis de señal/interferencia realizado con VOACAP supone una actividad solar leve (10) y facilita valores para las probabilidades de propagación media para todas las horas del día y todos los meses (365 días, todas las horas del día). Así se garantiza que no se utiliza la hipótesis más desfavorable y es posible que se infravalore una posible interferencia dependiendo del mes y la hora específicos o de una anomalía solar, pero se trata de un método que representa de manera realista la posible interferencia entre servicios cuando se utiliza la misma frecuencia y la cobertura de los emplazamientos de recepción se solapa.

Para el análisis de los distintos casos se utiliza la SNR mínima requerida. En el servicio fijo, en concreto, se prevé que haya enlaces que requieran una SNR mucho mayor cuando las condiciones atmosféricas específicas den una probabilidad de establecimiento de enlace alrededor del 80% o el 90% y el factor de fiabilidad sea igual o superior al 50%. En estos casos, las señales interferentes de otro servicio serán especialmente importantes, pues estas condiciones suelen lograrse sólo una vez al mes y es posible que no se consigan todos los meses.

1 Interferencia del servicio fijo al servicio móvil marítimo a 4,3 MHz

Posible interferencia causada por un enlace fijo entre Norfolk, VA y San Diego, CA

Enlace deseado entre Honolulu, HI y una plataforma marítima a 20 km de la costa de San Diego, CA

Transmisor deseado:

10 kW entregados a un monopolo de cuarto de onda en suelo pobre (antena tipo SAMPLE.32 con constante dieléctrica = 4 y conductividad = 1 mS)

Transmisor interferente:

5 kW entregados a una antena log-periódica horizontal en suelo bueno (antena tipo SAMPLE.05 con constante dieléctrica = 13 y conductividad = 5 mS)

Receptor:

Monopolo de cuarto de onda en agua de mar (antena tipo SAMPLE.32 con constante dieléctrica = 80 y conductividad = 5 000 mS)

Entorno:

7,5 MHz, ruido artificial especificado como -164 dB(W/Hz) a 3 MHz (nivel de ruido similar al rural) en el emplazamiento receptor

Enlace móvil marítimo

Disponibilidad de datos – SNR requerida de 18 dB

Disponibilidad analógica – SNR requerida de 15 dB

Disponibilidad digital – SNR requerida de 9 dB

En el Cuadro 2 se presentan las probabilidades porcentuales de que se pueda establecer el enlace deseado con la SNR requerida con una fiabilidad específica en un mes determinado. Se asume que la fiabilidad más baja en un mes dado es del 50%, o no habrá suficiente conectividad garantizada para establecer un enlace fiable entre las estaciones. Como se observa en el Cuadro 1, cuando se tienen en cuenta todas las horas y meses, no hay una probabilidad alta de establecer un enlace. Sin embargo, a horas o meses concretos en que la fiabilidad es mayor, también se incrementa la reducción de la disponibilidad del enlace, por lo que los datos del Cuadro 2 dan una buena indicación de la posibilidad de mantener un enlace con la SNR requerida. Evidentemente, la selección de la frecuencia también tiene su importancia y los resultados de los Cuadros 2 y 3 representan las probabilidades medias asociadas a una banda de frecuencias dada. A horas específicas del día, las probabilidades pueden ser muy distintas, hay un cambio correlacionado entre la señal deseada y la interferente.

CUADRO 2

Fiabilidad en un mes dado

Fiabilidad del enlace en un mes dado									
SNR requerida	90%	80%	70%	60%	50%	40%	30%	20%	10%
18 dB	0,00%	0,00%	0,58%	6,48%	18,17%	28,82%	42,48%	47,80%	50,46%
15 dB	0,00%	0,35%	7,18%	21,30%	38,19%	46,18%	48,61%	50,46%	51,62%
9 dB	1,27%	24,19%	45,02%	48,38%	49,88%	51,04%	51,62%	52,78%	54,40%

CUADRO 3

Reducción de la disponibilidad media del enlace

	SNR requerida	Reducción (%)
Reducción de la disponibilidad media del enlace de datos	18 dB (C/I+N)	28,41
Reducción de la disponibilidad media del enlace analógico	15 dB (C/I+N)	36,37
Reducción de la disponibilidad media del enlace digital	9 dB (C/I+N)	44,08

2 Interferencia del servicio móvil marítimo al servicio fijo a 5,8 MHz

Posible interferencia de una estación marítima en Honolulu, HI a una plataforma marítima a 20 km de la costa de San Diego, CA

Enlace fijo deseado entre Norfolk, VA y San Diego, CA

Transmisor deseado:

5 kW entregados a una antena log-periódica horizontal en suelo bueno (antena tipo SAMPLE.05 con constante dieléctrica = 13 y conductividad = 5 mS)

Transmisor interferente:

10 kW a un monopolo de cuarto de onda en suelo pobre (antena tipo SAMPLE.32 con constante dieléctrica = 4 y conductividad = 1 mS)

Receptor:

Antena log-periódica horizontal en suelo bueno (antena tipo SAMPLE.05 con constante dieléctrica = 13 y conductividad = 8 mS)

Entorno:

5,8 MHz, ruido artificial especificado como -144 dB(W/Hz) a 3 MHz (nivel de ruido residencial) en el emplazamiento receptor

Enlace fijo

Disponibilidad de datos – SNR requerida de 18 dB

Disponibilidad analógica – SNR requerida de 15 dB

Disponibilidad digital – SNR requerida de 9 dB

En el Cuadro 4 se presentan las probabilidades porcentuales de que pueda establecerse un enlace deseado con la SNR requerida con una fiabilidad específica en un mes determinado. Se asume que la fiabilidad más baja en un mes dado es del 50%, o no habrá suficiente conectividad garantizada para establecer un enlace fiable entre las estaciones. Como se observa en el Cuadro 4, cuando se tienen en cuenta todas las horas del día y todos los meses hay una probabilidad media de establecer un enlace. Sin embargo, a determinadas horas o meses, la fiabilidad es mayor y también aumenta la reducción de la disponibilidad del enlace, por lo que los datos del Cuadro 4 dan una buena indicación de la posibilidad de mantener un enlace con la SNR requerida. Evidentemente, la selección de la frecuencia también es importante y los resultados de los Cuadros 4 y 5 representan las probabilidades medias para una determinada banda de frecuencias. Es posible que, a determinadas horas del día, las probabilidades cambien de manera importante, pero este cambio está correlacionado con la señal deseada y la señal interferente.

CUADRO 4

Fiabilidad en un mes determinado

Fiabilidad del enlace en un mes determinado									
SNR requerida	90%	80%	70%	60%	50%	40%	30%	20%	10%
18 dB	0,00%	0,00%	2,20%	28,82%	45,60%	49,42%	51,50%	53,59%	56,13%
15 dB	0,00%	1,04%	25,46%	45,95%	50,93%	52,55%	54,28%	56,25%	58,45%
9 dB	2,78%	41,32%	50,58%	54,05%	56,48%	58,33%	59,26%	59,95%	60,53%

CUADRO 5

Reducción de la disponibilidad media del enlace

	SNR requerida	Reducción (%)
Reducción de la disponibilidad media del enlace de datos	18 dB ($C/I+N$)	1,43
Reducción de la disponibilidad media del enlace analógico	15 dB ($C/I+N$)	1,19
Reducción de la disponibilidad media del enlace digital	9 dB ($C/I+N$)	0,73

3 Interferencia del servicio móvil terrestre al servicio móvil marítimo a 6,4 MHz

Posible interferencia de un enlace móvil terrestre entre Norfolk, VA y San Diego, CA

Enlace deseado de Honolulu, HI a una plataforma marítima a 20 km de la costa de San Diego, CA

Transmisor deseado:

10 kW entregados a un monopolo de cuarto de onda en suelo pobre (antena tipo SAMPLE.32 con constante dieléctrica = 4 y conductividad = 1 mS)

Transmisor interferente:

500 W entregados a un monopolo de 3,5 m (antena tipo SAMPLE.32 con constante dieléctrica = 13 y conductividad = 5 mS)

Receptor:

Monopolo de cuarto de onda en agua de mar (antena tipo SAMPLE.32 con constante dieléctrica = 80 y conductividad = 5 000 mS)

Entorno:

6,4 MHz, ruido artificial especificado como -164 dB(W/Hz) a 3 MHz (nivel de ruido similar al rural) en el emplazamiento receptor

Enlace móvil marítimo

Disponibilidad de datos – SNR requerida de 18 dB

Disponibilidad analógica – SNR requerida de 15 dB

Disponibilidad digital – SNR requerida de 9 dB

En el Cuadro 6 se presentan las probabilidades porcentuales de que se pueda establecer un enlace deseado con la SNR requerida con una fiabilidad específica en un mes determinado. Se asume que la fiabilidad más baja en un mes dado es del 50%, o no habrá suficiente conectividad garantizada para establecer un enlace fiable entre las estaciones. Como se observa en el Cuadro 6, cuando se tienen en cuenta todas las horas y meses, hay una probabilidad bastante alta de establecer un enlace. No obstante, a determinadas horas del día o meses, la fiabilidad es mayor y también aumenta la reducción de la disponibilidad del enlace, por lo que los datos presentados en el Cuadro 6 dan una buena indicación de la posibilidad de mantener un enlace con la SNR requerida. Evidentemente, la selección de la frecuencia también es importante y los resultados de los Cuadros 6 y 7 representan la probabilidad media asociada con una frecuencia determinada. Es posible que, a determinadas

horas del día, las probabilidades cambien de manera importante, pero este cambio está correlacionado con la señal deseada y la señal interferente.

CUADRO 6

Fiabilidad en un mes determinado

Fiabilidad del enlace en un mes determinado									
SNR requerida	90%	80%	70%	60%	50%	40%	30%	20%	10%
18 dB	0,00%	6,37%	28,24%	46,99%	52,78%	54,40%	56,60%	57,87%	59,49%
15 dB	1,16%	27,08%	46,76%	53,36%	56,02%	57,06%	58,45%	59,49%	61,57%
9 dB	34,49%	51,62%	56,48%	58,45%	59,49%	61,00%	61,92%	62,73%	64,58%

CUADRO 7

Reducción de la disponibilidad media del enlace

	SNR requerida	Reducción (%)
Reducción de la disponibilidad media del enlace de datos	18 dB ($C/I+N$)	61,02
Reducción de la disponibilidad media del enlace analógico	15 dB ($C/I+N$)	67,31
Reducción de la disponibilidad media del enlace digital	9 dB ($C/I+N$)	71,95

4 Interferencia del servicio móvil marítimo al servicio móvil terrestre a 8,6 MHz

Posible interferencia de una estación marítima en Honolulu, HI a una plataforma marítima a 20 km de la costa de San Diego, CA

Enlace móvil terrestre deseado entre Norfolk, VA y San Diego, CA

Transmisor deseado:

500 W entregados a un monopolo de 3,5 m (antena tipo SAMPLE.32 con constante dieléctrica = 13 y conductividad = 5 mS)

Transmisor interferente:

10 kW entregados a un monopolo de cuarto de onda en suelo pobre (antena tipo SAMPLE.32 con constante dieléctrica = 4 y conductividad = 1 mS)

Receptor:

Antena log-periódica horizontal en suelo bueno (antena tipo SAMPLE.05 con constante dieléctrica = 13 y conductividad = 8 mS)

Entorno:

8,6 MHz, ruido artificial especificado como -144 dB(W/Hz) a 3 MHz (nivel de ruido residencial) en el emplazamiento receptor

Enlace móvil terrestre

Disponibilidad de datos – SNR requerida de 18 dB

Disponibilidad analógica – SNR requerida de 15 dB

Disponibilidad digital – SNR requerida de 9 dB

En el Cuadro 8 se presentan las probabilidades porcentuales de que se pueda establecer un enlace deseado con la SNR requerida con una fiabilidad específica en un mes determinado. Se asume que la fiabilidad más baja en un mes dado es del 50%, o no habrá suficiente conectividad garantizada para establecer un enlace fiable entre las estaciones. Como se observa en el Cuadro 8, cuando se tienen en cuenta todas las horas y meses, hay una probabilidad alta de establecer un enlace. El Cuadro 7 da una buena indicación de la posibilidad de mantener un enlace con la SNR requerida. Evidentemente, la selección de la frecuencia también es importante y los resultados de los Cuadros 8 y 9 representan la probabilidad media asociada con una frecuencia determinada. Es posible que, a determinadas horas del día, las probabilidades cambien de manera importante, pero este cambio está correlacionado con la señal deseada y la señal interferente.

