

UIT-R

Sector de Radiocomunicaciones de la UIT

Recomendación UIT-R M.1825
(10/2007)

**Orientación sobre parámetros técnicos
y metodologías para los estudios
de compartición relativos a los
sistemas del servicio
móvil terrestre**

Serie M

**Servicios móviles, de radiodeterminación,
de aficionados y otros servicios por
satélite conexos**



Prólogo

El Sector de Radiocomunicaciones tiene como cometido garantizar la utilización racional, equitativa, eficaz y económica del espectro de frecuencias radioeléctricas por todos los servicios de radiocomunicaciones, incluidos los servicios por satélite, y realizar, sin limitación de gamas de frecuencias, estudios que sirvan de base para la adopción de las Recomendaciones UIT-R.

Las Conferencias Mundiales y Regionales de Radiocomunicaciones y las Asambleas de Radiocomunicaciones, con la colaboración de las Comisiones de Estudio, cumplen las funciones reglamentarias y políticas del Sector de Radiocomunicaciones.

Política sobre Derechos de Propiedad Intelectual (IPR)

La política del UIT-R sobre Derechos de Propiedad Intelectual se describe en la Política Común de Patentes UIT-T/UIT-R/ISO/CEI a la que se hace referencia en el Anexo 1 a la Resolución UIT-R 1. Los formularios que deben utilizarse en la declaración sobre patentes y utilización de patentes por los titulares de las mismas figuran en la dirección web <http://www.itu.int/ITU-R/go/patents/es>, donde también aparecen las Directrices para la implementación de la Política Común de Patentes UIT-T/UIT-R/ISO/CEI y la base de datos sobre información de patentes del UIT-R sobre este asunto.

Series de las Recomendaciones UIT-R

(También disponible en línea en <http://www.itu.int/publ/R-REC/es>)

Series	Título
BO	Distribución por satélite
BR	Registro para producción, archivo y reproducción; películas en televisión
BS	Servicio de radiodifusión sonora
BT	Servicio de radiodifusión (televisión)
F	Servicio fijo
M	Servicios móviles, de radiodeterminación, de aficionados y otros servicios por satélite conexos
P	Propagación de las ondas radioeléctricas
RA	Radio astronomía
RS	Sistemas de detección a distancia
S	Servicio fijo por satélite
SA	Aplicaciones espaciales y meteorología
SF	Compartición de frecuencias y coordinación entre los sistemas del servicio fijo por satélite y del servicio fijo
SM	Gestión del espectro
SNG	Periodismo electrónico por satélite
TF	Emisiones de frecuencias patrón y señales horarias
V	Vocabulario y cuestiones afines

Nota: Esta Recomendación UIT-R fue aprobada en inglés conforme al procedimiento detallado en la Resolución UIT-R 1.

Publicación electrónica
Ginebra, 2009

© UIT 2009

Reservados todos los derechos. Ninguna parte de esta publicación puede reproducirse por ningún procedimiento sin previa autorización escrita por parte de la UIT.

RECOMENDACIÓN UIT-R M.1825

**Orientación sobre parámetros técnicos y metodologías
para los estudios de compartición relativos
a los sistemas del servicio móvil terrestre**

(Cuestión UIT-R 7/8)

(2007)

Cometido

Esta Recomendación contiene orientación para realizar los estudios de compartición relacionados con los sistemas del servicio móvil terrestre. En ésta se ofrece una lista de los parámetros que caracterizan a un sistema para facilitar los estudios de compartición, se proporciona información sobre las metodologías que pueden utilizarse para los análisis de compartición del servicio móvil terrestre y se describen las técnicas de mitigación de interferencia que pueden mejorar la compartición del espectro. Esta Recomendación contiene asimismo una lista de las Recomendaciones, Informes y Manuales del UIT-R pertinentes.

