

INFORME UIT-R F.2047

Desarrollos tecnológicos y tendencias de las aplicaciones en el servicio fijo

(Cuestión UIT-R 221/9)

(2004)

1 Introducción

Este Informe ofrece orientaciones sobre el desarrollo futuro del servicio fijo que reflejan los desarrollos tecnológicos y las tendencias de las aplicaciones recientes para los sistemas inalámbricos fijos, incluyendo las aplicaciones de acceso inalámbrico fijo (FWA) y los estudios de compartición de frecuencias para mejorar la eficacia en la utilización del espectro.

2 Alcance

Este Informe aborda los temas siguientes relativos al desarrollo futuro del servicio fijo:

- panorámica de las tendencias tecnológicas en el servicio fijo;
- desarrollo del papel de los sistemas del servicio fijo en las redes de telecomunicaciones;
- tendencias en la utilización de las bandas del servicio fijo en algunos países;
- estudios sobre compartición de frecuencias con otros servicios;
- posibles aplicaciones futuras del servicio fijo.

El alcance de este Informe abarca los sistemas convencionales de radioenlaces, los sistemas FWA, los enlaces inalámbricos fijos para las comunicaciones de retroceso, los sistemas que utilizan estaciones en plataformas a gran altitud (HAPS) y los sistemas de acceso inalámbrico nómada (NWA) que funcionan en el servicio fijo, incluyendo el examen de la convergencia tecnológica con los sistemas inalámbricos terrenales.

3 Lista de siglas y abreviaturas

BWA	Acceso inalámbrico en banda ancha (<i>broadband wireless access</i>)
DDF	Dúplex por división de frecuencia
DDT	Dúplex por división en el tiempo
DSI	Investigación detallada del espectro
DVB	Radiodifusión de vídeo digital (<i>digital video broadcasting</i>)
FWA	Acceso inalámbrico fijo
GoS	Grado de servicio
HAPS	Estaciones en plataformas a gran altitud (<i>high altitude platform stations</i>)
HDFS	Aplicaciones de gran densidad del servicio fijo (<i>high density applications in the fixed service</i>)
ICM	Industriales, científicas y médicas

IMT-2000	Telecomunicaciones móviles internacionales-2000 (<i>International Mobile Telecommunications-2000</i>)
ISP	Proveedor de servicio Internet (<i>Internet service provider</i>)
LAN	Red de área local (<i>local area network</i>)
LMCS	Sistemas de comunicación local multipunto (<i>local multipoint communication systems</i>)
LMDS	Sistemas de distribución local multipunto (<i>local multipoint distribution systems</i>)
MAC	Control de acceso al medio
MDS	Sistema de distribución multipunto
MP-MP	Multipunto a multipunto
MWA	Acceso inalámbrico móvil (<i>mobile wireless access</i>)
MWS	Sistemas inalámbricos multimedio (<i>multimedia wireless systems</i>)
NWA	Acceso inalámbrico nómada (<i>nomadic wireless access</i>)
PDA	Asistente personal digital (<i>personal digital assistant</i>)
PHY	Capa física
P-MP	Punto a multipunto
P-P	Punto a punto
QoS	Calidad de servicio (<i>quality of service</i>)
RL	Radiolocalización
RLAN	Red de área local radioeléctrica (<i>radio local area network</i>)
RRS	Sistema de relevadores radioeléctricos (<i>radio relay system</i>)
SDH	Jerarquía digital síncrona
SDR	Equipo radioeléctrico definido por soporte lógico (<i>software defined radio</i>)
SEDS	Servicio de exploración de la Tierra por satélite
SES	Servicio entre satélites
SF-HD	Aplicaciones de gran densidad del servicio fijo
SFS	Servicio fijo por satélite
SONET	Red óptica síncrona (<i>synchronous optical network</i>)
SRS	Servicio de radiodifusión por satélite
STM-1	Módulo 1 de transporte síncrono (<i>synchronous transport module 1</i>)
WAN	Red de área extensa (<i>wide area network</i>)

4 Desarrollos en el servicio fijo

4.1 Panorámica de las tendencias tecnológicas en el servicio fijo

En términos de la evolución del servicio fijo, entre los temas que merecen una atención especial están los siguientes:

- convergencia de los servicios y las posibilidades tecnológicas, por ejemplo, el concepto de sistemas MWS;
- convergencia de las aplicaciones nómadas y fijas y móviles, incluyendo la mayor utilización de las bandas para aplicaciones ICM, comprendidas las aplicaciones no sujetas a licencia;
- aplicaciones de HDFS que se utilizan para el soporte de la infraestructura de la red y el acceso del usuario final. Conviene señalar que la CMR-2000 designó las bandas de frecuencias siguientes para los sistemas HDFS.
 - 32, 38, 42, 52, 56 y 65 GHz;
- tendencia hacia regímenes reglamentarios más flexibles y «ligeros»;
- avance bastante rápido en el diseño y el desarrollo de sistemas más versátiles, flexibles y autónomos en materia de frecuencia para lograr una buena eficacia espectral de un modo que también contribuya a adoptar prácticas y despliegues más rápidos y más económicos;
- demandas de usuario de una mayor QoS, especialmente de cara a los próximos 15 años aproximadamente del desarrollo a nivel mundial de la infraestructura que servirá como base al crecimiento explosivo de Internet;
- comprensión de las distintas situaciones de desarrollo de los países y posible crecimiento de las necesidades en cuanto a espectro del servicio fijo;
- posibilidades de revisar las aplicaciones en cualquier banda actual que se utilice para el servicio fijo;
- posibilidades para una mejora de la compartición con las aplicaciones tradicionales del servicio fijo y las exentas de licencia en el servicio fijo y el servicio móvil.

La convergencia en las comunicaciones digitales (datos, voz, sonido, imagen y vídeo) está dando lugar a tendencias tecnológicas en el servicio fijo que no sólo surgen rápidamente, sino que son también muy impredecibles, especialmente en horizontes mayores a cinco años.

El papel del servicio fijo está cambiando. Anteriormente, el servicio fijo daba servicio a una gran variedad de aplicaciones interurbanas y de transporte que iban desde las aplicaciones de capacidad muy reducida (inferior a la velocidad primaria) a las de gran capacidad en las que solía necesitarse una protección de diversidad 1:n en velocidades binarias del sistema superiores a las del orden de STM-1. Por ejemplo, los operadores de telecomunicación podían consumir una parte importante de una banda de frecuencias determinada en estas aplicaciones de capacidad muy elevada. En la red de acceso, el servicio fijo se utilizaba de forma dispersa como un añadido de las redes de cable. No obstante, durante los últimos años, estas aplicaciones de radioenlace de capacidad muy elevada se han sustituido en gran medida por los sistemas de transmisión de fibra óptica, y esta tendencia persistirá durante un futuro predecible.

Por otro lado, el servicio fijo ha venido estableciendo más recientemente una presencia más intensa en la red de acceso, en el espectro para aplicaciones con licencia y las exentas de ella. Ello es debido en parte a una presión creciente y muy competitiva del mercado y a la disminución del costo del equipo situado en los locales del cliente, que a su vez es el resultado de normas convenidas para los sistemas FWA en las capas MAC y PHY. En el futuro, se prevé que el servicio fijo adquiera un mayor papel en la red de acceso, complementándose con aplicaciones troncales de reducida, media

y gran capacidad y aplicaciones de transporte. Estas nuevas aplicaciones troncales no requerirán típicamente una protección de diversidad $1:n$ y complementarán los sistemas de transmisión por fibra óptica en las zonas del mundo inhóspitas, distantes y de terreno difícil.