CUADRO 8

Fiabilidad en un mes determinado

Fiabilidad del enlace en un mes determinado									
SNR requerida	90%	80%	70%	60%	50%	40%	30%	20%	10%
18 dB	32,18%	45,95%	61,23%	75,35%	82,75%	86,00%	89,12%	93,06%	96,99%
15 dB	40,51%	55,56%	71,18%	80,09%	85,42%	88,31%	91,32%	95,14%	97,22%
9 dB	55,56%	72,92%	81,25%	85,76%	89,12%	91,55%	95,02%	96,99%	97,69%

CUADRO 9

Reducción de la disponibilidad media del enlace

	SNR requerida	Reducción (%)
Reducción de la disponibilidad media del enlace de datos	18 dB (C/I+N)	2,62
Reducción de la disponibilidad media del enlace analógico	15 dB (C/I+N)	2,25
Reducción de la disponibilidad media del enlace digital	9 dB (C/I+N)	1,69

5 Interferencia del servicio fijo al servicio de radiodifusión a 4,6 MHz

Posible interferencia de un enlace de estación fija entre Kabul, Afganistán y El Cairo, Egipto

Enlace de radiodifusión deseado entre Florencia, Italia y El Cairo, Egipto

Transmisor deseado:

250 kW entregados a sistema de cortina 4x4 en suelo medio (antena tipo SAMPLE.12 con constante dieléctrica = 15 y conductividad = 50 mS)

Transmisor interferente:

5 kW entregados a una antena log-periódica horizontal en suelo pobre arenoso (antena tipo SAMPLE.05 con constante dieléctrica = 3 y conductividad = 1 mS)

Receptor:

Látigo corto receptor de onda corta vertical (antena tipo SWWHip.VOA)

Entorno:

4,6 MHz, ruido artificial especificado como -150 dB(W/Hz) a 3 MHz (nivel de ruido rural) en el emplazamiento receptor

Enlace de radiodifusión

Disponibilidad requerida – SNR requerida de 17 dB

En el Cuadro 10 se presentan las probabilidades porcentuales de que se pueda establecer un enlace deseado con la SNR requerida con una fiabilidad específica en un mes determinado. Se asume que la fiabilidad más baja en un mes dado es del 80%, o no habrá suficiente conectividad garantizada para establecer un enlace del servicio de radiodifusión fiable. Como se observa en el Cuadro 10, cuando se tienen en cuenta todas las horas y meses, hay una probabilidad alta de establecer un enlace. El Cuadro 10 da una buena indicación de la posibilidad de mantener un enlace con la SNR requerida. Evidentemente, la selección de la frecuencia también es importante y los resultados de los Cuadros 10 y 11 representan la probabilidad media asociada con una frecuencia determinada. Es posible que, a determinadas horas del día, las probabilidades cambien de manera importante, pero este cambio está correlacionado con la señal deseada y la señal interferente.

CUADRO 10

Fiabilidad en un mes determinado

Fiabilidad del enlace en un mes determinado									
SNR requerida	90%	80%	70%	60%	50%	40%	30%	20%	10%
17 dB	63,08%	64,00%	65,34%	66,20%	66,90%	67,30%	67,59%	68,29%	68,92%

CUADRO 11

Reducción de la disponibilidad media del enlace

	SNR requerida	Reducción (%)
Reducción de la disponibilidad media del enlace de datos	17 dB (C/I+N)	67,06

6 Interferencia del servicio de radiodifusión al servicio fijo a 5,1 MHz

Posible interferencia de un enlace de estación de radiodifusión entre Florencia, Italia y El Cairo, Egipto

Enlace fijo deseado entre Kabul, Afganistán y El Cairo, Egipto

Transmisor deseado:

5 kW entregados a una antena log-periódica horizontal en suelo pobre arenoso (antena tipo SAMPLE.05 con constante dieléctrica = 3 y conductividad = 1 mS)

Transmisor interferente:

250 kW entregados a una red de cortina 4x4 en suelo medio (antena tipo SAMPLE.12 con constante dieléctrica = 15 y conductividad = 50 mS)

Receptor:

Antena log-periódica horizontal en suelo pobre arenoso (antena tipo SAMPLE.05 con constante dieléctrica = 3 y conductividad = 1 mS)

Entorno:

5,1 MHz, ruido artificial especificado como -150 dB(W/Hz) a 3 MHz (nivel de ruido rural) en el emplazamiento receptor

Enlace fijo

Disponibilidad de datos – SNR requerida de 18 dB

Disponibilidad analógica – SNR requerida de 15 dB

Disponibilidad digital – SNR requerida de 9 dB

En el Cuadro 12 se presentan las probabilidades porcentuales de que se pueda establecer un enlace deseado con la SNR requerida con una fiabilidad específica en un mes determinado. Se asume que la fiabilidad más baja en un mes dado es del 50%, o no habrá suficiente conectividad garantizada para establecer un enlace fiable entre las estaciones. Como se observa en el Cuadro 12, cuando se tienen en cuenta todas las horas y meses, no hay una probabilidad alta de establecer un enlace. No obstante, a determinadas horas del día o meses, la fiabilidad es mayor y también aumenta la reducción de la disponibilidad del enlace, por lo que los datos del Cuadro 12 dan una buena indicación de la posibilidad de mantener un enlace con la SNR requerida. Evidentemente, la selección de la frecuencia también es importante y los resultados de los Cuadros 12 y 13 representan la probabilidad media asociada con una frecuencia determinada. Es posible que, a determinadas horas del día, las probabilidades cambien de manera importante, pero este cambio está correlacionado con la señal deseada y la señal interferente.

CUADRO 12

Fiabilidad en un mes determinado

Fiabilidad del enlace en un mes determinado									
SNR requerida	90%	80%	70%	60%	50%	40%	30%	20%	10%
18 dB	0,00%	0,00%	0,69%	15,28%	25,35%	34,95%	44,91%	49,42%	51,85%
15 dB	0,00%	0,46%	17,71%	28,24%	41,90%	48,03%	49,77%	51,16%	53,13%
9 dB	8,22%	30,44%	46,64%	49,77%	50,93%	51,50%	52,55%	53,01%	55,67%

CUADRO 13

Reducción de la disponibilidad media del enlace

	SNR requerida	Reducción (%)
Reducción de la disponibilidad media del enlace de datos	18 dB ($C/I+N$)	47,88
Reducción de la disponibilidad media del enlace analógico	15 dB ($C/I+N$)	58,84
Reducción de la disponibilidad media del enlace digital	9 dB ($C/I+N$)	73,03

7 Interferencia del servicio móvil terrestre al servicio de radiodifusión a 4,6 MHz

Posible interferencia de un enlace de estación móvil terrestre entre Al Najaf, Iraq y el Cairo, Egipto

Enlace de radiodifusión deseado entre Florencia, Italia y El Cairo, Egipto

Transmisor deseado:

250 kW entregados a una red de cortina 4x4 en suelo medio (antena tipo SAMPLE.12 con constante dieléctrica = 15 y conductividad = 50 mS)

Transmisor interferente:

500 W entregados a un monopolo de 3,5 m en suelo pobre arenoso (antena tipo SAMPLE.32 con constante dieléctrica = 3 y conductividad = 50 mS)

Receptor:

Látigo corto receptor de onda corta vertical (antena tipo SWWHip.VOA)

Entorno:

4,6 MHz, ruido artificial especificado como -150 dBW/Hz a 3 MHz (nivel de ruido rural) en el emplazamiento receptor

Enlace de radiodifusión

Disponibilidad requerida – SNR requerida de 17 dB

En el Cuadro 14 se presentan las probabilidades porcentuales de que se pueda establecer un enlace deseado con la SNR requerida con una fiabilidad específica en un mes determinado. Se asume que la fiabilidad más baja en un mes dado es del 80%, o no habrá suficiente conectividad garantizada para establecer un enlace del servicio de radiodifusión fiable. Como se observa en el Cuadro 14, cuando se tienen en cuenta todas las horas y meses, hay una probabilidad alta de establecer un enlace. El Cuadro 14 da una buena indicación de la posibilidad de mantener un enlace con la SNR requerida. Evidentemente, la selección de la frecuencia también es importante y los resultados de los Cuadros 14 y 15 representan la probabilidad media asociada con una frecuencia determinada. Es posible que, a determinadas horas del día, las probabilidades cambien de manera importante, pero este cambio está correlacionado con la señal deseada y la señal interferente.

CUADRO 14

Fiabilidad en un mes determinado

Fiabilidad del enlace en un mes determinado									
SNR requerida	90%	80%	70%	60%	50%	40%	30%	20%	10%
17 dB	63,08%	64,00%	65,34%	66,20%	66,90%	67,30%	67,59%	68,29%	68,92%

CUADRO 15

Reducción de la disponibilidad media del enlace

	SNR requerida	Reducción (%)
Reducción de la disponibilidad media del enlace de datos	17 dB (C/I+N)	21,86

8 Interferencia del servicio de radiodifusión al servicio móvil terrestre a 5,1 MHz

Posible interferencia de un enlace de estación de radiodifusión entre Florencia, Italia y El Cairo, Egipto

Enlace móvil terrestre deseado entre Al Najaf, Iraq y El Cairo, Egipto

Transmisor deseado:

500 W entregados a un monopolo de 3,5 m en suelo pobre arenoso (antena tipo SAMPLE.32 con constante dieléctrica = 3 y conductividad = 50 mS)

Transmisor interferente:

250 kW entregados a una red de cortina 4x4 en suelo medio (antena tipo SAMPLE.12 con constante dieléctrica = 15 y conductividad = 50 mS)

Receptor:

Antena log-periódica horizontal en suelo pobre arenoso (antena tipo SAMPLE.05 con constante dieléctrica = 3 y conductividad = 1 mS)

Entorno:

5,1 MHz, ruido artificial especificado como -150 dB(W/Hz) a 3 MHz (nivel de ruido rural) en el emplazamiento receptor

Enlace móvil terrestre

Disponibilidad de datos – SNR requerida de 18 dB

Disponibilidad analógica – SNR requerida de 15 dB

Disponibilidad digital – SNR requerida 9 dB

En el Cuadro 16 se presentan las probabilidades porcentuales de que se pueda establecer un enlace deseado con la SNR requerida con una fiabilidad específica en un mes determinado. Se asume que la fiabilidad más baja en un mes dado es del 50%, o no habrá suficiente conectividad garantizada para establecer un enlace fiable entre las estaciones. Como se observa en el Cuadro 16, cuando se tienen en cuenta todas las horas y meses, no hay una probabilidad alta de establecer un enlace. No

obstante, a determinadas horas del día o meses, la fiabilidad es mayor y también aumenta la reducción de la disponibilidad del enlace, por lo que los datos del Cuadro 16 dan una buena indicación de la posibilidad de mantener un enlace con la SNR requerida. Evidentemente, la selección de la frecuencia también es importante y los resultados de los Cuadros 16 y 17 representan la probabilidad media asociada con una frecuencia determinada. Es posible que, a determinadas horas del día, las probabilidades cambien de manera importante, pero este cambio está correlacionado con la señal deseada y la señal interferente.

