

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

(2004)

1 Cometido

Este Informe considera técnicas para mejorar la compatibilidad entre las tecnologías de interfaces radioeléctricas dúplex por división en el tiempo (DDT) y dúplex por división de frecuencia (DDF) de las IMT-2000 que funcionan en bandas de frecuencias adyacentes y en la misma zona geográfica. El Informe UIT-R M.2030 analizó y presentó los resultados de las consecuencias de la interferencia de canal adyacente sobre la compatibilidad DDF y DDT en la banda 2 500-2 690 MHz, para varias hipótesis. En dicho Informe se identifican varios casos donde es problemática la coexistencia entre redes con DDT y DDF debido a la interferencia entre estaciones de base (EB-EB) o entre estaciones móviles (EM-EM). El presente Informe considera técnicas, dentro de unas clasificaciones especificadas, para reducir esta interferencia y, por consiguiente, mejorar la coexistencia entre redes móviles con DDT y DDF en bandas de frecuencias adyacentes y en la misma zona geográfica. Para ello, el Informe describe el grado de mejora que ofrecen estas técnicas.

El análisis que realiza el Informe considera las siguientes interfaces radioeléctricas de las IMT-2000 funcionando en la banda 2 500-2 690 MHz:

- DDF: Acceso múltiple por división de código con dispersión directa de las IMT-2000 (denominados sistemas AMDC de banda ancha (WCDMA) o acceso radioeléctrico terrenal universal (UTRA) DDF)
- DDT: DDT de AMDC de las IMT-2000: (UTRA DDT) con sus dos modos:
 - alta velocidad de chip (HCR, 3,84 Mchip/s) con DDT, y
 - baja velocidad de chip (LCR, 1,28 Mchip/s) con DDT, conocido también como TD-SCDMA.

Sin embargo, las técnicas de reducción de la interferencia descritas en este Informe pueden ser también aplicables de manera más general a otras bandas de frecuencias y a otras interfaces radioeléctricas con DDT y DDF. Las citadas técnicas tratan los temas identificados en el Informe UIT-R M.2030 y utilizan hipótesis coherentes con las realizadas en dicho Informe. Cuando estas hipótesis no se cumplen para una instalación en particular la mejora obtenida puede ser mayor o menor. Este estudio no es completamente exhaustivo y pueden existir otras técnicas no analizadas pero que se citan en el Informe que pueden ayudar a lograr una instalación compatible de sistemas DDT y DDF en bandas de frecuencia adyacentes.

2 Introducción y resumen

En estudios anteriores se ha observado que puede producirse una interferencia significativa en algunas hipótesis de entre estaciones de base (EB-EB) (tanto si estas estaciones están coubicadas como si funcionan en la misma zona geográfica) así como en casos de estaciones móviles (EM-EM), donde las interrupciones repercutirían en los niveles de servicio de usuario. Estos estudios han considerado sistemas dúplex por división de tiempo (DDT) y dúplex por división de frecuencia (DDF) que funcionan en frecuencias adyacentes en la banda de 2,5 GHz utilizando parámetros representativos para cada hipótesis, y en los cuales no se han tomado medidas específicas para reducir esta interferencia. Los estudios se describen en el Informe UIT-R M.2030 – Coexistencia de las tecnologías terrenales de las interfaces radioeléctricas dúplex por división en el tiempo y dúplex por división en frecuencia de las IMT-2000 alrededor de 2 600 MHz y que utilizan bandas adyacentes en la misma zona geográfica.

Este Informe identifica un cierto número de técnicas que pueden aplicarse para reducir la interferencia entre los sistemas DDT y DDF que funcionan en frecuencias adyacentes. Identifica asimismo la aplicabilidad de estas técnicas a las hipótesis contempladas en el Informe UIT-R M.2030 en las que puede aparecer interferencia y analiza las posibles ventajas de las técnicas. Los criterios de evaluación utilizados en el presente Informe son los mismos que se presentan en el citado Informe UIT-R M.2030; por ejemplo, distancias de separación necesarias y/o requisitos de aislamiento o gama de células soportada, pérdida de capacidad y probabilidad de interferencia.

El Informe también indica la forma en la que puede aplicarse una técnica de reducción de la interferencia en particular, quién debería utilizarla (por ejemplo, el vendedor o el operador) y si se necesita o no una acción coordinada en ambas redes con DDT y DDF.

La instalación con éxito de los sistemas DDT y DDF en bandas adyacentes puede exigir la utilización de una o más de estas técnicas de reducción de la interferencia para resolver las hipótesis de interferencia EB-EB o EM-EM que puedan ser importantes. Este Informe también identifica las posibles limitaciones que puede imponer sobre la instalación completa una técnica determinada de reducción de la interferencia y qué influencia puede tener en la complejidad del sistema y en el comportamiento general de la red.

Algunas de las características de las redes IMT-2000 operativas en la gama de frecuencias 2 500-2 690 MHz probablemente diferirán de las hipótesis realizadas en el análisis del presente Informe y del Informe UIT-R M.2030. Este Informe proporciona información para ayudar a evaluar y optimizar, en las hipótesis identificadas en el Informe UIT-R M.2030, el compromiso que debe lograrse entre las ventajas y los inconvenientes que ofrecen cada una de las técnicas de reducción de la interferencia, en función de la utilización de las bandas de guarda y/o el aumento geográfico de la separación entre células.

Este Informe identifica un conjunto de técnicas de reducción de la interferencia que son útiles para facilitar la coexistencia entre los sistemas DDT y DDF. Cada técnica descrita reducirá los problemas de interferencia pero no los eliminará completamente. Es probable que para obtener un rendimiento satisfactorio sea necesario aplicar simultáneamente varias técnicas de reducción de la interferencia.