La mayor flexibilidad del equipo que aportará el control mediante soporte lógico permitirá modificar los requisitos en cuanto a asimetría del tráfico (principalmente en la red de acceso) en el servicio fijo.

Además, en ciertos casos, la línea de separación entre los sistemas de los servicios fijo y móvil se está difuminando. A medida que las siguientes generaciones de sistemas fijos P-MP abordan los retos de las aplicaciones sin visibilidad directa, con gran calidad y en banda ancha, así como las nuevas arquitecturas en malla de la red de acceso, el servicio fijo puede desempeñar un papel importante en la implementación de los enlaces de retorno para las IMT-2000 y los sistemas posteriores. Este papel puede incluir no sólo la prestación del servicio, sino también las redes de apoyo a la infraestructura, que se consideran en el punto siguiente.

Para continuar aumentando la eficacia espectral y la flexibilidad del servicio, los sistemas FWA avanzados (incluyendo los HDFS/BWA) emplearán más probablemente una gama de técnicas que pueden incluir distintas tecnologías dúplex y combinaciones de ellas, y una atribución dinámica de la velocidad binaria, de la modulación y de la apertura del haz y del diagrama de la antena. Dichos sistemas contarán con la capacidad funcional de la distribución variable o flexible de canales; ello facilita la transmisión de servicios simétricos o asimétricos sobre la base de las necesidades, factor importante del crecimiento de los servicios inalámbricos.

En este sentido, es interesante considerar la tecnología de los SDR.

La tecnología SDR se caracteriza generalmente como una tecnología radioeléctrica en la que los parámetros operativos, en particular los parámetros relacionados con el espectro, pueden modificarse mediante el soporte lógico sin sustituir los componentes físicos. La definición de SDR y sus técnicas asociadas está siendo objeto de estudio actualmente en el UIT-R. Debe señalarse que el equipo radioeléctrico de hoy en día emplea módulos de memoria programables como elementos de microprograma o componentes de circuitos. En este sentido ya hay algunas formas de SDR en las redes actuales.

En algunos aspectos la tecnología SDR se ha venido aplicando desde el principio de los años noventa en algunas partes de los sistemas radioeléctricos y se prevé un mayor uso de dicha técnica en el futuro. La SDR puede ofrecer una solución eficaz al problema de la fabricación de dispositivos inalámbricos multimodo, multibanda y multifuncionales. Con la capacidad de programación, mediante el procesamiento de la señal digital en alta velocidad se realizan muchas de las funciones que anteriormente hacía el equipo y el sistema radioeléctrico puede ser capaz de transmitir y recibir en una amplia gama de frecuencias.

Una de las repercusiones de la técnica SDR en los equipos radioeléctricos para el servicio fijo es que los fabricantes pueden desarrollar una plataforma común de dispositivos en la que se implementan diversas funciones SDR, de forma que con un único equipo se puedan aplicar económicamente las especificaciones diferentes de múltiples operadores. Dicho aspecto puede también afectar a la autorización del equipo, a las normas de homologación o a la declaración de conformidad.

Tradicionalmente, los fabricantes se encargaban de la aprobación de sus equipos inalámbricos fijos para un conjunto específico de parámetros técnicos. Con la SDR puede ser necesario compartir esta responsabilidad con los operadores. De hecho, estos últimos deben estar al tanto de las posibles restricciones técnicas y de compartición en toda la gama de frecuencias operativas y esquemas de modulación. La SDR puede ofrecer una palanca para armonizar las normas de emisión a lo largo de las bandas de frecuencia, a nivel mundial o regional.

Por lo referente a las disposiciones de instalación del servicio fijo, en el futuro habrá cascadas de conexión (en anillo) así como convencionales (en cadena o de tipo radioenlace) para los esquemas P-P, y los esquemas multipunto incluirán estructuras MP-MP (mallas), así como configuraciones P-MP y diversas disposiciones híbridas del servicio fijo. La concentración en el aire es un aspecto distintivo importante en la utilización de un sistema multipunto, si se compara con los sistemas P-P convencionales. Ya se han desplegado algunos sistemas multipunto, en apoyo de la infraestructura. Se necesitarán muchos más despliegues del servicio fijo como apoyo a la infraestructura de red en los mercados celulares móviles/nómadas de rápido crecimiento, es decir, en aquellos a los que no se accede con las aplicaciones de infraestructura convencional.

Debe señalarse que incluso los sistemas P-P utilizados en tipos bastante convencionales de arquitectura de despliegue aprovecharán estos avances del diseño del sistema y de la utilización del espectro, incluyendo el empleo de disposiciones de frecuencias por bloques, más que la distribución convencional de canales, y ello estará influido por la evolución del diseño de los sistemas multipunto que son en gran medida sistemas de acceso.

4.2 Desarrollo del papel de los sistemas del servicio fijo en las redes de telecomunicación

Los sistemas del servicio fijo han desempeñado y continúan desempeñando un papel propio en los enlaces de largo alcance o entre centrales de las redes de infraestructura de telecomunicación. No obstante, el aumento de la demanda de sistemas de acceso inalámbrico y el desarrollo de sistemas de fibra óptica han introducido cambios en el desarrollo de los sistemas del servicio fijo. En el UIT-R se está manifestando un interés creciente por los sistemas utilizados en el tramo de acceso de las redes de telecomunicación.

El trabajo reciente del UIT-R que refleja dichos desarrollos puede resumirse de la siguiente manera:

- en la terminología de la Recomendación UIT-R F.592 se ha definido una nueva expresión «sistema inalámbrico fijo» en lugar de la convencional de «sistema de relevador radioeléctrico»;
- se han adoptado múltiples Recomendaciones nuevas o revisadas sobre disposiciones de canales de RF en las bandas de frecuencias identificadas para el HDFS o en otras bandas utilizadas para sistemas FWA (véanse las Recomendaciones UIT-R F.1098, UIT-R F.1496, UIT-R F.1497, UIT-R F.1488, UIT-R F.748, UIT-R F.749, UIT-R 1520, UIT-R F.1567 y UIT-R F.1568);
- se emprenden continuamente estudios sobre nuevas tecnologías de distribución, tales como las de HAPS que puedan también utilizarse para las redes de acceso (véanse las Recomendaciones UIT-R F.1500, UIT-R F.1501, UIT-R F.1569, UIT-R F.1607, UIT-R F.1608 y UIT-R F.1609);
- se han efectuado estudios sobre compartición de frecuencias entre sistemas del servicio fijo y de otros servicios (véanse las Recomendaciones UIT-R F.1489, UIT-R F.1509, UIT-R F.1570, UIT-R F.1612 y UIT-R F.1670).