CUADRO 16

Fiabilidad en un mes determinado

Fiabilidad del enlace en un mes determinado									
SNR requerida	90%	80%	70%	60%	50%	40%	30%	20%	10%
18 dB	0,00%	0,00%	6,71%	18,06%	36,86%	45,95%	53,13%	57,23%	60,19%
15 dB	0,00%	6,31%	20,60%	38,95%	50,46%	55,09%	58,16%	58,91%	62,73%
9 dB	12,79%	40,45%	53,53%	58,10%	59,14%	60,42%	61,69%	63,48%	67,59%

CUADRO 17

Reducción de la disponibilidad media del enlace

	SNR requerida	Reducción (%)
Reducción de la disponibilidad media del enlace de datos	18 dB (C/I+N)	49,67
Reducción de la disponibilidad media del enlace analógico	15 dB (C/I+N)	59,01
Reducción de la disponibilidad media del enlace digital	9 dB (C/I+N)	70,71

9 Interferencia del servicio móvil marítimo al servicio de radiodifusión a 4,6 MHz

Posible interferencia de un enlace de estación móvil marítima entre el Golfo Pérsico y El Cairo, Egipto

Enlace de radiodifusión deseado entre Florencia, Italia y El Cairo, Egipto

Transmisor deseado:

250 kW entregados a una red de cortina 4x4 en suelo medio (antena tipo SAMPLE.12 con constante dieléctrica = 15 y conductividad = 50 mS)

Transmisor interferente:

1 kW entregado a un monopolo de cuarto de onda en agua de mar (antena tipo SAMPLE.32 con constante dieléctrica = 80 y conductividad = 50 mS)

Receptor:

Látigo corto receptor de onda corta vertical (antena tipo SWWHip.VOA)

Entorno:

4,6 MHz, ruido artificial especificado como -150 dB(W/Hz) a 3 MHz (nivel de ruido rural) en el emplazamiento receptor

Enlace móvil terrestre

Disponibilidad requerida – SNR requerida de 17 dB

En el Cuadro 18 se presentan las probabilidades porcentuales de que se pueda establecer un enlace deseado con la SNR requerida con una fiabilidad específica en un mes determinado. Se asume que la fiabilidad más baja en un mes dado es del 80%, o no habrá suficiente conectividad garantizada para establecer un enlace del servicio de radiodifusión fiable. Como se observa en el Cuadro 18, cuando se tienen en cuenta todas las horas y meses, hay una probabilidad alta de establecer un enlace. El Cuadro 18 da una buena indicación de la posibilidad de mantener un enlace con la SNR requerida. Evidentemente, la selección de la frecuencia también es importante y los resultados de los Cuadros 18 y 19 representan la probabilidad media asociada con una frecuencia determinada. Es posible que, a determinadas horas del día, las probabilidades cambien de manera importante, pero este cambio está correlacionado con la señal deseada y la señal interferente.

CUADRO 18

Fiabilidad en un mes determinado

Fiabilidad del enlace en un mes determinado									
SNR requerida	90%	80%	70%	60%	50%	40%	30%	20%	10%
17 dB	63,08%	64,00%	65,34%	66,20%	66,90%	67,30%	67,59%	68,29%	68,92%

CUADRO 19

Reducción de la disponibilidad media del enlace

	SNR requerida	Reducción (%)
Reducción de la disponibilidad media del enlace de datos	17 dB (C/I+N)	23,28

10 Interferencia del servicio de radiodifusión al servicio móvil marítimo a 5,1 MHz

Posible interferencia de un enlace de estación de radiodifusión entre Florencia, Italia y El Cairo, Egipto

Enlace móvil marítimo deseado entre el Golfo Pérsico y El Cairo, Egipto

Transmisor deseado:

1 kW entregado a un monopolo de cuarto de onda en agua de mar (antena tipo SAMPLE.32 con constante dieléctrica = 80 y conductividad = 50 mS)

Transmisor interferente:

250 kW entregados a una red de cortina 4x4 en suelo medio (antena tipo SAMPLE.12 con constante dieléctrica = 15 y conductividad = 50 mS)

Receptor:

Antena log-periódica horizontal en suelo pobre arenoso (antena tipo SAMPLE.05 con constante dieléctrica = 3 y conductividad = 1 mS)

Entorno:

5,1 MHz, ruido artificial especificado como -150 dB(W/Hz) a 3 MHz (nivel de ruido rural) en el emplazamiento receptor

Enlace móvil terrestre

Disponibilidad de datos – SNR requerida de 18 dB

Disponibilidad analógica – SNR requerida de 15 dB

Disponibilidad digital – SNR requerida de 9 dB

En el Cuadro 20 se presentan las probabilidades porcentuales de que se pueda establecer un enlace deseado con la SNR requerida con una fiabilidad específica en un mes determinado. Se asume que la fiabilidad más baja en un mes dado es del 50%, o no habrá suficiente conectividad garantizada para establecer un enlace fiable entre las estaciones. Como se observa en el Cuadro 20, cuando se tienen en cuenta todas las horas y meses, hay una probabilidad alta de establecer un enlace. En el Cuadro 20 se da una buena indicación de la posibilidad de mantener un enlace con la SNR requerida. Evidentemente, la selección de la frecuencia también es importante y los resultados de los Cuadros 20 y 21 representan la probabilidad media asociada con una frecuencia determinada. Es posible que, a determinadas horas del día, las probabilidades cambien de manera importante, pero este cambio está correlacionado con la señal deseada y la señal interferente.

CUADRO 20

Fiabilidad en un mes determinado

Fiabilidad del enlace en un mes determinado									
SNR requerida	90%	80%	70%	60%	50%	40%	30%	20%	10%
18 dB	49,88%	58,16%	59,49%	61,46%	63,08%	64,41%	65,45%	66,78%	68,75%
15 dB	57,52%	59,38%	61,69%	63,72%	64,99%	66,44%	67,36%	68,92%	70,54%
9 dB	60,65%	63,77%	65,74%	67,77%	69,21%	70,20%	71,41%	72,51%	73,96%

CUADRO 21

Reducción de la disponibilidad media del enlace

	SNR requerida	Reducción
Reducción de la disponibilidad media del enlace de datos	18 dB (C/I+N)	76,67%
Reducción de la disponibilidad media del enlace analógico	15 dB (C/I+N)	76,26%
Reducción de la disponibilidad media del enlace digital	9 dB (C/I+N)	73,77%

Conclusiones

En este anexo se presenta una serie de resultados importantes. Aunque en la UIT el espectro se atribuye por bandas en vez de frecuencias, ha de tenerse en cuenta la utilización de las frecuencias individuales al asignar las bandas y las consecuencias que ello tiene para todos los servicios afectados. Dado el tamaño de las huellas de la transmisión en ondas decamétricas (entre varios cientos y varios miles de kilómetros de anchura y longitud) incluso cuando se emplean antenas muy directivas en sucesivos «saltos» de reflexión ionosférica, es probable que se den casos de compartición en la misma frecuencia y zona de cobertura cuando las bandas de frecuencias estén atribuidas a servicios distintos. Aumentar la compartición iría, por tanto, en detrimento de los servicios existentes, dados los actuales requisitos impuestos a los servicios fijo y móvil. Los resultados de los análisis presentados aquí se han agrupado, como se ve a continuación, para mostrar cuáles serían las consecuencias de otorgar atribuciones adicionales al servicio de radiodifusión en las bandas de frecuencias atribuidas a los servicios fijo y móvil. Estos resultados también se aplican a la posibilidad de aumentar en general las atribuciones a los servicios fijo y móvil.

Congestión

La reducción del espectro actualmente disponible para los servicios fijo y móvil tiene serias consecuencias para la congestión y la capacidad de utilización de las frecuencias. Hay muchas posibilidades de que aumente la congestión cuando el número de usuarios de una única red de usuarios supere la capacidad del grupo de frecuencias de la red para proporcionar los recursos de espectro adecuados. Aumentar el tamaño del grupo de frecuencias no reduce necesariamente la congestión, pues al final los recursos de los grupos de usuarios se solapan, incrementándose así la congestión. También hay problemas de congestión cuando en las mismas frecuencias se emplean sistemas adaptativos y no adaptativos. La utilización de técnicas adaptativas mejora la compartición y puede reducir la congestión en condiciones normales, pero puede exacerbar el problema cuando los recursos de frecuencias son demasiado limitados, cuando sistemas adaptativos en frecuencias de distintas generaciones utilizan las mismas frecuencias o cuando distintos servicios intentan utilizar las mismas frecuencias.

Compartición entre los servicios fijo y móvil marítimo

Como demuestran los análisis de este Informe, no es posible aumentar la compartición entre los servicios fijo y móvil marítimo. Dada la naturaleza del entorno de ruido en el servicio móvil marítimo, el solapamiento de las huellas tiene grandes repercusiones cuando el servicio fijo utiliza las mismas frecuencias. El caso inverso no es tan problemático, pues apenas se reduce la disponibilidad del enlace del servicio fijo a causa de una única transmisión del servicio móvil marítimo. No obstante, dado el volumen del tráfico móvil marítimo, es probable que la interferencia global cause un daño importante al servicio fijo.

Compartición entre los servicios móvil terrestre y móvil marítimo

Como demuestran los análisis de este anexo, no es posible aumentar la compartición entre los servicios móvil terrestre y móvil marítimo. Dada la importancia del entorno de ruido para el servicio móvil marítimo, el solapamiento de las huellas tiene grandes repercusiones cuando el servicio móvil terrestre utiliza las mismas frecuencias. El caso inverso no es tan problemático, pues a penas se reduce la disponibilidad del enlace del servicio móvil terrestre a causa de una única transmisión del servicio móvil marítimo. No obstante, dado el volumen de tráfico móvil marítimo, es probable que la interferencia global cause un daño importante al servicio móvil terrestre.

Compartición entre los servicios fijo y de radiodifusión

Dada la naturaleza de las transmisiones de los servicios fijo y de radiodifusión (alta potencia), el análisis expuesto demuestra que no es posible aumentar la compartición entre los servicios fijo y de

radiodifusión en igualdad de condiciones. El solapamiento de las huellas entre los receptores fijos y de radiodifusión tendría graves consecuencias para ambos servicios.

Compartición entre los servicios móvil terrestre y de radiodifusión

Dada la alta potencia que caracteriza las transmisiones del servicio de radiodifusión y la potencia muy inferior de las transmisiones del servicio móvil terrestre, el análisis expuesto demuestra que no es posible aumentar la compartición entre los servicios móvil terrestre y de radiodifusión en igualdad de condiciones. El solapamiento de la huella del servicio móvil terrestre con la del de radiodifusión tendría consecuencias para el servicio de radiodifusión. El solapamiento de la huella del servicio de radiodifusión con la del servicio móvil terrestre tendría serias consecuencias para el servicio móvil terrestre.

Compartición entre los servicios móvil marítimo y de radiodifusión

Dada la alta potencia que caracteriza las transmisiones del servicio de radiodifusión y la potencia muy inferior de las transmisiones del servicio móvil marítimo, el análisis expuesto demuestra que no es posible aumentar la compartición entre los servicios móvil marítimo y de radiodifusión en igualdad de condiciones. El solapamiento de la huella del servicio móvil marítimo con la del de radiodifusión tendría consecuencias para el servicio de radiodifusión. El solapamiento de la huella del servicio de radiodifusión con la del servicio móvil marítimo tendría serias consecuencias para el servicio móvil marítimo.

Anexo 4

Consideraciones sobre la compatibilidad en ondas decamétricas

Introducción

Varios servicios de radiocomunicaciones utilizan el espectro de ondas decamétricas. Los estudios sobre el punto 1.13 del orden del día llevados a cabo hasta la fecha confirman la conclusión a la que llegaron anteriores estudios y conferencias de que la mayoría de estos servicios no han podido cumplir todos sus requisitos y han encontrado dificultades en su funcionamiento debido a la congestión de las bandas de ondas decamétricas. Dado que la cantidad de espectro de ondas decamétricas disponible es limitada, es necesario buscar sin tardanza la manera de utilizarlo de la manera más eficaz.

El punto 1.13 del orden del día de la CMR-07 pretende optimizar las atribuciones de las bandas de ondas decamétricas entre 4 y 10 MHz a los servicios a fin de adaptarse a los cambios en las demandas y los patrones de uso. En muchos aspectos puede considerarse que se trata de una continuación de la labor iniciada por la CAMR-92, en el marco del punto 2.2.2 de su orden del día. Además, la CMR-03 prosiguió algunos de los estudios relativos a la reorganización de las bandas en torno a 7 MHz y las necesidades de espectro de la radiodifusión entre 4 y 10 MHz dentro de los puntos 1.23 y 1.36 de su orden del día, que resultaron en la elaboración de la Resolución 544 (CMR-03) y la adopción del presente punto del orden del día.

Aunque puede considerarse que los trabajos de la CAMR-92 estuvieron más centrados en la posible ampliación de las bandas de radiodifusión en ondas decamétricas que los de la CMR-07, donde el tema de las atribuciones adicionales al servicio de radiodifusión en virtud de la Resolución 544 (CMR-03) es sólo uno de los aspectos del punto 1.13 del orden del día, las semejanzas son mucho más importantes y profundas.

Además de la necesidad de hacer algo en relación con la escasez de espectro para la radiodifusión, identificada en la Recomendación 511 (HFBC-87), se reconoció que la CAMR-92 tendría que considerar los requisitos a largo plazo de los servicios en ondas decamétricas existentes como parte

fundamental de su trabajo. Por consiguiente, se llevaron a cabo estudios completos sobre la compartición en lo que respecta a los servicios en ondas decamétricas en el marco de los preparativos para la CAMR-92. En concreto, se creó el Grupo Interino de Trabajo Mixto 10-3-6-8/1 del CCIR con el siguiente mandato:

- 1) elaborar criterios más precisos de compartición entre los servicios de radiodifusión, fijo, móvil y de aficionados en la banda 2-30 MHz, y
- 2) rendir Informe al Grupo Interino de Trabajo Mixto de la CAMR-92.