La Asamblea de Radiocomunicaciones de la UIT,

considerando

- a) que las características técnicas de los sistemas del servicio móvil terrestre pueden variar;
- b) que es posible introducir nuevos tipos de sistemas o servicios en las bandas utilizadas por el servicio móvil terrestre;
- c) que es preciso conocer las características técnicas y operacionales representativas de los sistemas que funcionan en las bandas atribuidas al servicio móvil terrestre para determinar la viabilidad de la introducción de nuevos tipos de sistemas;
- d) que se necesitan procedimientos y metodologías para analizar la compatibilidad entre los sistemas que funcionan en el servicio móvil terrestre y los sistemas de otros servicios,

observando

- a) la lista de Recomendaciones, Informes y Manuales pertinentes enumerados en el Anexo 3,

recomienda

- 1** que se utilice la lista de parámetros que figura en el Anexo 1 como orientación sobre las características de los sistemas del servicio móvil terrestre que es conveniente utilizar en los estudios de compartición;
- 2** que se deberían utilizar las metodologías expuestas en el Anexo 2 para los estudios de compartición entre los sistemas del servicio móvil terrestre (compartición dentro del servicio) y entre los sistemas del servicio móvil terrestre y los sistemas de otros servicios (compartición entre servicios).

Anexo 1

Parámetros técnicos de los sistemas del servicio móvil terrestre para los estudios de compartición

1 Introducción

Para cualquier estudio de compartición es necesario conocer las características de los sistemas que deben compartir el espectro. El § 2 contiene una lista de los parámetros cuyos valores deberían bastar para caracterizar a un sistema a los efectos de los estudios de compartición.

2 Lista general de parámetros

Es conveniente que en los estudios de compartición se utilicen las características del servicio móvil terrestre consignadas en el cuadro que figura a continuación. No obstante, cabe señalar que no todos los parámetros que se indican son pertinentes para todos los sistemas del servicio móvil terrestre y que, por consiguiente, podrían no figurar en las normas correspondientes. Como resultado de ello hay que actuar con cautela al determinar los parámetros pertinentes y sus valores a los efectos de los estudios de compartición entre sistemas específicos.

<p>Parámetros generales</p> <p>Banda de frecuencia (MHz)</p> <p>Tipo de emisión</p> <p>Tipo de aplicación (por ejemplo, celular ...)</p> <p>Técnica de acceso</p> <p>Número de sectores</p> <p>Factor de reutilización de frecuencia</p> <p>Antenas por sector</p> <p>Tipo de sistemas de antenas</p> <p>Pérdida por acoplamiento mínima de la antena en un mismo emplazamiento (dB)</p>	<p>Parámetros del sistema</p> <p>Anchura de banda del canal (kHz)</p> <p>Tipo de modulación</p> <p>Método dúplex</p> <p>BER o SINAD o FER típicos</p>
<p>Parámetros del transmisor</p> <p>Potencia de salida (W)</p> <p>p.r.a. ó p.i.r.e. (dBW o dBm)</p> <p>Anchura de banda del canal necesaria (kHz)</p> <p>ACLR (relación de pérdida de fuga del canal adyacente) o máscara de emisión fuera de banda</p> <p>Ganancia de la antena (dBd o dBi)</p> <p>Altura de la antena (m)</p> <p>Diagrama de radiación</p> <p>Polarización de la antena</p>	<p>Parámetros del receptor</p> <p>Figura de ruido (dB)</p> <p>Anchura de banda del filtro IF (kHz)</p> <p>Sensibilidad (dBm)</p> <p>Sensibilidad fuera del canal:</p> <ul style="list-style-type: none"> – ACS (selectividad del canal adyacente) – Características de bloqueo (en banda y fuera de banda) <p>Criterios de protección</p> <p>Atenuación de la respuesta parásita de intermodulación (dB)</p> <p>Ganancia de la antena (dBd o dBi)</p> <p>Altura de la antena (m)</p> <p>Diagrama de radiación</p> <p>Polarización de la antena</p>

Dependiendo del tipo de sistema, otras características para los estudios de compartición podrían ser:

- tamaño de la célula o zona de cobertura;
- ángulo de inclinación hacia abajo;
- pérdida del alimentador (si no está ya incluida en la ganancia de la antena);
- velocidades de datos requeridas;
- gama de potencia de transmisión debida al control de potencia;
- objetivos SNR para el enlace ascendente y el enlace descendente;
- modelo de propagación (obsérvense las Recomendaciones de la serie P aplicables enumeradas en el Anexo 3).