4.2.1 Redes de transporte o troncales

Las redes tradicionales de transporte o troncales funcionan en las bandas de frecuencia de la gama por debajo de 15 GHz. Con el aumento de la demanda de tráfico, muchos proveedores de servicio están actualmente desplegando redes de fibra óptica en lugar de montar nuevas redes de radioenlaces de muy gran capacidad (por ejemplo, superiores a las SDH STM-1) o aumentando las actuales redes de radioenlaces de muy gran capacidad. En algunas administraciones, se espera que las bandas de frecuencia utilizadas para aplicaciones de transporte de muy alta capacidad se

empleen menos en el futuro para este tipo de aplicaciones. En la mayoría de las administraciones, es probable que las actuales redes troncales continúen utilizándose, pero no se prevé que aumenten significativamente, aunque cabe prever un incremento de la demanda del tráfico debido al acceso a Internet, especialmente en las zonas rurales.

En muchos casos, continuarán necesitándose las actuales bandas para las redes de radioenlaces P-P de capacidad reducida, media y elevada con el fin de atender a un número creciente de redes de telecomunicación públicas y privadas en competencia. Los enlaces P-P de corto alcance y capacidad reducida y media desempeñan un papel importante como enlaces para un número creciente de organizaciones y empresas explotadoras de redes que no forman parte de la infraestructura de la red pública. Además, se prevé una utilización creciente de sistemas de capacidad reducida, media o elevada para aplicaciones de corto alcance (unos pocos saltos o un solo salto), así como para las redes móviles y FWA de reserva.

Una nueva aplicación emergente es la de red de fibra óptica de reserva que exigirá sistemas inalámbricos fijos de capacidad muy elevada. Cualquiera que sea la aplicación, la utilización eficaz del espectro exigirá la preparación de planes de disposición de canales de RF nuevos y flexibles. No obstante, en la preparación de dichos planes, habrá que tener en cuenta la coexistencia permanente con otros servicios primarios en estas bandas.

4.2.2 Utilización del servicio fijo en las redes de infraestructura IMT-2000

Después de que la CMR-2000 identificase bandas adicionales del servicio móvil para las IMT-2000 se inició el despliegue a nivel mundial de dichas IMT-2000, lo que está imponiendo demandas al espectro del servicio fijo para infraestructura de red. Parte de la infraestructura de red se concretará con sistemas de fibra óptica y ha de evaluarse minuciosamente esta tendencia a la hora de instalar los futuros sistemas inalámbricos fijos en esta aplicación.

Un estudio ha mostrado que hacia el año 2010, la capacidad de transmisión requerida para los enlaces de acceso a las estaciones de base individuales (excepto en los entornos interiores a edificios) se multiplicará mucho más en comparación con los sistemas previos a los IMT-2000. Además, conforme a los estudios recientes del UIT-R, el objetivo de una posible nueva interfaz radioeléctrica es llegar hasta 50-100 Mbit/s en el entorno móvil para el sentido descendente hacia el año 2010 ó 2015 (véase la Recomendación UIT-R M.1645). Dicha tendencia puede conducir a nuevas demandas de espectro del servicio fijo para la interconexión de las distintas capas de las redes IMT-2000.

En muchas administraciones, las facilidades de microondas de capacidad reducida y media dan soporte a aplicaciones de red de retorno en sistemas celulares previos a los IMT-2000. El despliegue de las redes 3G ya se ha iniciado y se prevé la utilización de bandas de frecuencia comprendidas entre 4 y 57 GHz. Además, los operadores del servicio móvil están considerando la utilización de sistemas P-MP para redes de retorno. En el futuro, es probable que se produzca una demanda sustancial de nuevas infraestructuras inalámbricas fijas en apoyo del despliegue rápido de nuevas estaciones de base móviles.

4.2.3 Consideración de las bandas de frecuencia utilizadas para los sistemas FWA

Los sistemas y las tecnologías FWA incluyen:

- las comunicaciones P-P, P-MP y MP-MP;
- los modos DDF y DDT;
- las aplicaciones que utilizan una gran anchura de banda de RF:
 - con funcionamiento en bandas por encima de 20 GHz;

- con anchura de banda de 50 a 100 MHz para la portadora de RF o el bloque de RF y de varios cientos de MHz por sistema.

Ejemplo: sistema LMCS/LMDS u otros sistemas que ofrecen acceso BWA en zonas urbanas y que funcionan alrededor de 22-28 GHz, 38 GHz y 42 GHz;

- las aplicaciones que utilizan anchura de banda de RF media;
 - con funcionamiento en bandas comprendidas entre 1 GHz y 20 GHz;
 - con anchura de banda de 6 a 50 MHz por portadora de RF o bloque de RF y varias decenas o centenas de MHz por sistema.

Ejemplo: sistema de comunicación multipunto u otros sistemas que ofrecen el acceso inalámbrico del último kilómetro en zonas urbanas o rurales y con funcionamiento entre 2 y 11 GHz;

- las aplicaciones que utilizan pequeñas anchuras de banda de RF en bandas de frecuencias actualmente atribuidas al servicio fijo:
 - con funcionamiento en bandas por debajo de 1 GHz¹;
 - con anchura de banda hasta de 8 MHz por portadora de RF o bloque de RF, y algunas decenas de MHz por sistema.

Ejemplo: sistemas de acceso inalámbrico P-MP y en malla que ofrecen conectividad Internet en banda ancha en zonas rurales y distantes (en donde el espectro por debajo de 1 GHz se utiliza menos).

La Recomendación UIT-R F.1401 considera las posibles bandas de frecuencia para los sistemas FWA y los actuales estudios de compartición o los resultados de dichos estudios. Estas gamas de frecuencia son:

- 450 MHz, 800-900 MHz, 1,8/1,9 GHz, 3,5 GHz, 24/29 GHz, 32 GHz, 38 GHz y 40 GHz.

La anchura de banda total de las bandas de frecuencia para los sistemas FWA a la que se hace referencia en muchas Recomendaciones de la Serie F puede resumirse de la siguiente manera:

- 623,5 MHz para la gama de frecuencias comprendida entre 400 MHz y 3 GHz, (24,0%)
- 700 MHz para la gama de frecuencias comprendida entre 3 y 11 GHz, (8,7%)
- 5 250 MHz para la gama de frecuencias comprendida entre 11-30 GHz, (27,6%)
- 10,82 GHz para la gama de frecuencias comprendida entre 30-70 GHz (27,0%).

Debe señalarse que las administraciones no disponen siempre de las anchuras de banda mencionadas y se espera que el interés por los sistemas FWA continúe en todo el mundo. Por tanto, debe prestarse atención a los temas siguientes:

- consideración del espectro posible en las bandas actualmente atribuidas al servicio fijo por debajo de 1 GHz en apoyo de los sistemas FWA en las zonas rurales o distantes;
- examen de las aplicaciones que funcionan en las bandas del FS (por ejemplo, los sistemas de radioenlaces punto a punto/FWA) entre 3 GHz y 11 GHz;
- consideración técnica de la utilización del SF (incluyendo los sistemas FWA) en la gama comprendida entre 57 GHz y 100 GHz;
- utilización de transmisiones en el espacio libre para aplicaciones del servicio fijo.

¹ Algunas administraciones utilizan bandas de frecuencia por debajo de 1,6 GHz para la conectividad en banda ancha en las zonas rurales.