También son semejantes los métodos para abordar la cuestión, que en muchos puntos recuerdan a las Propuestas comunes europeas para la CAMR-92 (Doc. CAMR-92/20) sobre las posibles maneras de reatribuir el espectro.

En este análisis se observan varios posibles métodos para utilizar más eficazmente el espectro de ondas decamétricas ampliando el acceso a múltiples servicios y se pretende contribuir a la preparación del texto de la RPC relativo al punto 1.13 del orden del día. Se tienen en cuenta los problemas de compatibilidad que podrían resultar de la atribución adicional de recursos de espectro a los servicios fijo, móvil y de radiodifusión, que se supone hará la CMR-07.

Información sobre la compartición entre servicios en las bandas de ondas decamétricas

Uno de los temas tratados en los estudios preparatorios sobre los problemas de las ondas decamétricas llevados a cabo por la CAMR-92, la CMR-95, la CMR-97, la CMR-03 y nuevamente en el marco del punto 1.13 del orden del día de la CMR-07, es hasta qué punto el espectro de ondas decamétricas puede ser reutilizado dentro de un mismo servicio y entre servicios en bandas compartidas, y especialmente hasta qué punto la gestión dinámica de frecuencias puede facilitar la compartición. Al igual que para las conferencias anteriores, resulta fundamental para orientar los debates de la CMR-07 disponer de información sobre la compartición y sobre los métodos utilizados para realizar la compartición intraservicio e interservicios en las bandas de ondas decamétricas.

El funcionamiento de múltiples servicios en las bandas de ondas decamétricas compartidas puede describirse más adecuadamente como una coexistencia a la que no se aplican procedimientos formales de coordinación. De hecho, la CMR-95 decidió, en su Resolución 23 (CMR-95), que ya no era necesario examinar las asignaciones de frecuencias en las bandas por debajo de 28 MHz. Por tanto, la Oficina ya no lleva a cabo exámenes sobre la probabilidad de que haya interferencia perjudicial, ni facilita orientaciones sobre si una nueva asignación de frecuencia podrá funcionar sin causar interferencia.

A primera vista, la compartición o coexistencia de servicios en las ondas decamétricas parece difícil, pues se supone que las señales se transmiten a larga distancia gracias a los reflejos de la ionosfera. Con un trayecto de un solo salto, empleando un solo reflejo de la ionosfera, se pueden establecer comunicaciones a unos pocos miles de kilómetros de distancia. Se pueden lograr distancias mayores con múltiples saltos cuando las condiciones de propagación permiten varios reflejos entre la tierra y la ionosfera consecutivos. No obstante, cualquier análisis de la compatibilidad en ondas decamétricas debe tener en cuenta otros aspectos, como la compartición geográfica y temporal, que conllevan las mismas propiedades de la ionosfera que hacen posibles las radiocomunicaciones en ondas decamétricas a larga distancia.

La información que se recoge en el Informe del Grupo Interino de Trabajo Mixto 10-6-8-9/1 (25 de octubre de 1990), «Consideraciones sobre la compatibilidad originadas por la atribución del espectro a la radiodifusión de HF» sigue siendo la principal fuente de referencia en el UIT-R. Este estudio, que constituyó la Sección 5 del Informe del CCIR a la CAMR-92, también se reprodujo en Informe del Director a la CMR-2000 en respuesta a la Resolución 29 (CMR-97) (véase el Adjunto 1 al Doc. CMR-2000/5) y se señala como principal fuente de estudios en el § 5.6.1 del Informe de la

RPC a la CMR-03 (véase el Capítulo 5 del Doc. CMR03/3), el «Resumen de estudios técnicos y operacionales» para el punto 1.23 del orden del día de la CMR-03.

Al haber tantos paralelismos entre los problemas y las posibles soluciones encontrados durante los preparativos de la CMR-07 y la CAMR-92 en lo que respecta a la retribución de las bandas de ondas decamétricas, el Informe del Grupo Interino de Trabajo Mixto para la CAMR-92 sigue siendo una herramienta fundamental para el examen de las posibilidades de compartición entre todos los servicios en ondas decamétricas. A fin de facilitar su consulta e incluir formalmente este material en los estudios para la CMR-07, se reproduce en este anexo el Informe del Grupo Interino de Trabajo Mixto.

Desde la CAMR-92, los cambios y actualizaciones de los textos del UIT-R pertinentes para la compartición entre servicios en las bandas de ondas decamétricas se han incluido en los siguientes textos revisados:

- a) Recomendación UIT-R P.1060 – Factores de propagación que afectan a la compartición de frecuencias en sistemas terrenales en ondas decamétricas. En este texto se identifican los factores y condiciones de propagación que pueden facilitar la compartición en las bandas de ondas decamétricas.
- b) Recomendación UIT-R BS.1514 – Sistema para radiodifusión sonora digital en las bandas de radiodifusión por debajo de 30 MHz. El texto comprende una descripción del sistema DRM recomendado para la radiodifusión sonora digital por debajo de 30 MHz, además de un estudio sobre la compatibilidad en el marco de la compartición intraservicio de la radiodifusión analógica.
- c) Recomendación UIT-R BS.1615 – «Parámetros de planificación» para la radiodifusión sonora digital en frecuencias inferiores a 30 MHz. El texto incluye cuadros completos de las relaciones de protección entre los distintos modos de funcionamiento digital y entre el funcionamiento digital y analógico.
- d) Recomendación UIT-R BS.560-4 – Relaciones de protección en radiofrecuencia para la radiodifusión en ondas kilométricas, hectométricas y decamétricas. Se ha actualizado el Anexo 4 a esta Recomendación con los parámetros de planificación adoptados por la HFBC-87.
- e) Recomendación UIT-R F.240-6 – Relaciones de protección señal/interferencia para las distintas clases de emisión en el servicio fijo por debajo de unos 30 MHz. Se ha actualizado y completado el Cuadro 1 de esta Recomendación. En el Informe del CCIR a la CAMR-92 se indica que este texto es el más adecuado para establecer un conjunto adecuado de criterios de protección aplicables para la compartición de frecuencias entre las estaciones fijas y móviles.

En los siguientes textos puede encontrarse más información de utilidad sobre las condiciones de soporte de la compartición:

- f) Recomendación UIT-R P.372-8 – Ruido radioeléctrico
- g) Recomendación UIT-R BS.216-2 – Relaciones de protección para la radiodifusión sonora en la Zona Tropical
- h) Recomendación UIT-R BS.48-2 – Elección de frecuencias para la radiodifusión sonora en la Zona Tropical
- i) Informe UIT-R BS.302-1 – Interferencias causadas a la radiodifusión sonora en las bandas compartidas en la Zona Tropical.

La compartición de espectro intraservicio es una práctica común y generalmente se consigue aplicando las disposiciones del Reglamento de Radiocomunicaciones pertinentes a cada servicio. Un ejemplo muy pertinente para el punto 1.13 del orden del día es la Resolución 543 (CMR-03)

sobre los valores provisionales de la relación de protección en RF para las emisiones con modulación analógica y digital del servicio de radiodifusión en ondas decamétricas, que establece las relaciones de protección relativa (basadas en los valores absolutos de la Recomendación UIT-R BS.1615) para las emisiones DRM a analógico (A3E) con las relaciones de protección cocanal que han de utilizarse en la planificación de los servicios de radiodifusión en ondas decamétricas.

La compartición entre servicios es más complicada, pero suele lograrse en determinadas circunstancias, generalmente basándose en condiciones técnicas u operativas diseñadas para evitar causar interferencia perjudicial. Existe una compartición *de facto* en muchas bandas de ondas decamétricas atribuidas a diversos servicios de radiodifusión. Las técnicas para llevar a cabo esta compartición suelen conllevar una gestión de frecuencias en tiempo real que tiene en cuenta la propagación, la directividad de la antena, la potencia del transmisor y otros aspectos de tipo temporal y geográfico.

En los trabajos del UIT-R se reconoce que los siguientes factores son pertinentes para la compartición entre servicios:

- a) que varias bandas de frecuencias comprendidas entre 4 y 30 MHz están atribuidas sobre una base de compartición a distintos servicios radioeléctricos, incluidos los servicios móviles;
- b) que se utilizará más eficazmente el espectro utilizando sistemas adaptativos en frecuencia en las bandas de ondas hectométricas y decamétricas compartidas por los servicios fijo y móvil;
- c) que el empleo del espectro de frecuencias radioeléctricas debe tomar en cuenta las dimensiones de frecuencia, tiempo y espacio;
- d) que las técnicas dinámicas de gestión del espectro en tiempo real pueden facilitar la compartición entre servicios;
- e) que los servicios fijo y móvil están utilizando en la actualidad gran parte de las mismas bandas de frecuencias entre 4 y 30 MHz.

Estos factores fundamentales, especialmente la posibilidad de compartición de las ondas decamétricas en función de la dimensión geográfica, temporal y de frecuencias, rebaten los argumentos más pesimistas sobre la posibilidad de aumentar la compartición en las bandas de ondas decamétricas como medio de resolver el punto del orden del día.

Estas opiniones pesimistas contradicen los estudios llevados a cabo antes y después de la CAMR-92 y pueden ser resultado de la banalización de gran parte de las comunicaciones en ondas decamétricas y del olvido de la experiencia obtenida de técnicas operativas y condiciones anteriores. Es importante señalar que la utilización de las bandas de ondas decamétricas por el servicio fijo es mucho más homogénea que cuando se realizaron los estudios de la CAMR-92. Las bandas del servicio fijo soportaban una muy amplia gama de usos comerciales (por ejemplo, enlaces de telecomunicaciones públicas y privadas, servicios de teleimpresión de noticias y radioenlaces BLI de alta potencia para los transmisores de radiodifusión) además de usos estatales, que entonces comprendían una amplia red de enlaces inalámbricos diplomáticos con las embajadas, además de, como se sabe ahora, una gran cantidad de comunicaciones de defensa.

Consecuencias de los sistemas adaptativos

Uno de los cambios más importantes del entorno de compartición es el continuo desarrollo e implantación de técnicas de selección dinámica de frecuencias en los servicios fijo y móvil desde la CAMR-92. La compartición dinámica de frecuencias o la gestión de frecuencias en tiempo real es una herramienta útil para proveer circuitos de comunicaciones que no son posibles de otro modo debido a las limitaciones por interferencia.

Los cambios reglamentarios y los procedimientos de notificación modificados introducidos en la CMR-95 y la CMR-97 otorgan un reconocimiento total a los sistemas con agilidad de frecuencia, lo que facilita el empleo de sistemas de radiocomunicación inteligentes que pueden hacer más eficaz la utilización del espectro radioeléctrico. En paralelo, en 1997 se adoptó la Recomendación UIT-R SM.1266 sobre sistemas adaptativos en ondas hectométricas y decamétricas. Más recientemente, el GT 9C ha contribuido valiosamente a la introducción e implantación de sistemas adaptativos en frecuencia al preparar el Manual sobre Sistemas y redes de comunicaciones adaptables en frecuencia en las bandas de ondas hectométricas y decamétricas.

Los trabajos sobre sistemas adaptativos en frecuencia estuvieron motivados por la voluntad de superar las dificultades impuestas por una estructura de atribución de bandas fija bajo condiciones de propagación variables, a fin de lograr una utilización más eficaz del espectro disponible. Los sistemas ágiles en frecuencia prueban la calidad de un circuito específico en una serie de frecuencias de canal en tiempo real y sirven para determinar cuáles de las frecuencias disponibles se adaptan mejor a las condiciones de propagación presentes en el circuito.

Una de las ventajas previstas era que, pudiendo dar una solución rápida a las condiciones cambiantes de propagación, los sistemas adaptativos serían ideales para las transmisiones de datos en paquetes cortas por ráfagas. De este modo, los canales podrían liberarse para otros usuarios lo antes posible. Estos sistemas también servirían para solucionar uno de los principales problemas de aquel momento relativo al bloqueo de canales.

La ocupación de canales por señales en reposo durante largos periodos de tiempo se consideraba entonces como un grave impedimento para reducir la congestión del espectro, pues el servicio fijo solía reproducir cintas o claves continuas para reservar el acceso a los canales de frecuencias. Los informes de comprobación técnica realizados a mediados de los años 1990 demostraron que más de la mitad de las transmisiones identificables no contenían tráfico de datos.