Anexo 2

Metodologías de compartición para los sistemas que funcionan en el servicio móvil terrestre

1 Introducción

El primer paso en cualquier estudio de compartición consiste en determinar las características del entorno, la configuración y las condiciones de los sistemas que se analizan.

Es preciso considerar dos tipos de condiciones: el análisis en banda, a tenor del cual los sistemas comparten la misma banda, y el análisis en banda adyacente, a tenor del cual las emisiones no deseadas de un sistema pueden afectar a los receptores radioeléctricos en una banda adyacente.

En el § 2 se describen las metodologías que se pueden utilizar para los análisis de compartición del servicio móvil terrestre y en el § 3 se describen las técnicas de mitigación de la interferencia que se pueden utilizar en ciertas condiciones con miras a mejorar la capacidad de compartición del espectro por los sistemas.

2 Metodologías para los estudios de compartición

Para los estudios de compartición del servicio móvil terrestre existen dos metodologías básicas: la metodología de balance de enlace y la metodología Monte Carlo.

2.1 Metodología de balance del enlace

El nivel máximo permitido de potencia isotrópica radiada equivalente (p.i.r.e.) de una señal interferente podría determinarse utilizando la siguiente ecuación sencilla:

$$PIRE_{MAX} = I_{MAX} - G_R(\theta) + L_P + L_R$$

siendo

$PIRE_{MAX}$: la densidad máxima permitida de la p.i.r.e. del dispositivo interferente (dBm/ B_{REF}), donde es preciso elegir una anchura de banda de referencia B_{REF} adecuada

I_{MAX} : el nivel máximo de potencia interferente permisible en la entrada del receptor normalizado (dBm/ B_{REF})

$G_R(\theta)$: la ganancia de la antena del receptor víctima en la dirección de la señal interferente (dBi)

- L_P : la pérdida de propagación entre las antenas transmisora y receptora (dB), que puede ser un término complejo dependiendo de factores ambientales, alguno de los cuales podrían variar con el tiempo (por ejemplo, el desvanecimiento)
- L_R : la pérdida de inserción (pérdida entre la entrada del receptor y la antena del receptor) (dB). Se le podría asignar cero dB si no se dispone de valor alguno.

2.2 Metodología Monte Carlo

La metodología Monte Carlo puede ofrecer cualquier nivel deseado de exactitud matemática y confianza y validez estadísticas en los cálculos de la probabilidad de interferencia para cualquier tipo de sistema de radiocomunicaciones. La exactitud y la confianza y validez estadísticas se ven limitadas por:

- el grado de precisión con el que el o los modelos matemáticos describen las hipótesis de interferencia que se consideran, y
- el número de pruebas efectuadas para calcular si hay o no interferencia.

Conforme a la metodología Monte Carlo, se utilizan valores generados de manera aleatoria para las variables inciertas, sobre la base de distribuciones de probabilidad aplicables a dichas variables. El método combina un gran número de casos de variables independientes y genera resultados estadísticos. Una ventaja particular de la simulación Monte Carlo es la capacidad para desarrollar una distribución estadística del nivel de interferencia combinado predicho (es decir, una función de distribución acumulativa) que tiene en cuenta las incertidumbres de los elementos significativos del modelo de interferencia combinado, tales como las densidades de despliegue de los sistemas/dispositivos interferentes, los factores de actividad, etc. Así pues, esta metodología es particularmente útil cuando se desea una estimación de la probabilidad de que se rebase un determinado nivel de potencia interferente combinada.

El UIT-R ha desarrollado la metodología de simulación Monte Carlo como una herramienta estadística para los estudios de compatibilidad entre servicios de radiocomunicaciones. En el Informe UIT-R SM.2028-1 se proporciona un panorama general de esta metodología. Además, en la Recomendación UIT-R M.1634 se describe el uso de la metodología Monte Carlo para la compatibilidad con el servicio móvil.