4.2.4 Evolución de las aplicaciones

Una serie de nuevas aplicaciones, tales como las de HDFS, los sistemas NWA y las redes RLAN crecerán en los próximos años y se necesitará más espectro para ellas.

Tal como se ha mencionado, con la convergencia de las aplicaciones fijas y móviles, resulta difícil establecer la diferencia entre los dos tipos de servicio. Las aplicaciones nómadas pueden funcionar en las bandas del servicio fijo y del servicio móvil. De hecho, la mayoría de las bandas atribuidas al servicio fijo se atribuyen también al servicio móvil. Como consecuencia de ello, se alivian a las administraciones las restricciones de implementación, pues pueden adoptarse medidas a nivel nacional, bilateral o multilateral.

En algunos casos, según exija la situación, un único terminal puede ser capaz de autoconfigurarse para funcionar como estación fija o como estación móvil, y las redes serán capaces de reconocer y encajar dicha adaptación del terminal. Por ejemplo, el equipo diseñado para el servicio fijo puede utilizarse técnicamente para atender a los requisitos de BWA del servicio móvil.

Otro aspecto que repercute en el tipo de comunicaciones del futuro es la convergencia de las aplicaciones vocales y de datos. Por ejemplo, están empezando a aparecer en el mercado productos tales como las PDA inalámbricas que incluyen no sólo comunicaciones de datos (por ejemplo, correo electrónico, navegación en la Red) sino también vocales. Con una evolución hacia los despliegues de redes inalámbricas basadas en paquetes y en IP que pueden incluir telefonía IP, aparecerán en el mercado más de estos tipos de productos.

4.2.5 Resumen del papel futuro del servicio fijo y nuevas aplicaciones

- El servicio fijo está estableciendo una presencia nueva y mayor en la red de acceso. A medida que el costo del equipo de abonado continúa disminuyendo mediante la labor de normalización en las capas MAC y PHY, aumentará la necesidad de más espectro para aplicaciones FWA y BWA. Ello ofrece oportunidades para la armonización del espectro a nivel mundial.
- Puede considerarse la utilización de algunas de las bandas tradicionales de los radioenlaces en la gama por debajo de 15 GHz para las aplicaciones FWA/BWA, teniendo en cuenta que algunas de estas bandas que pueden ser compatibles con otros servicios primarios, serán los candidatos probables.
- Muchas bandas atribuidas al servicio fijo utilizadas en las aplicaciones P-P serán necesarias en el futuro para satisfacer las necesidades de red de retorno de las redes IMT-2000 (y posteriores), de las redes FWA/BWA y de las aplicaciones troncales de corto alcance y capacidad media y elevada de las redes públicas y privadas.
- Uno de los aspectos a considerar será el desarrollo de posibles tecnologías para la implantación de sistemas FWA/BWA que funcionen por debajo de 1 GHz en las bandas actualmente atribuidas al servicio fijo para los servicios de telecomunicación de banda ancha en las zonas de servicio de costo elevado, típicamente, las zonas distantes o rurales del mundo.

4.3 Sistemas fijos que utilizan HAPS

En conferencias anteriores se identificaron las bandas de frecuencias siguientes atribuidas al servicio fijo para los sistemas que utilizan estaciones HAPS, teniendo en cuenta las disposiciones de las Resoluciones pertinentes del Reglamento de Radiocomunicaciones (RR):

- 47,2-47,5 GHz y 47,9-48,2 GHz (a reserva de la Resolución 122 (Rev.CMR-03));

- 27,5-28,35 GHz y 31,0-31,3 GHz (para algunas administraciones y a reserva de la Resolución 145 (CMR-03) y a un funcionamiento que no cause interferencia perjudicial y sin protección).

El UIT-R ha efectuado estudios sobre los aspectos técnicos y operativos de los sistemas HAPS, así como sobre la compartición y la compatibilidad entre los HAPS y otros sistemas, incluidos los sistemas del servicio fijo convencionales. Estos estudios se han traducido en algunas Recomendaciones de la Serie F (por ejemplo, UIT-R F.1500, UIT-R F.1501, UIT-R F.1569 y UIT-R F.1570). Además, la CMR-03 solicitó al UIT-R que realice estudios sobre los temas pendientes identificados en las Resoluciones mencionadas para la CMR-07.

4.4 Tendencias en la utilización de las bandas del servicio fijo en algunos países

4.4.1 Influencia de los métodos de concesión de licencias en el diseño de los equipos del servicio fijo²

La concesión de licencias es una garantía del acceso al espectro de frecuencias radioeléctricas definido en términos de banda de frecuencias y zona geográfica. Se proporciona a los beneficiarios de la licencia un conjunto de condiciones técnicas de acceso al espectro, incluida la máxima potencia del transmisor, los requisitos de coordinación entre operadores y, cuando procede, la compartición entre servicios (por ejemplo, las máscaras de emisión).

Por otro lado, la concesión de licencias de equipos ha constituido el medio que empleaban múltiples administraciones. Se especifica el tipo de servicio que puede prestarse con arreglo a la licencia, así como las condiciones que incluyen los emplazamientos del transmisor, la potencia, etc. La concesión de licencias de equipo continuará en el futuro, ya que no todas las bandas o las aplicaciones son adecuadas para la licencia de espectro. No obstante, es necesario reexaminar las reglas de concesión de licencias de equipo para dar cabida a nuevas interfaces, por ejemplo, las de tipo Ethernet, que probablemente requieran anchuras de banda distintas, y examinar tecnologías nuevas o en desarrollo, tales como las SDR o las DDT punto a punto. En el caso de la SDR, la responsabilidad del cumplimiento de requisitos técnicos de coexistencia puede tener que compartirse entre el proveedor del servicio y el fabricante.

En algunos países, la aceptación creciente de las bandas de utilización común no sujetas a licencia ha dado lugar a un conjunto de nuevos productos y aplicaciones para el consumidor. Con los nuevos avances en la tecnología radioeléctrica, ha surgido un interés comercial creciente por el desarrollo de productos que utilizan espectro no sujeto a licencia.

Este tipo de espectro se utiliza para una serie de aplicaciones de comunicación, incluyendo las transmisiones de datos de corto alcance y las conexiones inalámbricas LAN/WAN. Además, muchos proveedores de servicio, incluyendo los ISP han empezado a utilizar bandas en torno a 2,4 GHz y en la gama de 5 GHz para las comunicaciones terrenales de gran velocidad, del servicio fijo inalámbrico Internet a las comunidades suburbanas, rurales y distantes. En algunos países, las bandas exentas de licencia, especialmente en la gama de 5 GHz, se utilizan también para las comunicaciones entre estaciones de base (comunicaciones de retorno). Los proveedores del servicio de telecomunicación más pequeños y los usuarios privados han optado por la utilización de bandas no sujetas a licencia, debido a diversas razones: económicas, técnicas y logísticas. Las frecuencias superiores de las bandas de uso común, tales como las de 24 GHz y las de 57/59 GHz se utilizan también en varias administraciones.

² La concesión de licencias (o exención de la obtención de licencias) para el acceso al espectro es un tema reglamentario de índole nacional.