Este problema se refleja en los *considerando* d) a f) de la Recomendación UIT-R SM.1266 sobre sistemas adaptativos en ondas hectométricas y decamétricas:

- «d) que en las bandas de ondas hectométricas/decamétricas el tráfico vocal se está sustituyendo progresivamente por el tráfico de datos, que suele necesitar un canal de calidad superior durante breves periodos de tiempo;
- e) que el empleo de sistemas adaptables, que liberan un canal de radiofrecuencia en ausencia de tráfico, mejorará la utilización eficaz del espectro al permitir la compartición de frecuencias;
- f) que la utilización de sistemas adaptables, que realizan comprobaciones técnicas de las condiciones de propagación en tiempo real y liberan el canal a otros usuarios en condiciones de propagación que varían en el tiempo, aumentará el uso eficaz del espectro;»

Aunque estudios técnicos más recientes del UIT-R sobre los sistemas adaptativos en frecuencia, y su posterior implantación, tienden a estar vinculados a la introducción de la modulación digital, como parte de la transición general de los sistemas analógicos a los digitales, los trabajos y estudios básicos sobre eficacia del espectro y compatibilidad de compartición ya estaban bien avanzados antes de la CAMR-92.

En diversos estudios técnicos anteriores a la CAMR-92 se reconoce que, aunque ya habían llegado al mercado algunos de estos sistemas, estas teorías podrían ayudar a resolver futuros problemas de congestión del espectro de ondas decamétricas.

En una de las contribuciones a los trabajos del Grupo Interino de Trabajo Mixto 10-3-6-8/1 se señalaba que las pruebas operacionales realizadas por esa administración demostraron que los servicios fijo, móvil y de radiodifusión pueden utilizar eficazmente las mismas bandas de frecuencias gracias a procedimientos de gestión y asignación de frecuencias en tiempo real. Se citaban diversos Informes del CCIR (911, 859 y 658), respaldados por la experiencia operativa real,

como aplicables a la atribución a la radiodifusión de determinadas bandas en una configuración que permitiría el acceso de los servicios fijo y móvil al mismo espectro de ondas decamétricas. Este acceso estaría basado en una compartición temporal y geográfica, además de las distintas características operativas de los tres servicios de radiocomunicaciones. La conclusión a que se llegó era que «...la experiencia indica que puede lograrse un cierto grado de compatibilidad en el mismo espectro de ondas decamétricas entre los servicios fijo, móvil y de radiodifusión, compatibilidad que podría alcanzarse fácilmente sin afectar negativamente al servicio de radiodifusión.»

Consideraciones sobre compartición de servicios y compatibilidad

Las conclusiones del Informe del Grupo Interino de Trabajo Mixto sobre la compatibilidad y compartición de servicios en ondas decamétricas da como posibles varios casos de compartición, incluida la compartición entre el servicio fijo y el de radiodifusión. Además, los siguientes análisis de casos de compartición se basan en la experiencia obtenida entre la CAMR-92 y la CMR-03.

Compatibilidad entre los servicios de aficionados, fijo, móvil y de radiodifusión

El servicio de aficionados tiene atribuciones en la banda 3 500-4 000 kHz, que varían dependiendo de las Regiones. En esta banda se realiza una compartición entre el servicio de aficionados, el servicio fijo y algunos servicios móviles, que, aun no siendo ideal, a lo largo de los años se ha considerado aceptable. También se realiza una compartición interregional motivada por las distintas atribuciones en las tres Regiones: el servicio de aficionados de las Regiones 2 y 3 comparte frecuencias con los servicios de radiodifusión, fijo y móvil de las Regiones 1 y 3. La interferencia entre estos servicios se reduce al mínimo gracias a las características de propagación de esta banda. Durante el día, la banda se encuentra por debajo de la frecuencia mínima utilizable (LUF) en muchos trayectos. La utilización diurna se limita a distancias más cortas, del orden de hasta 500 km. Sin embargo, por la noche, la propagación intracontinental es excelente, mientras que la propagación intercontinental se mantiene en unos buenos márgenes dependiendo de la estación del año, la latitud y otros factores. En lo que respecta al servicio de aficionados, la libertad de los operadores para seleccionar juiciosamente las frecuencias es otro medio de reducir al mínimo la interferencia con otros servicios.

La banda 10 100-10 150 kHz fue atribuida al servicio fijo con categoría primaria y al servicio de aficionados con categoría secundaria por la CAMR-79. La atribución secundaria permite un acceso limitado a la banda a las estaciones de aficionados, siempre y cuando se evite causar interferencia a las estaciones del servicio fijo. Este acceso ha permitido que el servicio de aficionados haya utilizado satisfactoriamente esta banda durante más de 20 años.

Compatibilidad entre los servicios fijo, móvil y de radiodifusión

La combinación de las Resoluciones 729 (CMR-97), 351 (CMR-03) y 544 (CMR-03), implícita en el punto 1.13 del orden del día, significa que las cuestiones de compatibilidad que ha de examinar la CMR-07 han de incluir la compatibilidad interservicios entre los servicios fijo, móvil y de radiodifusión, así como la compartición intraservicio en el servicio móvil marítimo y la utilización móvil en general.

Puede parecer que la posibilidad de compartición entre los servicios fijo, móvil y de radiodifusión esté limitada a causa de las distintas intensidades de campo y relaciones S/I necesarias para una adecuada recepción. En realidad hay muchos casos en que estos servicios tienen acceso a las mismas atribuciones de frecuencias y pueden funcionar haciendo un uso eficaz del espectro de ondas decamétricas.

La compartición geográfica y temporal son una manera de que los servicios fijo y de radiodifusión puedan coexistir en muchas partes del mundo. El trayecto de propagación y las características operativas son los principales factores que determinan la compartición y, si se tienen

adecuadamente en cuenta, pueden permitir la coexistencia. Esto es especialmente cierto cuando los transmisores del servicio fijo son ágiles en frecuencia.

En el Artículo 5 del RR se reflejan las atribuciones que permiten a los servicios fijo, móvil y de radiodifusión acceder a muchas de las mismas bandas de ondas decamétricas. Cabe indicar que el número 5.147 permite las comunicaciones del servicio fijo en cualquier país a condición de que no causen interferencia perjudicial al servicio de radiodifusión en las bandas 9 775-9 900 kHz, 11 650-11 700 kHz y 11 975-12 050 kHz, siempre y cuando la potencia radiada total no supere los 24 dBW.

Reutilización de las bandas de ondas decamétricas en trayectos de onda ionosférica NVIS

Otro caso bien definido de compartición utiliza las oportunidades de compartición temporales naturales entre transmisiones utilizando trayectos de onda ionosférica con incidencia oblicua y trayectos de onda ionosférica NVIS. El funcionamiento satisfactorio con NVIS suele estar limitado a no más del 80% de la frecuencia crítica² a fin de evitar los problemas causados por las variaciones ionosféricas cortas. Sin embargo, en el modo de reflexión de onda ionosférica oblicua, la frecuencia óptima oscila entre un 10% por encima de la frecuencia crítica, para una gama sostenible mínima de unos 200 km, hasta cerca de 3 veces la frecuencia crítica para los trayectos monosalto sostenibles más largos.

Dadas estas circunstancias, es posible establecer comunicaciones de corto alcance en frecuencias por debajo de la frecuencia crítica al mismo tiempo que comunicaciones a medio alcance por encima de la frecuencia crítica desde o hacia la misma ubicación/zona general. Un ejemplo de esta compartición puede encontrarse en las bandas 2 300-2 495 kHz (2 498 kHz en la Región 1), 3 200-3 400 kHz, 4 750-4 995 kHz y 5 005-5 060 kHz, regidas por el número 5.113, donde el servicio de radiodifusión tiene acceso compartido con el servicio fijo en la zona tropical y suele utilizar el modo NVIS para lograr una cobertura localizada de radiodifusión. Por extensión, se ha preparado un caso similar de compartición temporal/geográfica en el Informe de la RPC relativo al punto 1.13 del orden del día de la CMR-07 entre el servicio móvil marítimo y la NVIS utilizada por los servicios fijo y móvil en masas de tierra.

Se explota así la posibilidad de coexistencia entre los servicios fijo y móvil terrestre en masas de tierra (utilizando NVIS) y el servicio móvil marítimo en partes de las bandas 4, 6 y 8 MHz del Apéndice 17, regidas por la nota *p*). Con este modo de compartición se incrementaría la cantidad de espectro disponible para soportar comunicaciones en ondas decamétricas fijas y móviles de relativo corto alcance por trayectos terrestres relativamente cortos. Además, se conseguiría un mejor equilibrio global de la cantidad y la distribución de espectro de ondas decamétricas disponible para los servicios fijo y móvil. En Europa, más del 70% de las comunicaciones en ondas decamétricas de los servicios fijo y móvil se llevan a cabo por trayectos terrestres relativamente cortos, generalmente empleando una potencia radiada inferior o igual a 1 kW.

Con esta configuración la coexistencia es posible, pues las propiedades de la ionosfera permiten un funcionamiento compatible basado en la compartición temporal natural entre circuitos marítimos de largo alcance y circuitos fijos/móviles de corto alcance por trayectos terrestres empleando las técnicas de onda ionosférica NVIS. Las comunicaciones de corto alcance en frecuencias por debajo de la frecuencia crítica podrán funcionar al mismo tiempo que las comunicaciones de medio y largo alcance por encima de la frecuencia crítica desde y hacia la misma ubicación/zona general. En concreto, esta combinación de discriminación temporal y geográfica servirá para limitar cualquier repercusión negativa para el servicio móvil marítimo que puedan tener las comunicaciones NVIS

² Frecuencia más alta que se reflejará verticalmente de la ionosfera en el suelo en un momento y lugar concretos.

por tierra. Este efecto se ilustra en las Figs. 19 y 20, que muestran dos ejemplos de mapas ionosféricos mundiales en tiempo real.

FIGURA 19

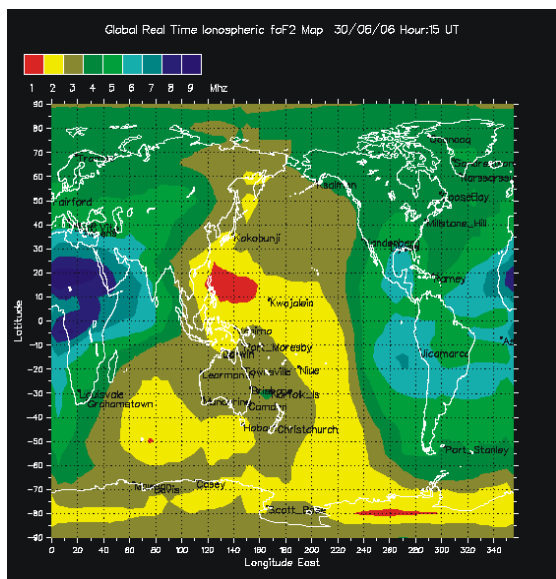
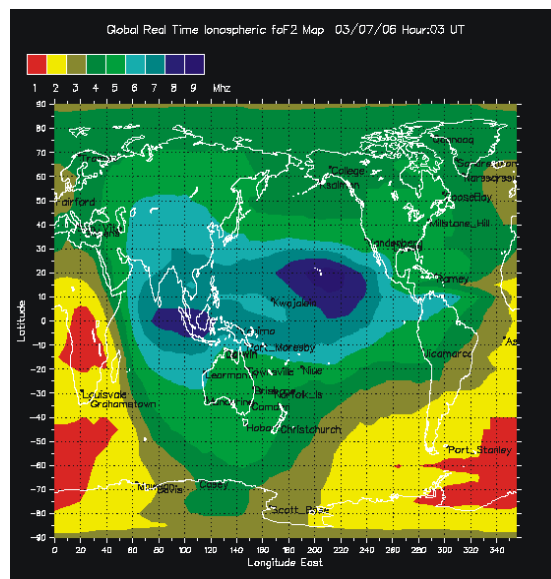


FIGURA 20



Rap 2080-19

Las transmisiones entre estaciones marítimas en ondas decamétricas en la costa, o en el interior, para comunicaciones con barcos en medio del océano emplearán una banda de frecuencias marítima que sea aproximadamente el doble de la frecuencia crítica de trayecto medio oblicua, por ejemplo, cerca de 6 MHz para el Océano Pacífico, o 12 MHz para el Océano Atlántico en la estación y hora indicadas del 30 de junio, 1500Z.