En lo que respecta a los servicios móviles terrestres, la metodología de simulación Monte Carlo supone un receptor víctima que funciona entre una población de interferentes distribuidos de una manera uniformemente aleatoria.

El nivel de la señal deseada en el receptor víctima puede calcularse a partir de la potencia de transmisión, las ganancias de la antena y la pérdida de trayecto. El efecto de cada interferente en el receptor víctima se determina utilizando la potencia de transmisión, las ganancias de la antena, la pérdida de trayecto, las características de la emisión no deseada del transmisor, el bloqueo del receptor y la separación de frecuencias.

En el caso de algunos servicios, se considera que la interferencia tiene lugar cuando la resultante C/I es inferior a la relación de protección.

3 Técnicas de mitigación de la interferencia

Las presiones que se ejercen para que se utilice con eficacia el espectro radioeléctrico a menudo obligan a explotar sistemas de radiocomunicaciones en el lugar más próximo posible en el espacio radioeléctrico. Para lograr ese objetivo sin reducir la fiabilidad de dicho sistema de radiocomunicaciones, se pueden utilizar técnicas con el fin de mitigar la interferencia.

Las técnicas de mitigación reducen la interferencia y por consiguiente sus efectos en una comunicación determinada. Por lo tanto, si se utilizan adecuadamente, las técnicas de mitigación ayudan a diferentes equipos y usuarios a compartir el mismo espacio de frecuencias.

Las técnicas de mitigación pueden clasificarse en cuatro grandes tipos:

- SPEC: Métodos relacionados con especificaciones.
- PERF: Calidad de funcionamiento de los equipos (el proveedor mejora la calidad de funcionamiento de los equipos).
- SESS: Ajuste de los parámetros de diseño en cada sitio.
- DEPL: Relación entre emplazamientos al efectuar el despliegue.

A continuación figura una lista de las diversas técnicas de mitigación de la interferencia existentes. No todas las técnicas pueden aplicarse a todos los tipos de sistemas; por ejemplo, el apantallamiento del terreno puede resultar útil para los sistemas fijos, pero no se puede utilizar para los terminales móviles. Análogamente, algunas de estas técnicas son útiles en ambos extremos de un enlace interferente, mientras que otras técnicas sólo pueden aplicarse al transmisor interferente o al receptor víctima.

Selección del emplazamiento – Elección de un sitio de modo de reducir al mínimo las posibilidades de interferencia. (SESS, DEPL).

Apantallamiento físico – Utilización de un terreno natural, edificios, cercados con finalidad especial, para bloquear las señales en las direcciones no deseadas. (SESS)

Separación de antenas – El acoplamiento entre dos antenas ubicadas en el mismo emplazamiento puede reducirse separando unos pocos metros las antenas verticalmente, horizontalmente o variando su orientación. (SESS)

Orientación de la antena – Orientación de la antena de un sistema fijo direccional en sentido opuesto al de otros sistemas de radiocomunicaciones. A menudo las limitaciones físicas de la geometría del sistema limitan la flexibilidad en cuanto a la orientación de la antena. (SESS, DEPL)

Inclinación de la antena – Un caso especial de orientación de la antena según el cual el diagrama de antena vertical y la inclinación hacia abajo de la antena pueden utilizarse para adaptar la cobertura y reducir así la interferencia fuera de la zona de servicio. Especialmente aplicable a las estaciones de base del sistema, pero los efectos en la cobertura pueden hacer que en muchos casos esta técnica resulte poco conveniente. (SESS, DEPL)

Combinación de diversidad – Una técnica para la combinación coherente de señales procedentes de múltiples antenas para producir una ganancia. (SESS)

NOTA 1 – Para la combinación de diversidad se utilizan todos los elementos de la antena en todo momento para cada usuario, creando un diagrama de antena que se ajusta dinámicamente al entorno de propagación.

Polarización cruzada – La polarización cruzada puede utilizarse para introducir nada menos que 25-30 dB de discriminación.