Además, en estos países, hay una demanda creciente de comunicaciones inalámbricas en banda ancha con velocidades de datos superiores. A fin de abordar estos temas, se está considerando lo siguiente:

- disposición de espectro adicional armónico sin licencia, a título exclusivo o compartido, empleando equipos del servicio fijo con licencia y otros servicios radioeléctricos; y
- utilización de técnicas que contribuyan a reducir la interferencia.

4.4.2 Examen de las aplicaciones

Dada la congestión en muchos tramos del espectro de frecuencias radioeléctricas, algunas administraciones están examinando la necesidad de optimizar la utilización de dicho espectro, dando cabida a aplicaciones basadas en las nuevas tecnologías que se están desarrollando o implementando.

El examen de las aplicaciones de la banda de frecuencias que se ha iniciado en algunos países, es un método para tratar la demanda creciente de espectro. Con este método, el organismo regulador nacional puede recuperar bandas de frecuencia particulares de sus utilidades actuales y reasignarlos a posibles nuevas arquitecturas o tecnologías del servicio fijo. Se está examinando la posibilidad de reutilizar algunas bandas de los radioenlaces en la gama de 2-15 GHz a fin de satisfacer las demandas previstas de espectro para atender al crecimiento del acceso a la red en banda ancha y banda estrecha.

NOTA 1 – A modo de ejemplo, una administración ha informado de que la utilización en su red de las bandas de frecuencia de 4 y 5 GHz por los sistemas de radioenlaces terminará en 2012 a fin de utilizar estas bandas para los sistemas de acceso inalámbrico de las redes de acceso, incluyendo los sistemas posteriores a las IMT-2000.

4.4.3 Utilización de frecuencias para lograr interfaces de RF normalizadas

La necesidad de nuevas interfaces o anchuras de banda constituye una oportunidad para la armonización a nivel mundial. Por ejemplo, las interfaces Ethernet y las velocidades binarias SDH/SONET son las mismas en todo el mundo.

La armonización a nivel mundial es muy deseable para facilitar la evolución de los sistemas de radiocomunicación del servicio fijo. De hecho, la tendencia internacional hacia un nivel suficiente de armonización contribuirá a garantizar la disponibilidad de equipo a coste reducido.

La CMR-97 y la CMR-2000 reconocieron este punto y se identificaron casi 12 GHz de espectro en las bandas por encima de 30 GHz para el HDFS en el RR. Pueden obtenerse ventajas en cuanto al coste mediante economías de escala, concentrando los sistemas HDFS en bandas escogidas. Por encima de 30 GHz hay diversos tramos de espectro identificados para los sistemas HDFS que pueden ser suficientes para atender a los requisitos actuales de sistemas de FWA por encima de 30 GHz. Por debajo de 30 GHz, es necesario realizar nuevos estudios, especialmente en las gamas de 2-15 GHz y por debajo de 1 GHz, al igual que el del HDFS en las bandas por encima de 30 GHz. Además, la compartición con otros servicios en estas bandas inferiores (por ejemplo, el SFS, el SMS y el SRS) exigirá una evaluación detallada antes de efectuar las designaciones para los sistemas de FWA.

4.5 Estudio de compartición de frecuencias con otros servicios

El servicio fijo suele compartir bandas de frecuencias con otros servicios, por ejemplo, el SFS. Con objeto de realizar posibles estudios sobre nuevas bandas de frecuencia para los sistemas del servicio fijo (incluyendo los FWA), si así lo solicita la CMR, es cada vez más importante considerar la compartición entre el servicio fijo y otros servicios.

Anteriormente, se han realizado numerosos estudios sobre la compartición de frecuencias entre el servicio fijo y otros servicios, en particular, el SFS. Los estudios efectuados recientemente sobre criterios de compartición entre los sistemas del servicio fijo de la red de acceso y otros servicios radioeléctricos ya han concluido y los resultados se resumen en el Cuadro 1.

CUADRO 1

**Resumen de los resultados de los estudios de compartición
entre el servicio fijo (incluyendo el FWA) y otros servicios**

Otros servicios que comparten la misma banda que el servicio fijo	Banda de frecuencias ⁽¹⁾	Recomendación UIT-R
SFS	3,4-3,8 GHz	SF.1486
	37,5-42,5 GHz	SF.1484, SF.1573
Servicio móvil	800/900 MHz	F.1402
	1,8/1,9 GHz	F.1402, F.1518
SRS	1,4/1,5 GHz	F.1338
RL	3,4-3,7 GHz	F.1489
SES	24-27 GHz	F.1249, F.1509
RN	31,8-33,4 GHz	F. 1571
Servicio de exploración de la Tierra por satélite	5,25-5,35 GHz	F.1613
Servicio de radiodifusión	174-230, 470-862 MHz	F.1670

⁽¹⁾ La utilización de las bandas de frecuencias puede ser distinta en las diferentes Regiones.

Las metodologías que se desarrollan en dichas Recomendaciones pueden ofrecer una referencia útil aplicable a los estudios futuros de compartición en otras bandas de frecuencia.

4.6 Posibles aplicaciones futuras en el servicio fijo

4.6.1 Utilización de bandas de frecuencias superiores

Además de las diversas aplicaciones examinadas en los § 4.2 y 4.3, será posible desplegar medios inalámbricos en las redes privadas de comunicación de zona, es decir, las diversas escalas de las RLAN, incluyendo los entornos interiores a edificios. Entre dichas aplicaciones están:

- los enlaces que conectan las RLAN en los distintos edificios;
- los enlaces que conectan las estaciones de base RLAN (puntos de acceso) a la red medular local.

Se pueden también utilizar bandas de frecuencia por encima de 70 GHz para estas aplicaciones, así como para otras. En el UIT-R se están realizando estudios sobre las características de los sistemas del servicio fijo que funcionan en bandas por encima de 57 GHz.

Además, también se están llevando a cabo estudios sobre enlaces fijos ópticos en el espacio libre, bajo una nueva Cuestión del UIT-R relativa a aplicaciones del servicio fijo que utilizan bandas de frecuencias por encima de 3 000 GHz, centrándose inicialmente en la gama 375-385 THz (longitud de onda de 780 a 800 nm).

A continuación se indica la metodología basada en la Recomendación UIT-R M.1390 para determinar la cantidad de anchura de banda de espectro requerida.

- a) *Consideraciones básicas*
 - consideraciones geográficas;
 - consideraciones del tráfico.
- b) *Consideraciones técnicas y a nivel de sistema*
 - número de canales de servicio y velocidad binaria del canal de servicio;
 - capacidad del sistema.

Hay diversos factores que afectarán a la capacidad del sistema del servicio fijo en términos de la relación Mbit/MHz y de las características del despliegue:

- esquema de modulación (modulación multinivel: 4 niveles a 256 niveles);
- utilización de polarización doble;
- esquema de conformación de la onda;
- características mejoradas de la antena.

c) *Consideración del resultado en cuanto al espectro*

El espectro total requerido puede calcularse mediante el proceso siguiente:

- decisión de la capacidad del sistema por portadora de RF para cursar de forma eficaz el tráfico ofrecido;
- cálculo de la anchura de banda necesaria de la portadora de RF;
- estimación del número de portadoras de RF a las que se da cabida en la banda, considerando el esquema de reutilización de frecuencias.