Al mismo tiempo, las comunicaciones NVIS dentro de las masas de tierra continentales estarán por debajo de la frecuencia crítica, por ejemplo, < 3 MHz para Australia, < 5 MHz para Europa, Asia y América del Norte, < 6 MHz para América del Sur y un máximo de 8 MHz para África ecuatorial.

Esta hora del día corresponde simultáneamente a la actividad ionosférica más alta diaria entre 0° y 20° de longitud y la actividad más baja antes del amanecer en medio del Océano Pacífico.

Ejemplo de compartición intraservicio para suprimir las limitaciones de utilización de los Apéndices 17 y 25 del RR

Los sistemas de intercambio de datos digitales del servicio móvil marítimo se están implantando en partes de las bandas del Apéndice 17 del RR, actualmente identificadas por la nota *p*). Algunos de los sistemas que ya se utilizan tienen la capacidad de seleccionar una frecuencia de un grupo de frecuencias. En el futuro, los sistemas marítimos de intercambio de datos permitirán que se implanten sistemas con capacidades de selección dinámica de frecuencias con control plenamente adaptativo. No obstante, la Resolución 729 (CMR-97) no permite la implantación de sistemas adaptativos en frecuencia en las bandas atribuidas exclusivamente a los servicios móvil marítimo o móvil aeronáutico (R).

Las transmisiones entre estaciones marítimas en ondas decamétricas en la costa, o en el interior, para comunicaciones con barcos en medio del océano emplearán una banda de frecuencias marítima que sea aproximadamente el doble de la frecuencia crítica de trayecto medio oblicua, por ejemplo, cerca de 12 ó 16 MHz para el Océano Pacífico, o cerca de 6 u 8 MHz para el Océano Atlántico en la estación y hora indicadas del 3 de julio, 0300Z.

Al mismo tiempo, las comunicaciones NVIS dentro de las masas de tierra continentales estarán por debajo de la frecuencia crítica, por ejemplo, < 5 MHz para Australia, Europa y América del Norte, < 6 MHz para Asia, 2-4 MHz para América del Sur y no más de 1-2 MHz para África.

Esta hora del día corresponde simultáneamente a la actividad ionosférica más alta diaria entre 180° y 200° de longitud y la actividad más baja antes del amanecer en medio del Océano Atlántico.

También hay margen para mejorar la utilización de las bandas del Apéndice 17 dejando que los sistemas de intercambio de datos utilicen el espectro contenido en esas subbandas, también sujetas al Plan del Apéndice 25 del RR para los canales de voz analógicos. Los resultados de la comprobación técnica de esas bandas demuestra que es posible reutilizar los canales de voz del Apéndice 25 para comunicaciones de datos. El Equipo de Proyecto FM22 de la CEPT ha llevado a cabo varias campañas de comprobación técnica relacionadas con este punto del orden del día. En la Fig. 21 se muestran los espectrogramas de la tercera campaña de comprobación técnica llevada a cabo en mayo de 2005, que incluye los siguientes segmentos de las bandas móviles marítimas de ondas decamétricas regidas por el Apéndice 25:

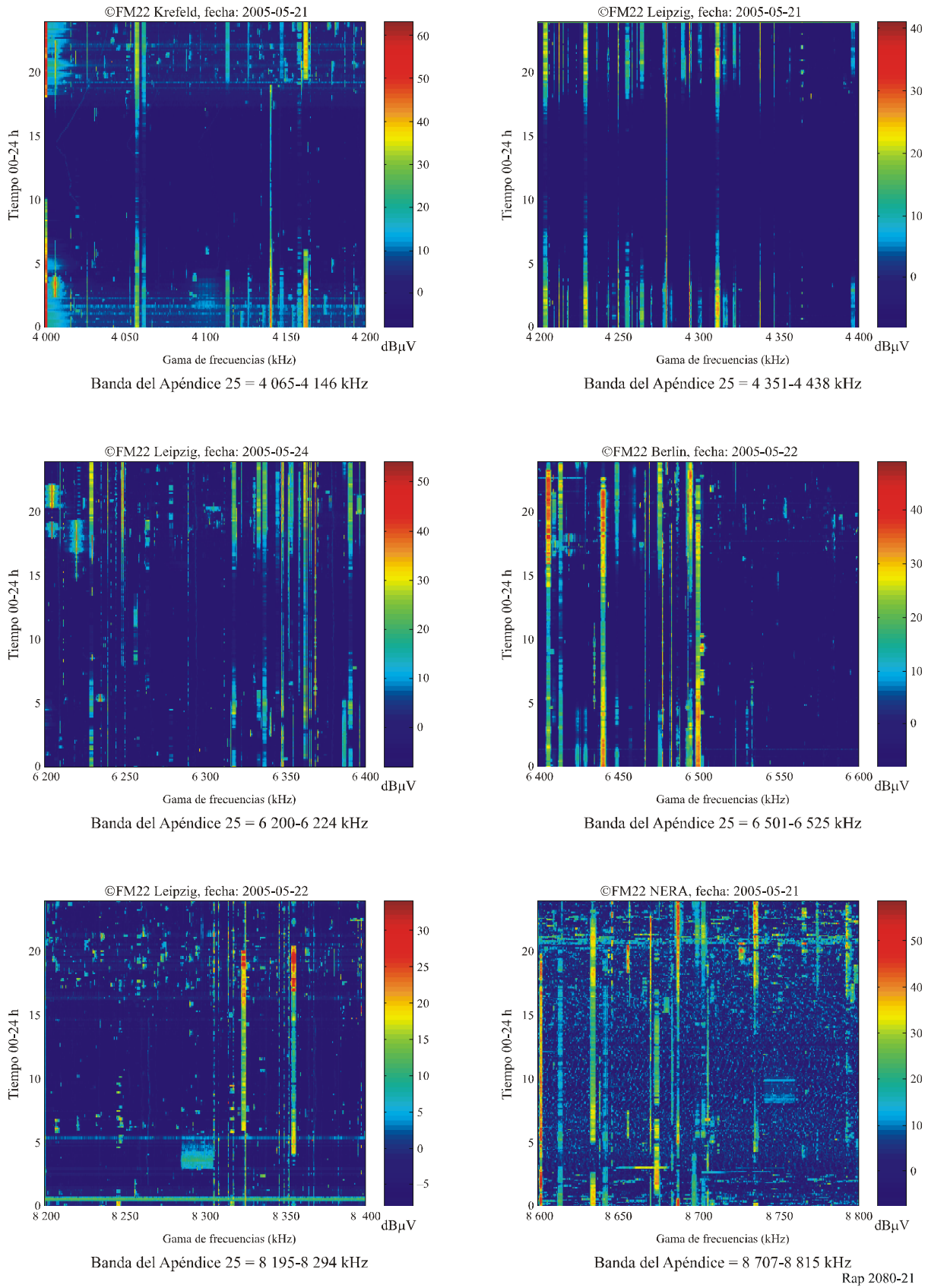
4 065-4 146 kHz;	4 351-4 438 kHz;
6 200-6 224 kHz;	6 501-6 525 kHz;
8 195-8 294 kHz;	8 707-8 815 kHz.

Estos resultados representativos muestran que hay menos actividad en los canales de voz del Apéndice 25 que en otras partes de las bandas móviles marítimas del Apéndice 17. En algunos casos, la ganancia de los equipos de grabación hubo de incrementarse hasta el punto de que el ruido activaba la máquina. También vale la pena indicar que algunas de las señales más fuertes registradas en estos espectrogramas (visibles como marcas anchas con una alta intensidad de campo) se deben a transmisiones de los servicios fijo y de radiodifusión. Se llega a la conclusión de que pueden acomodarse nuevos servicios de intercambio de datos más fácilmente en esas partes de las bandas del Apéndice 17 regidas por el Plan del Apéndice 25, que en las que no lo están.

A fin de permitir la utilización de sistemas de intercambio de datos adaptativos en frecuencia del servicio móvil marítimo en todas aquellas partes del Apéndice 17 que no estén reservadas para las comunicaciones de socorro y seguridad y las comunicaciones IDBE heredadas, incluida la radiodifusión MSI, será necesario eliminar las restricciones impuestas por la Resolución 729 (CMR-97). El *resuelve* 1.2 impide la utilización de sistemas adaptativos en frecuencia por el servicio móvil marítimo en las bandas atribuidas exclusivamente al servicio móvil marítimo. La misma restricción se aplica al servicio móvil aeronáutico (R) con respecto a las bandas del Apéndice 27 del RR.

FIGURA 21

Espectrogramas de las bandas marítimas 4, 6 y 8 MHz



Anexo 5

Consideraciones sobre compartición del espectro en relación con el punto 1.13 del orden del día de la CMR-07

Compartición del espectro

Si bien este texto se refiere principalmente a las bandas de ondas decamétricas por debajo de 10 MHz, los argumentos que se presentan son más generales y aplicables a todas las bandas de frecuencias.

Por desgracia, no hay suficiente espectro radioeléctrico disponible para que todos los usuarios puedan disfrutar de un canal libre propio. Las frecuencias, o «canales», han de utilizarse, o compartirse, una y otra vez para transportar todo el tráfico posible dentro de los límites del espectro disponible. Todos los servicios deben (o deberían) compartir el espectro dentro de sus atribuciones. Es lo que se ha hecho durante décadas. En los ejemplos 2 y 3 se refleja la manera en que el servicio de radiodifusión comparte los canales.

Hay dos³ métodos básicos de compartir un canal. El canal puede compartirse en el tiempo cuando un usuario tiene acceso a él en determinados momentos y a otros usuarios les corresponde en otros momentos. El canal también puede compartirse en el espacio. Si la separación geográfica entre los trayectos de transmisión empleados por los usuarios es suficiente, cualquiera de ellos, el deseado, puede normalmente ignorar a los demás si los niveles de las señales recibidas son lo bastante diferentes. Los criterios que rigen la coexistencia satisfactoria se recogen en los «criterios de protección», tema sobre el que se ha trabajado intensamente y del que se dispone de muchos datos y directrices.

Parece evidente que usuarios distintos pueden compartir un canal concreto en el tiempo siempre y cuando puedan coordinar los periodos en que cada uno de ellos quiere utilizar el canal. Aunque quizá no es tan evidente, está igualmente claro que es posible la coexistencia de sistemas adecuadamente diseñados con la protección necesaria, si están separados por la distancia pertinente. Por protección necesaria se entiende que la atenuación espacial es suficientemente amplia para no impedir la recepción de la señal deseada. No hay razones técnicas que justifiquen la no compartición de un canal; la cuestión está en cómo se puede hacer, más que en si se puede. Se trata de un problema de coordinación, gestión y administración.

Si las transmisiones del mismo «servicio» pueden compartir el espectro, está claro que no hay motivos técnicos para que las transmisiones de servicios distintos no puedan hacer lo mismo. Cuando servicios distintos emplean las mismas características de transmisión, o características comparables, los criterios de protección serán los que ya utilizan cada uno de ellos. El problema tiene fácil solución. Cuando hay importantes diferencias entre las características de transmisión de cada servicio, como puede haber, por ejemplo, entre las transmisiones de radiodifusión y de aficionados, es posible que haya que determinar unos criterios de protección adecuados. Lo más importante es que la clave de la compartición reside en la coordinación, la gestión y la voluntad de los servicios de administrar conjuntamente el espectro. A menos que haya características técnicas divergentes que no abarcan los criterios de protección existentes, los estudios de compartición se centrarán principalmente en tales consideraciones administrativas. Cuando existan dichas diferencias técnicas no previstas, será necesario que los estudios de compartición comprendan la formulación de los criterios de protección pertinentes.

³ Se puede utilizar un tercer método cuando esquemas de modulación muy diferentes con esquemas de protección y corrección de errores muy avanzados permiten que dos señales se «solapen», si una de ellas puede aislarse de los efectos de «tipo ruido» de la otra.

Existe un ejemplo de dos servicios radicalmente diferentes coexistiendo en la misma parte del espectro en la banda 7 100-7 200 MHz, donde el servicio de aficionados tiene acceso temprano al espectro ocupado por el servicio de radiodifusión. Las campañas de comprobación técnica llevadas a cabo por el GT FM PT22 muestran que tanto el servicio de radiodifusión como el de aficionados pueden utilizar realmente esta banda. Además, el servicio de radiodifusión está introduciendo las transmisiones digitales en las bandas de radiodifusión en ondas decamétricas. Las características técnicas de la radiodifusión digital son bastante distintas de las de la analógica «convencional». Así, se han ampliado los criterios de protección empleados para coordinar servicios con el servicio de radiodifusión a fin de incorporar las transmisiones digitales y sus características técnicas distintas.