Coordinación de frecuencias – Coordinación de la selección de frecuencias entre sistemas vecinos con miras a reducir las posibilidades de interferencia. (DEPL)

Sincronización de la división del tiempo – Mitigación de la interferencia que se logra al asegurar que los sistemas de bandas adyacentes sincronizan su transmisión y recepción para evitar situaciones en las cuales un sistema transmita durante el intervalo de tiempo en el cual el sistema de la banda adyacente está recibiendo. (DEPL)

Filtrado de transmisor y receptor – El filtrado es la técnica ideal para evitar causar o recibir interferencia en canal adyacente. (PERF)

Antenas inteligentes – Un sistema de antena inteligente combina múltiples elementos de antena con una capacidad de tratamiento de señales para optimizar su diagrama de radiación y/o recepción automáticamente en respuesta al entorno de la señal. Los beneficios que aporta la utilización de antenas inteligentes para la compartición obedecen al hecho de que la energía RF radiada por los sistemas de antena es inferior a la de las antenas convencionales para la misma p.i.r.e. y está centrada en regiones limitadas y específicas de una célula y no en amplios sectores. (SPEC, PERF)

NOTA 2 – Las dos grandes categorías de antenas inteligentes, según la elección de la estrategia de transmisión, son las antenas adaptativas y las antenas de haz conmutado.

Técnicas de selección dinámica de canal – El sistema radioeléctrico puede utilizar un canal, entre cierto número de canales dentro de una banda, para cada transmisión. El sistema de radiocomunicaciones determina qué canales están ocupados y selecciona dinámicamente el canal que se ha de utilizar en consecuencia. Estas técnicas incluyen por ejemplo la selección dinámica de frecuencias, o los mecanismos de detección y evitación. (SPEC)

Técnicas de selección estática del canal – Antes de transmitir, el sistema radioeléctrico escucha en sus canales predeterminados para averiguar si un canal es apropiado para la transmisión. Estas técnicas incluyen, por ejemplo, la escucha antes de hablar u otros mecanismos estáticos de detección y evitación. (SPEC)

Salto de frecuencias – La técnica del salto de frecuencias permite que un sistema de radiocomunicaciones sólo utilice una frecuencia particular una pequeña porción de tiempo, y por consiguiente sólo causará o padecerá interferencia durante un breve momento y es poco probable que ello afecte el funcionamiento del sistema. El salto dinámico de frecuencias va un poco más allá, pues suprime a canales de la secuencia del salto si otro sistema está utilizando dichos canales. (SPEC)

Técnicas de espectro ensanchado – Según se define en la Recomendación UIT-R SM.1055, la energía media de la señal transmitida se propaga a lo largo de una anchura de banda que es mucho más amplia que la anchura de banda de la información transmitida. Entre estas técnicas figuran, por ejemplo, las de espectro ensanchado por saltos de frecuencia (frequency hopping spectrum, FHSS) y la de espectro ensanchado de frecuencia directa (direct sequence spread spectrum, DSSS). (SPEC)

Control de potencia adaptativo – Los sistemas que utilizan control de potencia adaptativo transmiten justo a la potencia necesaria para la señal. Esto reduce al mínimo la cantidad total de potencia radioeléctrica que podría interferir con otros sistemas y permite que los sistemas se adapten a condiciones precarias, al aumentar temporalmente el nivel de potencia transmitida. (SPEC)

Modulación adaptativa – El cambio a un sistema de modulación de orden menor puede permitir a un sistema de radiocomunicaciones seguir funcionando en presencia de interferencia, aunque pierda cierta capacidad. (SPEC)

Diversidad de frecuencias – Recepción con diversidad, a tenor de la cual se utilizan varios canales radioeléctricos con las correspondientes separaciones de frecuencias. (SPEC)

División del tiempo del ciclo de trabajo – La mitigación de la interferencia se logra mediante la división del tiempo, de modo que los diversos transmisores no transmitan simultáneamente. (SPEC)

Las diferentes soluciones técnicas para la mitigación de la interferencia pueden ofrecer un nivel diferente de mitigación en dispositivos del mismo tipo, en comparación con dispositivos de tipo diferente. El grado de mitigación puede depender de la tecnología utilizada y a menudo de una combinación de los requisitos técnicos.