La explotación de bandas de frecuencia superiores se ha venido limitando por el estado del desarrollo tecnológico de los dispositivos inalámbricos. La Fig. 1 ilustra la tendencia de la utilización de bandas de frecuencia superiores por el servicio fijo, lo que puede verse en las Recomendaciones UIT-R de la Serie F acerca de disposiciones de frecuencia de RF.

De esta tendencia se prevé que las Recomendaciones UIT-R de la Serie F que abordan las características, las disposiciones de frecuencia, etc., en la gama de 57-100 GHz serán necesarias antes del año 2010.

4.6.2 Eficacia en la utilización de frecuencias

Los sistemas inalámbricos fijos pueden emplear esquemas de modulación de múltiples estados para lograr una gran eficacia en la utilización del espectro de frecuencias. La eficacia de utilización de las frecuencias en términos de bit/s/Hz se refiere no sólo a la modulación de estados múltiples, sino también a la conformación del espectro y a la utilización de la polarización doble. Desde las primeras implementaciones de sistemas de relevadores digitales de gran capacidad en los años ochenta, los sistemas inalámbricos han contribuido considerablemente a la utilización eficaz del espectro, aplicando estas técnicas, tal como se representa en la Fig. 2. La abscisa de dicha Figura indica el año en el que se informó por primera vez de la modulación de estados múltiples en las Recomendaciones UIT-R de la Serie F sobre disposiciones de RF o en los Cuadros de la Recomendación UIT-R F.758 sobre parámetros del sistema para los estudios de compartición.

FIGURA 1
Explotación de bandas de frecuencias superiores en el servicio fijo

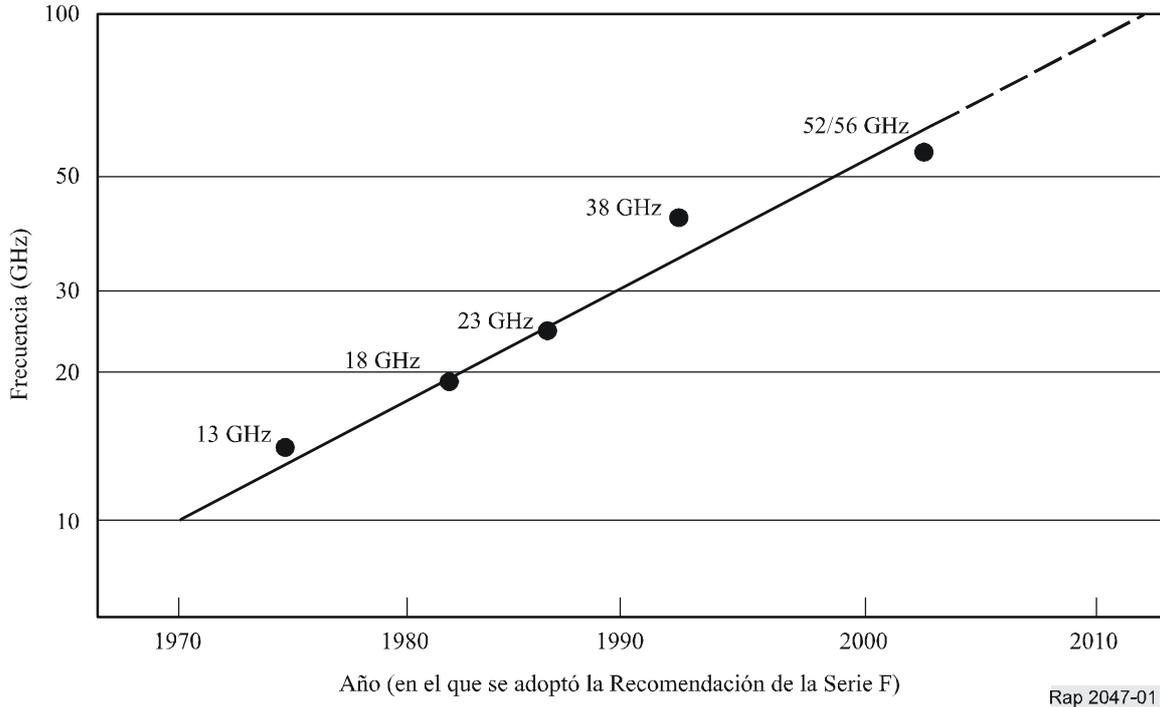
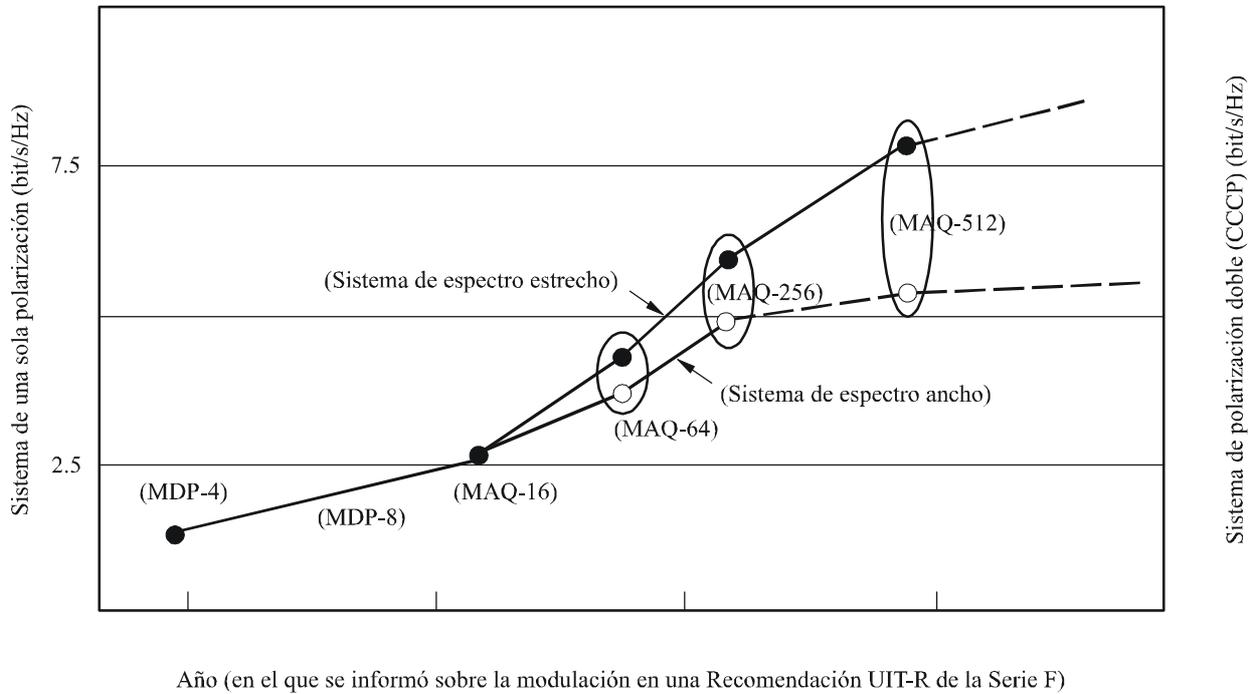


FIGURA 2
Aumento de la eficacia de la utilización de las frecuencias (bit/s/Hz) en el servicio fijo



Como se ve en la Fig. 2, puede ser difícil prever que aumente más la eficacia de utilización. Como las futuras aplicaciones del servicio fijo están enfocadas hacia los sistemas FWA, en particular, los que funcionan en una configuración P-MP, se precisará otro factor de evaluación de la eficacia de la utilización de frecuencias en relación con el grado de densidad con el que pueden desplegarse o en cuanto al número de canales radioeléctricos del que se dispondrá en ciertas zonas geográficas.