Factores a favor de las bandas genéricas/compartición de bandas

El UIT-R cuenta con varios ejemplos de reutilización gestionada de una banda o de reutilización «por frecuencias». El primero de ellos es la aplicación del procedimiento de planificación del Artículo 12 para el servicio de radiodifusión. Las técnicas de gestión en que se basa el procedimiento del Artículo 12 permiten la compartición de las frecuencias de radiodifusión entre radiodifusores basada en el tiempo o la separación geográfica. Se logra así un alto grado de reutilización de frecuencias coordinada por los radiodifusores mismos. Este análisis concluye con ejemplos específicos de cómo se coordinan las transmisiones de radiodifusión para que el mismo canal pueda utilizarse muchas veces.

Otro ejemplo de reutilización de frecuencias puede encontrarse en el Plan de adjudicaciones del Apéndice 26 del RR para el servicio aeronáutico (OR), donde cada frecuencia está adjudicada a varias administraciones. Los estudios sobre los sistemas de intercambio de datos modernos para el servicio móvil marítimo llevados a cabo por la OMI y el GT 8B han revelado asimismo que una gran parte del tráfico marítimo que emplea estos sistemas se transporta por frecuencias fuera de las bandas marítimas de ondas decamétricas exclusivas, principalmente bandas del servicio fijo. La equivalencia reglamentaria entre una red del servicio fijo y una red móvil, donde los terminales subsidiarios funcionan bajo la protección otorgada a una estación base, hace que sea difícil distinguir muchas redes fijas de redes móviles desde el punto de vista operativo. Además, se han dado casos de compartición de frecuencias gestionada en el tiempo entre los nuevos enlaces de intercambio de datos marítimos y la radiodifusión.

La CAMR-92 determinó hasta qué punto el espectro de ondas decamétricas puede reutilizarse tanto dentro de un mismo servicio como entre servicios, gracias a la coexistencia en bandas comunes. Se consideró que una atribución de bandas más amplia daba una máxima flexibilidad a la utilización del espectro. Tras la CAMR-92, también se reconoció que tales mejoras dependerían de la implantación de técnicas de comunicación adaptativas con técnicas de selección dinámica de frecuencias que incorporan la evitación automática de conflictos entre canales (*resuelve* 2 y 3 de la Resolución 729 (CMR-97)) y la rápida liberación de canales tras su utilización para dar más oportunidades de encontrar un trayecto de propagación fiable a los diversos usuarios (Recomendación UIT-R SM.1266).

Hoy en día hay una creciente convergencia entre las características operativas de los sistemas de intercambio de datos modernos desarrollados para la utilización fija y móvil de las bandas de ondas decamétricas, lo que queda demostrado por el hecho de que la mayoría de estos nuevos sistemas emplean ahora la multiplexación por división de frecuencia ortogonal (MDFO) como norma común de transmisión. Hay incluso convergencia con la radiodifusión en ondas decamétricas, pues el sistema Digital Radio Mondiale (DRM), desarrollado para sustituir la modulación analógica en la radiodifusión sonora en ondas hectométricas y decamétricas, funciona con las características MDFO.

Una característica de los sistemas basados en la MDFO es que es posible ajustar las características de codificación de la transmisión para que se adapten lo mejor posible a los requisitos del servicio y

los factores de propagación radioeléctrica en el momento de la transmisión. La convergencia de las técnicas de modulación y control de las aplicaciones fijas y móviles modernas implica que, con cada vez más frecuencia, su funcionamiento tendrá unas características semejantes. Una vez que la planificación de circuitos, las funciones operativas y las características se parecen tanto que no se pueden distinguir, las aplicaciones coexistirán, pues sus criterios de compatibilidad serán prácticamente idénticos. Ya hay un alto grado de equivalencia reglamentaria entre las redes fijas y las móviles.

Se complementa así el *recomienda* 1 de la Recomendación 34 (CMR-95) de la CMR, según el cual las futuras conferencias mundiales de radiocomunicaciones deberían, siempre que sea posible, atribuir bandas de frecuencias a los servicios definidos en acepción amplia, con el fin de proporcionar a las administraciones la mayor flexibilidad para utilizar el espectro, teniendo en cuenta los factores de seguridad, técnicos, de explotación, económicos y otros pertinentes.

La CMR-03 volvió a reconocer los beneficios de pasar a una atribución generalizada de las bandas de ondas decamétricas para los servicios fijo y móvil, a excepción de las reservadas para las funciones de seguridad relacionadas con aeronaves y barcos. El 29 de marzo de 2009, entrará en vigor la primera modificación de atribuciones en este sentido, como consecuencia de las medidas adoptadas para satisfacer el punto 1.23 del orden del día de la CMR-03 relativo a la reorganización de las bandas alrededor de 7 MHz. A partir de esa fecha, las bandas 6 765-7 000 kHz, 7 400-7 450 kHz (Región 2) y 7 450-8 100 kHz quedarán disponibles para la utilización general de los servicios fijo y móvil, excepto el aeronáutico (R).

El principal beneficio de la compartición de espectro entre servicios es que quedan disponibles para ambos una mayor gama de frecuencias y, por tanto, un mayor número de canales, lo que deja más margen para encontrar el mejor canal en un momento determinado. La fiabilidad de cualquier red de comunicaciones en ondas decamétricas mejora cuanto más amplia sea la gama de frecuencias que queda disponible, habiendo así más oportunidades de poder seleccionar la frecuencia óptima para el fin definido y en función de las condiciones de propagación cambiantes, resultantes de los cambios naturales diurnos/nocturnos y estacionales de las propiedades de la ionosfera. Que haya un amplio conjunto de frecuencias disponible no mina la utilización eficaz del espectro. De hecho, la Recomendación UIT-R SM.1266 sobre sistemas adaptativos en ondas hectométricas y decamétricas se basa en el reconocimiento de que los sistemas de comunicaciones que vigilan las condiciones de propagación en tiempo real y liberan los canales para otros usuarios en función de las variaciones temporales de dichas condiciones aumentarán la eficacia del espectro. No obstante, hay que recordar que la congestión está principalmente causada por el volumen del tráfico y por la urgencia relativa de un mensaje en concreto.

Los sistemas adaptativos se mejoran constantemente para «automatizar» cada vez más el proceso de coordinación (en tiempo real) y reducir progresivamente la necesidad de intervención administrativa humana. Efectivamente, la Resolución 729 (WRC-97) resuelve:

- que los sistemas adaptativos en frecuencia limiten automáticamente la utilización simultánea de las frecuencias al mínimo necesario para las necesidades de comunicación; y
- que, para evitar la interferencia perjudicial, el sistema deberá evaluar la ocupación del canal antes del funcionamiento y durante el mismo.

La capacidad adaptativa puede incluir aquí la agilidad en frecuencia y la variación de las características técnicas y operativas de los transmisores, receptores, antenas etc., para optimizar la utilización de los recursos disponibles.

En la actualidad los servicios de radiodifusión tienen dificultades para utilizar masivamente las técnicas adaptativas, pues generalmente no se controla el receptor. No obstante los radiodifusores sí utilizan ampliamente antenas altamente direccionales y una gama diversa de posibles trayectos de

transmisión⁴ a fin de minimizar la interferencia causada a otras transmisiones o por ellas. Además, la llegada de la radiodifusión digital promete una capacidad adaptativa en el receptor mismo.

Puede haber casos en que muchos de los sistemas adaptativos en frecuencias actuales no ofrezcan una compartición de frecuencias dinámica verdaderamente autónoma. Desde el punto de vista estadístico, cuanto más ancha sea la banda, cubriendo varias bandas más estrechas exclusivas de servicios, más oportunidades tendrá cualquier usuario de los servicios involucrados de seleccionar una o más frecuencias para uso inmediato. Es aquí donde los protocolos de selección de frecuencias mal concebidos pueden presentar problemas a las bandas genéricas/compartición de frecuencias. Para evitar colisiones persistentes e irresolubles, el proceso de selección de frecuencias debe llevarse a cabo de manera aleatoria, hasta el punto de permitir que se hagan selecciones improbables desde una perspectiva de propagación. Esto se explica por que, en una lotería (el objetivo es seleccionar las frecuencias «ganadoras» con un gran número de intentos), una selección predeterminada dará peores resultados a largo plazo.

Para no llevar la analogía de la lotería demasiado lejos, la estrategia «ganadora» consistirá en seleccionar frecuencias que establezcan un enlace funcional sin colisionar con otro usuario. La situación es mucho más abierta que la de adivinar los números de la lotería. Los factores importantes son la capacidad de selección de frecuencias y la probabilidad de encontrar un canal adecuado. Es mucho más probable que una serie de enlaces adaptativos (con distintos requisitos operacionales) encuentren canales funcionales a partir de una selección de frecuencias de una banda genérica más ancha, que los encuentren distintos usuarios (de un mismo servicio) que intentan lograr objetivos similares en una banda más estrecha. Sin embargo, esta estrategia necesita que los usuarios no permanezcan en la frecuencia seleccionada más de lo necesario. En tal caso, se limitarán las opciones disponibles para otros usuarios, pues se perderán los beneficios de poder hacer y probar selecciones aleatorias.

El análisis estadístico de los resultados y estrategias de la lotería demuestra que una opción predeterminada no aleatoria difícilmente podrá tener éxito alguno, o conducirá a opciones también elegidas por otros participantes, teniendo, por tanto, que repartir cualquier beneficio, que en este caso se traduce en experimentar repetidas colisiones en las frecuencias «preferidas». Por consiguiente, si distintos grupos de usuarios intentan dar prioridad a determinadas frecuencias, es posible que no queden opciones adecuadas para establecer un nuevo enlace. Lo mismo ocurrirá si se concatena una serie de canales para formar un único canal de banda ancha, que es otra forma de permanecer en una selección prioritaria de frecuencias. Además, si dos o más usuarios intentan todo el tiempo emplear las mismas frecuencias de un grupo prioritario, y los sistemas no pueden ajustar sus selecciones en tiempo real, habrá conflictos constantemente. La reacción natural de los usuarios de permanecer en «sus» frecuencias, intentando protegerlas, no hará más que exacerbar la situación.

Los problemas que se suponen de adoptar el método de compartición de bandas para resolver el punto 1.13 del orden del día, en realidad son el resultado de focalizarse en estrategias de gestión del espectro ineficaces, lo que puede corregirse en bien de todos los usuarios.

La estrategia correcta es utilizar una técnica de selección pseudoaleatoria en tiempo real, que permita al transmisor y al receptor hacer varias selecciones y descartar las conflictivas. Además, una transmisión no debería permanecer en un canal más de lo necesario, pues así se limitan las opciones de otros usuarios. Esto confirma lo dispuesto en la Recomendación UIT-R SM.1266 sobre liberación de canales a otros usuarios de manera oportuna. Como ya se indicó en la 10ª Conferencia Internacional sobre Sistemas y Técnicas de Radiocomunicaciones Ionosféricas, celebrada en

⁴ La distribución de la programación de radiodifusión en ondas decamétricas desde su punto de origen (en estudio) hasta un transmisor específico se suele hacer por satélite. El programa puede extraerse del sistema de distribución por satélite en prácticamente cualquier punto.

Londres del 18 al 21 de julio de 2006, estos sistemas se encuentran en fase de pruebas. Las demás dimensiones de la capacidad adaptativa, como el control de potencia adaptativo, el equilibrado adaptativo de las antenas, además de la capacidad de ajustar las velocidades de datos y protocolos de modulación a los requisitos del tráfico y las condiciones de propagación, ofrecen más flexibilidad para utilizar el espectro de la manera más eficaz posible.

Aunque siga siendo técnicamente posible, la compartición no es aconsejable cuando afecta a la «seguridad de la vida humana». La naturaleza crítica de estas transmisiones y la imposibilidad de coordinarlas con otras transmisiones con antelación implica que determinados canales habrán de mantenerse libres en todo momento para el tráfico de emergencia.