Anexo 3

Referencias

1 Introducción

Este Anexo contiene una lista de referencias relacionadas con los estudios de compartición del servicio móvil terrestre.

2 Ejemplos de Recomendaciones e Informes del UIT-R que contienen características y criterios de protección para los sistemas del servicio móvil

En las siguientes Recomendaciones e Informes del UIT-R se proporcionan las características de los sistemas del servicio móvil terrestre que se han de utilizar en los estudios de compartición. También podrían aplicarse a dichos estudios otras Recomendaciones e Informes.

- Recomendación UIT-R M.1808 – Características técnicas y de explotación de los sistemas móviles terrestre convencionales y de recursos compartidos que funcionan en atribuciones del servicio móvil por debajo de 869 MHz que deben utilizarse en los estudios de compartición.
- Recomendación UIT-R M.1823 – Características técnicas y operacionales de los sistemas móviles terrestres celulares digitales para los estudios de compartición.
- Recomendación UIT-R M.2116 – Características de los sistemas de acceso inalámbrico en banda ancha que funcionan en el servicio móvil terrestre para los estudios de compartición.
- Recomendación UIT-R M.1801 – Normas de interfaz radioeléctrica para sistemas de acceso inalámbrico de banda ancha, incluidas aplicaciones móviles y nómadas en el servicio móvil que funcionan por debajo de 6 GHz.
- Informe UIT-R M.2039 – Características de los sistemas IMT-2000 terrenales para los análisis de compartición de frecuencias/interferencia.

3 Criterios de protección

- Recomendación UIT-R M.1739 – Criterios de protección para los sistemas de acceso inalámbrico, incluidas las redes radioeléctricas de área local, que funcionan en el servicio móvil de conformidad con la Resolución 229 (CMR-03) en las bandas 5 150-5 250 MHz, 5 250-5 530 MHz y 5 470-5 725 MHz.
- Recomendación UIT-R M.1767 – Protección de los sistemas móviles terrestres contra la interferencia causada por los sistemas de radiodifusión de audio y de vídeo digital terrenal en las bandas compartidas de ondas métricas y decimétricas atribuidas a título primario.

4 Propagación

Recomendaciones de la serie P UIT-R P.452, UIT-R P.1238, UIT-R P.1406, UIT-R P.1407, UIT-R P.1411, UIT-R P.1546, etc., y Manual del UIT-R – Propagación de las ondas radioeléctricas en sistemas terrenales móviles terrestres en las bandas de ondas métricas/decimétricas.

5 Metodologías/estudios de compartición

- Recomendación UIT-R M.1634 – Protección contra la interferencia causada a los sistemas del servicio móvil terrestre que utilizan la simulación de Montecarlo con aplicación a la compartición de frecuencias.
- Informe UIT-R SM.2028-1 – Metodología de simulación Monte Carlo para su aplicación en estudios de compartición y compatibilidad entre distintos servicios o sistemas de radiocomunicaciones.

6 Técnicas de mitigación de la interferencia

- Informe UIT-R M.2045 – Técnicas de reducción de la interferencia para considerar la coexistencia entre las tecnologías de las interfaces radioeléctricas dúplex por división en el tiempo y dúplex por división de frecuencia de las IMT-2000 en la gama de frecuencias 2 500-2 690 MHz y que utilizan bandas adyacentes en la misma zona geográfica
- Recomendación UIT-R M.1652 – Selección dinámica de frecuencias (DFS) en sistemas de acceso inalámbrico, incluidas las redes radioeléctricas de área local, para proteger el servicio de radiodeterminación en la banda de 5 GHz.
- Informe UIT-R M.2040 – Conceptos y aspectos técnicos clave de las antenas adaptables.

7 Otras Recomendaciones

- Recomendación UIT-R M.1797 – Vocabulario de términos relativos al servicio móvil terrestre.
-