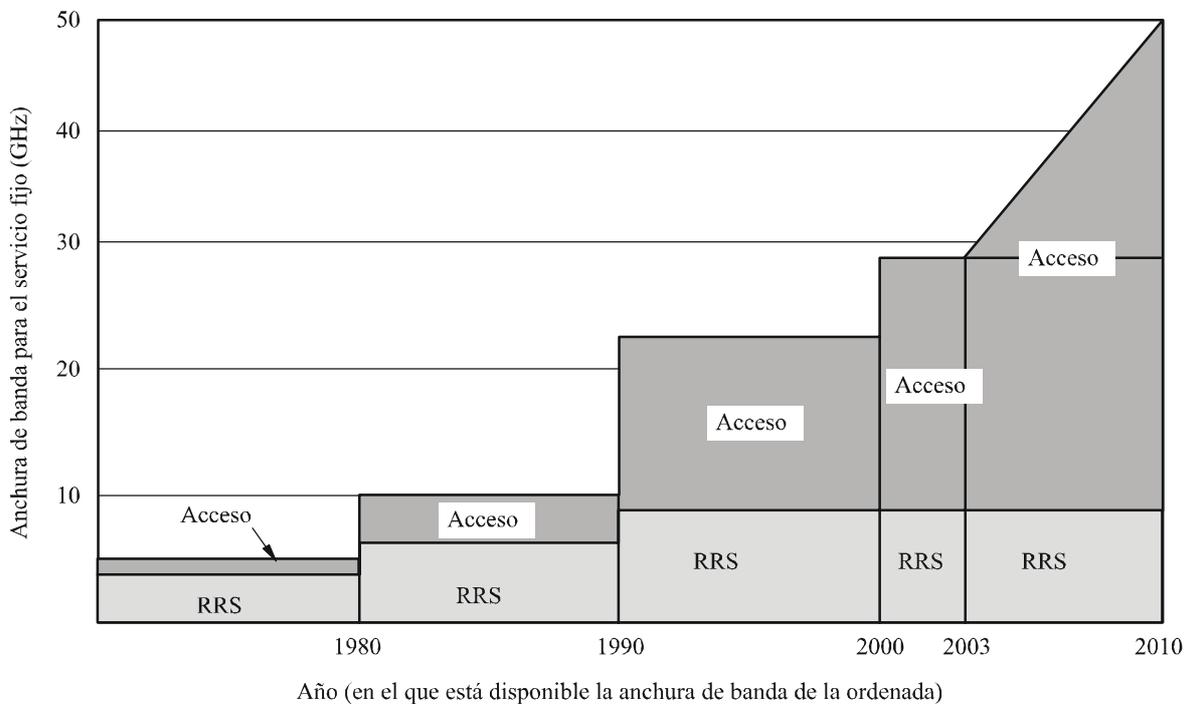
4.6.3 Papel futuro de los sistemas inalámbricos fijos

Tal como se examina en el § 4.2, el papel de los sistemas del servicio fijo en las redes de telecomunicaciones evoluciona hacia las aplicaciones de la red de acceso. La Fig. 3 ofrece un análisis cuantitativo que demuestra esta tendencia, ilustrando someramente las anchuras de banda del servicio fijo disponibles específicamente para los sistemas de radioenlaces o los enlaces de acceso (FWA o enlaces de retroceso). A fin de simplificar el tema, este análisis, hasta el año 2003, se ha realizado en la manera indicada a continuación:

- Se considera que todas las bandas de frecuencia están disponibles para el servicio fijo cuando se comunican al UIT-R y quedan reflejadas en Recomendaciones.
- Se considera que las bandas por encima de 3 GHz y por debajo de 17 GHz se utilizan para los sistemas de radioenlaces.
- Se considera que las bandas por debajo de 3 GHz y por encima de 20 GHz se utilizan para los enlaces de acceso.
- Se considera que la banda comprendida entre 17 y 20 GHz (más específicamente, entre 17,7 y 19,7 GHz) se utiliza, en igual medida, para los sistemas de radioenlaces y los enlaces de acceso.

FIGURA 3

Desarrollo de aplicaciones del servicio fijo y tendencias futuras



RRS: Sistema de radioenlaces

Acceso: Sistemas FWA y de retorno, y sistemas HAPS en algunos países

Después del año 2003, se formula la hipótesis siguiente: todas las bandas de frecuencia comprendidas entre 59 GHz (la frecuencia más alta a la que se hace referencia en las Recomendaciones UIT-R de la Serie-F) y 100 GHz atribuidas al SF estarán disponibles según ciertas condiciones de compatibilidad técnica/operativa con otros servicios. Esta tendencia, como en los últimos tres decenios, continuará hasta 2010. Se prevé poder utilizar anchuras de banda de 40-50 GHz para las aplicaciones del SF, lo que corresponde al 50% de la frecuencia máxima disponible (véase la Fig. 1). La mayoría de estas aplicaciones serán las utilizadas en las redes de acceso, aunque se necesitan aún múltiples bandas para los sistemas de radioenlaces (aun cuando el número de bandas requeridas para dichos sistemas puede permanecer básicamente estable).

5 Temas futuros para el desarrollo de las aplicaciones del servicio fijo

Entre los elementos fundamentales de los temas futuros están:

- los desarrollos de la tecnología y su repercusión en las diversas aplicaciones del servicio fijo;
- la estimación basada en el tráfico de la anchura de banda requerida para cada aplicación;
- la estimación inicial del aumento de la demanda de sistemas de acceso inalámbrico distintos de los FS-HD para los que ya se han identificado bandas disponibles (por ejemplo, HAPS, FWA/BWA);
- resumen de las hipótesis de compartición de frecuencias en las diversas bandas para evaluar si el despliegue del servicio fijo en cada banda puede recomendarse con carácter mundial;
- disposiciones de frecuencia, incluyendo las basadas en bloques de frecuencia;
- tendencias mundiales y regionales y sus posibles diferencias;
- panorámica del espectro de frecuencias en la gama 2-100 GHz (por ejemplo, la anchura de banda disponible, los requisitos en cuanto a capacidad de sistema, el esquema de reutilización de canales, la posible compartición con otros servicios),
 - en particular, las consideraciones técnicas sobre la utilización del servicio fijo en la gama 57-100 GHz;
- panorámica del espectro de frecuencias en la gama 400 MHz-2 GHz, especialmente para el acceso BWA en las zonas rurales y distantes (por ejemplo, la anchura de banda disponible, los requisitos en cuanto a capacidad de sistema, el esquema de reutilización de canales, la posible compartición con otros servicios);
- investigación de los métodos para continuar mejorando la eficacia espectral (por ejemplo, en términos de bits/s/Hz/km²).