Reutilización de frecuencias en el servicio de radiodifusión

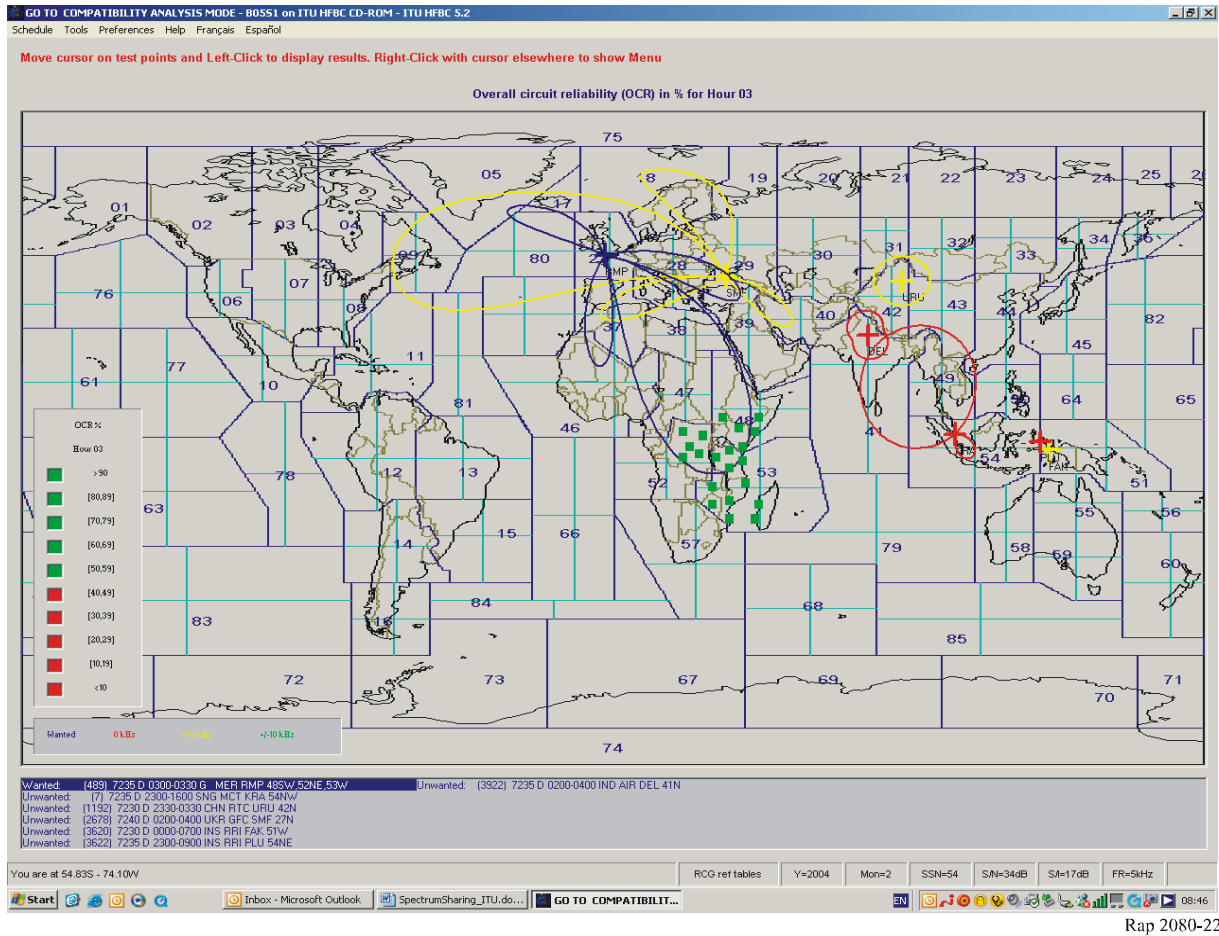
Ejemplo 1: radiodifusión analógica protegida de la radiodifusión analógica

En la Recomendación UIT-R BS.560 pueden encontrarse los criterios de protección de las transmisiones analógica a analógica del servicio de radiodifusión en ondas decamétricas. Se sugiere en esta Recomendación que la relación de protección RF cocanal para las transmisiones de radiodifusión en ondas decamétricas sea de 27 dB para lograr una calidad de recepción global de 4 puntos en una escala de 5. La experiencia de varias décadas demuestra que este valor de 27 dB puede reducirse para que más transmisiones puedan compartir el espectro disponible sin afectar seriamente a la capacidad de audición recibida. En la aplicación del Artículo 12 del RR se emplea una relación de protección cocanal de 17 dB. El usuario puede modificar este valor para comprobar la repercusión de otras transmisiones en la suya.

La radiodifusión es un servicio punto a zona, por lo que a menudo es difícil visualizar las consecuencias que tiene una transmisión en otra en toda la zona de servicio deseada. Afortunadamente, hoy en día existen muchas herramientas que ayudan a lograrlo. Como parte de la aplicación del Artículo 12, la Oficina de Radiocomunicaciones de la UIT ha elaborado una herramienta gráfica que permite visualizar un requisito deseado junto con todos los requisitos no deseados. El mapa de la Fig. 22 es un ejemplo de tal representación gráfica. En él se muestra una transmisión deseada desde Rampisham (Reino Unido) a África y otras transmisiones cocanal y de canal adyacente. Los puntos de prueba en la zona deseada tienen el color correspondiente al valor calculado de la fiabilidad de radiodifusión global, que incluye la posible interferencia de todas las demás transmisiones indicadas. En este caso, se ve que la OBR es superior al 50% en toda la zona de servicio deseada, lo que representa un nivel aceptable de recepción.

FIGURA 22

Ejemplo de representación gráfica del CD-ROM HFBC de la UIT



Rap 2080-22

Ejemplo 2: radiodifusión analógica protegida contra la radiodifusión digital

Con la introducción de la modulación digital en el servicio de radiodifusión en ondas decamétricas, apareció la necesidad de nuevos criterios de protección, que preparó el Grupo de Tareas Especiales 6/7 y se recogen en la Recomendación UIT-R BS.1615. No obstante, tras la aprobación de esta Recomendación, se vio que es posible que las relaciones de protección de la Recomendación UIT-R BS.1615 no sean aplicables a todos los casos de transmisiones analógicas protegidas contra las transmisiones digitales. Por consiguiente, la CMR-03 elaboró la Resolución 543, que da los valores provisionales de las relaciones de protección que han de aplicarse al servicio de radiodifusión en ondas decamétricas, además de los valores de corrección que han de aplicarse a los distintos parámetros de las transmisiones analógicas y digitales con respecto a los que se indican en la Recomendación UIT-R BS.1615. La CMR-10 tiene, en su orden del día provisional, el punto 2.6 relativo a la verificación de las relaciones de protección que han de utilizarse en el servicio de radiodifusión. La BR de la UIT ya ha incluido los criterios de protección pertinentes para la transmisiones digitales en la aplicación del Artículo 12.

Conclusión

Por tanto, la conclusión sigue siendo que la compartición de bandas o la coexistencia de aplicaciones fijas y móviles harán que se haga una utilización flexible y eficaz del espectro. No obstante, como siempre se ha previsto, esto no ocurrirá por casualidad y se necesitará una gestión eficaz del espectro mediante técnicas de selección dinámica de frecuencias en tiempo real y la rápida liberación de los canales tras su uso. Estas medidas proporcionarán más oportunidades a los usuarios de encontrar un trayecto de propagación fiable. La transición a esquemas de modulación

digital compatibles y protocolos de paquetes en los nuevos sistemas de intercambio de datos digitales contribuirá a que se utilicen de la mejor manera posible las bandas compartidas.

Anexo 6

Consideraciones relativas a la atribución de la misma banda con categoría primaria al servicio fijo o el servicio móvil y con categoría secundaria al servicio de aficionados

1 Introducción

En este anexo se abordan las consideraciones relativas a la atribución de la misma banda con categoría primaria al servicio fijo o el servicio móvil y con categoría secundaria al servicio de aficionados.

2 Antecedentes

No hay en el RR atribuciones mundiales al servicio de aficionados entre 3,8 MHz y 7 MHz. Dependiendo de la hora del día, la estación y otros factores de propagación, la MUF suele ser tal que el acceso al espectro en torno a 5 MHz es fundamental para que las estaciones de aficionados puedan realizar sus funciones de comunicación. De acuerdo con el número 4.4 del RR, a condición de que no se cause interferencia, algunas administraciones han dejado disponibles frecuencias (canales) fijas en la banda de 5 MHz para el tráfico de emergencia de radioaficionados y para la formación correspondiente.

Partes de la banda de 5 MHz se están también estudiando para el servicio de radiodifusión en virtud de la Resolución 544 (CMR-03) (5 060-5 250 kHz y 5 730-5 900 kHz). Además, la banda 5 900-5 950 kHz está atribuida a título primario al servicio fijo sólo hasta 2007, momento a partir del cual pasará a ser primaria la radiodifusión. A fin de mantener comunicaciones de largo alcance, es fundamental que los sistemas adaptativos fijos tengan acceso sin obstáculos al espectro de 5 MHz.

En la CMR-03, el servicio fijo también perdió 50 kHz de espectro en todo el mundo en la banda 7 350-7 400 kHz y otros 50 kHz en la banda 7 400-7 450 kHz, en las Regiones 1 y 3, a favor del servicio de radiodifusión para acomodar la armonización del servicio de aficionados en la banda 7 100-7 200 kHz (imposibilitando el establecimiento de enlaces de comunicaciones intercontinentales de largo alcance ionosféricos del servicio fijo en esa parte de la banda).

3 Consideraciones

3.1 Atribución secundaria al servicio de aficionados

La banda 10 100-10 150 kHz está atribuida al servicio fijo a título primario y al servicio de aficionados a título secundario, pero en algunos países, la banda está atribuida exclusivamente al servicio de aficionados.

En la mayoría de administraciones, los operadores del servicio de aficionados necesitan tener un certificado de operador, pero no dirigirse a su administración para obtener una frecuencia libre (sin interferencias) y una licencia para operar en una frecuencia concreta dentro de las bandas del

servicio de aficionados. Los operadores del servicio de aficionados escuchan y utilizan una frecuencia disponible, si no hay tráfico. En caso de que se causase interferencia, las administraciones tendrían muchas dificultades para aislar y eliminar rápidamente la interferencia.

Al diseñar un sistema fijo de ondas decamétricas, los diseñadores de red generalmente intentan evitar utilizar canales adyacentes. Si el operador del servicio de aficionados encuentra un canal libre, adyacente a un canal del servicio fijo o móvil existente, sus emisiones fuera de banda pueden causar interferencia perjudicial.

3.2 Señales débiles del servicio fijo

Un emplazamiento del servicio de aficionados, situado cerca de un emplazamiento del servicio fijo que recibe señales débiles, puede no detectar la señal débil del servicio fijo para las que están diseñadas las antenas de los sistemas fijos, creando así interferencia al servicio fijo.

3.3 Datos de alta velocidad que parecen ruido

Resulta difícil, al demodular el sonido, detectar las transmisiones de datos de alta velocidad, cosa que no pasa con las transmisiones de voz.

3.4 Onda ionosférica con incidencia casi vertical (NVIS) de baja potencia

Antes de la transmisión, es posible que los operadores del servicio de aficionados no detecten los sistemas fijos y móviles que utilizan baja potencia (entre 25 y 250 W) para los enlaces de onda de superficie o NVIS para enlaces cortos o a través de obstáculos grandes.

3.5 Transmisión punto a multipunto

El servicio fijo utiliza con frecuencia transmisiones de datos punto a multipunto sin retorno. Si un usuario del servicio de aficionados secundario no detecta que el canal está ocupado, puede comenzar una transmisión y causar interferencia perjudicial a los receptores del servicio fijo. No obstante, los operadores de aficionados responsables que emplean las ondas decamétricas a larga distancia raramente pueden oír los dos extremos de la comunicación, por lo que escuchan durante un periodo prolongado de tiempo antes de empezar a transmitir.

3.6 Sistemas adaptativos en frecuencia

Los sistemas adaptativos no suelen tener un operador que supervise los canales para identificar las fuentes de interferencia y no pueden diferenciar los usuarios primarios de los secundarios en una banda. Si un sistema adaptativo que aplica la Recomendación UIT-R F.1778 – Requisitos de acceso al canal para los sistemas adaptativos en ondas decamétricas del servicio fijo, selecciona una frecuencia ocupada por una transmisión del servicio de aficionados, el sistema adaptativo intentará cambiar la frecuencia del enlace establecido y sufrirá una pérdida de caudal, una reducción de la eficacia espectral y una reducción del grupo de frecuencias, por lo que se puede perder el enlace del servicio fijo.