Referencias Bibliográficas

Recomendación UIT-R F.592:	Vocabulario de términos para el servicio fijo
Recomendación UIT-R F.748:	Disposición de radiocanales para sistemas del servicio fijo que funcionan en las bandas de 25, 26 y 28 GHz
Recomendación UIT-R F.749:	Disposición de radiocanales para sistemas del servicio fijo que funcionan en la banda de 38 GHz

Recomendación UIT-R F.757:	Requisitos básicos y objetivos de calidad de funcionamiento para sistemas de acceso inalámbrico fijo que utilizan tecnologías derivadas de las tecnologías móviles que ofrecen servicios de telefonía y de comunicaciones de datos
Recomendación UIT-R F.758:	Consideraciones relativas a la elaboración de criterios para la compartición entre el servicio fijo terrenal y otros servicios
Recomendación UIT-R F.1098:	Disposiciones de radiocanales para sistemas inalámbricos fijos en la banda 1 900-2 300 MHz
Recomendación UIT-R F.1249:	Potencia isotropa radiada equivalente máxima de las estaciones de transmisión del servicio fijo que funcionan en la banda de frecuencias de 25,25-27,5 GHz compartida con el servicio entre satélites
Recomendación UIT-R F.1338:	Niveles umbrales para determinar la necesidad de coordinación entre determinados sistemas del servicio de radiodifusión por satélite (sonora) en la órbita de los satélites geostacionarios para las transmisiones espacio-Tierra y el servicio fijo en la banda 1 452-1 492 MHz
Recomendación UIT-R F.1399:	Terminología del acceso inalámbrico
Recomendación UIT-R F.1400:	Requisitos y objetivos de calidad de funcionamiento y de disponibilidad para sistemas de acceso inalámbrico fijo a la red telefónica pública con conmutación
Recomendación UIT-R F.1401:	Consideraciones sobre la identificación de posibles bandas de frecuencias para el acceso inalámbrico fijo y estudios de compartición relacionados
Recomendación UIT-R F.1402:	Criterios de compartición de frecuencias entre un sistema de acceso inalámbrico móvil terrestre y un sistema de acceso inalámbrico fijo que utiliza el mismo tipo de equipo que el sistema de acceso inalámbrico móvil terrestre
Recomendación UIT-R F.1488:	Disposiciones de bloques de frecuencias para sistemas de acceso inalámbrico fijo en la gama 3 400-3 800 MHz
Recomendación UIT-R F.1489:	Metodología para evaluar el nivel de compatibilidad operacional entre los sistemas de acceso inalámbrico fijo y los sistemas de radiolocalización cuando comparten la banda 3,4-3,7 GHz
Recomendación UIT-R F.1496:	Disposición de radiocanales para los sistemas inalámbricos fijos que funcionan en la banda 51,4-52,6 GHz
Recomendación UIT-R F.1497:	Disposición de radiocanales para los sistemas inalámbricos fijos que funcionan en la banda 55,78-59 GHz
Recomendación UIT-R F.1500:	Características preferidas de los sistemas del servicio fijo que utilizan plataformas de gran altitud en las bandas 47,2-47,5 GHz y 47,9-48,2 GHz
Recomendación UIT-R F.1501:	Distancia de coordinación en los sistemas del servicio fijo cuando intervienen estaciones situadas en plataformas a gran altitud (HAPS) que comparten las bandas de frecuencias 47,2-47,5 GHz y 47,9-48,2 GHz con otros sistemas del servicio fijo

- Recomendación UIT-R F.1509: Requisitos técnicos y de explotación que facilitan la compartición entre los sistemas punto a multipunto del servicio fijo y el servicio entre satélites en la banda 25,25-27,5-GHz
- Recomendación UIT-R F.1518: Metodología para la definición de los requisitos de espectro de redes de acceso inalámbrico fijo y de acceso inalámbrico móvil que utilizan los mismos tipos de equipos y coexisten en la misma banda de frecuencias
- Recomendación UIT-R F.1520: Disposiciones de radiofrecuencias para los sistemas del servicio fijo que funcionan en la banda 31,8-33,4 GHz
- Recomendación UIT-R F.1567: Disposición de radiocanales para los sistemas inalámbricos fijos digitales que funcionan en la banda de frecuencias 406,1-450 MHz
- Recomendación UIT-R F.1568: Disposiciones de bloques de radiofrecuencias para sistemas de acceso inalámbrico fijo en la gama 10,15-10,3/10,5-10,65 GHz
- Recomendación UIT-R F.1569: Características técnicas y operacionales para el servicio fijo que utiliza estaciones situadas en plataformas a gran altitud en las bandas 27,5-28,35 GHz y 31-31,3 GHz
- Recomendación UIT-R F.1570: Repercusión de la transmisión del enlace ascendente del servicio fijo que utiliza estaciones situadas en plataformas a gran altitud en el servicio de exploración de la Tierra por satélite (pasivo) en la banda 31,3-31,8 GHz
- Recomendación UIT-R F.1571: Técnicas de reducción utilizadas para disminuir el potencial de interferencia entre estaciones a bordo de aeronaves del servicio de radionavegación y estaciones del servicio fijo en la banda 31,8-33,4 GHz
- Recomendación UIT-R F.1613: Requisitos de operación y de instalación para sistemas de acceso inalámbrico fijo del servicio fijo en la Región 3 para asegurar la protección de sistemas del servicio de exploración de la Tierra por satélite (activo) y del servicio de investigación espacial (activo) en la banda 5 250-5 350 MHz
- Recomendación UIT-R F.1670: Protección de los sistemas inalámbricos fijos contra los sistemas de radiodifusión digital de señal de vídeo terrenal en las bandas compartidas de ondas métricas y decimétricas
- Recomendación UIT-R SF.1484: Máximos valores admisibles de la densidad de flujo de potencia en la superficie de la Tierra producida por satélites no geoestacionarios del servicio fijo por satélite que funcionan en las bandas entre 37,5-42,5 GHz para proteger al servicio fijo
- Recomendación UIT-R SF.1486: Compartición de metodología entre sistemas de acceso inalámbrico fijo del servicio fijo y terminales de muy pequeña apertura del servicio fijo por satélite en la banda 3 400-3 700 MHz
- Recomendación UIT-R SF.1573: Valores máximos admisibles de la densidad de flujo de potencia en la superficie de la Tierra creada por satélites geoestacionarios del servicio fijo por satélite que funcionan en la banda 37,5-42,5 GHz para proteger al servicio fijo
- Recomendación UIT-R M.1390: Metodología para el cálculo de las necesidades de espectro terrenal de las telecomunicaciones móviles internacionales-2000 (IMT-2000)
- Resolución 122 (Rev.CMR-03): Utilización de las bandas 47,2-47,5 GHz y 47,9-48,2 GHz por estaciones del servicio fijo en plataformas a gran altitud (HAPS) y por otros servicios

Resolución 145 (CMR-03):	Posible utilización de las bandas 27,5-28,35 GHz y 31-31,3 GHz por estaciones en plataformas a gran altitud (HAPS) en el servicio fijo
Resolución 802 (CMR-03):	Orden del día de la Conferencia Mundial de Radiocomunicaciones de 2007
Resolución 803 (CMR-03):	Orden del día preliminar de la Conferencia Mundial de Radiocomunicaciones de 2010