En el contexto del presente Informe se realiza una evaluación de las repercusiones de una técnica de reducción de la interferencia en particular y se efectúa una comparación con las diversas hipótesis identificadas y descritas en el Informe UIT-R M.2030. Estas hipótesis puede que no correspondan siempre a casos reales de instalación y hay que ser prudentes a la hora de extrapolar estos resultados a distintos casos. Adicionalmente, teniendo en cuenta la naturaleza de la propagación de RF en el mundo real, el análisis versa fundamentalmente en la simulación y en el análisis estadísticos en vez

de basarse únicamente en los análisis determinísticos de caso más desfavorable o caso más favorable.

Además de las técnicas de reducción de la interferencia, este Informe describe igualmente los mecanismos incluidos en las especificaciones DDT y DDF de las IMT-2000 que también proporcionan una reducción de la interferencia.

3 Consideración de trabajos anteriores sobre este tema

El Informe UIT-R M.2030 estudia la coexistencia entre las tecnologías de las interfaces radioeléctricas DDT y DDF de las IMT-2000 en la gama de frecuencias 2 500-2 690 MHz que funcionan en bandas adyacentes y en la misma zona geográfica. Específicamente, se estudian las propiedades de la interferencia entre los sistemas con dispersión directa de las IMT-2000 (sistemas AMDC de banda ancha o UTRA DDF) y DDT AMDC de las IMT-2000 (UTRA DDT) en sus dos modos, es decir, DDT de alta velocidad de chip (HCR, 3,84 Mchip/s) y DDT de baja velocidad de chip (LCR, 1,28 Mchip/s). A efectos del análisis se supone que los sistemas con DDT y DDF a 2,5 GHz tienen características similares a los sistemas AMDC de banda ancha y de DDT HCR/LCR como se define en [5, 6, 7 y 8].

El Informe UIT-R M.2030 proporciona un análisis y presenta los resultados de las consecuencias de la interferencia de canal adyacente sobre la compatibilidad de DDF y DDT para un cierto número de hipótesis. El estudio se basa en cálculos determinísticos para casos de interferencia entre estaciones de base, obteniéndose las distancias de separación necesarias y/o los requisitos de aislamiento o gama de células soportada. La interferencia causada por las estaciones móviles a las estaciones móviles y las estaciones de base se analiza tanto con cálculos determinísticos como estadísticos obteniéndose los valores de pérdida de capacidad y/o probabilidad de interferencia. Las conclusiones del Informe reflejan únicamente los estudios realizados en dicho Informe.

El Informe UIT-R M.2030 no contempla la mejora potencial lograda por las técnicas de reducción de la interferencia tales como la elección del emplazamiento, la mejora de los equipos, la utilización de antenas adaptativas, etc. Estas técnicas de reducción de la interferencia son objeto del presente Informe.

4 Temas considerados en este documento

4.1 Lista de hipótesis

- EB-EB, AMDC de banda ancha-DDT
 - Interferencia entre macrocélulas con línea de visibilidad directa
 - Interferencia entre macrocélulas (en vehículos)
 - Interferencia entre microcélulas (con visibilidad directa)
 - Interferencia entre microcélulas (peatones)
- EM-EM.

4.2 Lista de clases de técnicas de reducción de la interferencia

- Métodos relativos a las especificaciones
- Características de los equipos (el suministrador mejora las características de los equipos)
- Estructuración del emplazamiento
- Relación de instalación entre emplazamientos.

4.3 Parámetros para las IMT-2000 supuestos en este Informe

Los análisis realizados en el Informe UIT-R M.2030 y en el presente Informe se han basado en las especificaciones para DDF y DDT en [5, 6, 7 y 8]. Estas especificaciones no incluyen los requisitos para la gama de frecuencias 2 500-2 690 MHz. Sin embargo, para el análisis se han supuesto los requisitos para la gama de frecuencias 1 900-2 170 MHz.

Es posible que los requisitos en el caso de la banda 2 500-2 690 MHz para los parámetros relativos a la coexistencia entre DDF y DDT sean diferentes a los de la gama de frecuencias 1 900-2 170 MHz como resultado de los avances tecnológicos y la repercusión de las frecuencias de funcionamiento más elevadas.

5 Técnicas de reducción de la interferencia: Breve descripción de sus características y posible mejora

5.1 Ubicación del emplazamiento

5.1.1 Breve descripción

La ubicación del emplazamiento como técnica de reducción de la interferencia es sólo aplicable a las hipótesis de interferencia de una microestación a una macroestación que supone una instalación en el tejado y a nivel de calle, respectivamente, con un diferencial de altura de antena significativo. Como resultado, el acoplamiento entre las microestaciones de base situadas próximas a las macroestaciones de base se reducirá. Las ventajas las proporcionan los diagramas de antena vertical de las antenas de las macroestaciones y microestaciones de base. Sin embargo, en condiciones de no visibilidad directa las mejoras pueden verse reducidas.

5.1.2 Integración en una tecnología IMT-2000

Se trata de una técnica de instalación independiente de la tecnología utilizada.

5.1.3 Indicación de quién debe aplicar la técnica

La técnica debe ser aplicada por el operador de la microestación de base.

5.1.4 Implicaciones y compromisos

La técnica está disponible debido a las distintas características de emplazamiento (en el tejado o a nivel de calle) entre los tipos de estación de base. Sólo las macroestaciones de base cercanas (aproximadamente a 50 m o menos de la microestación de base) pueden aprovechar plenamente estas ventajas y cabría esperar que la cantidad de aislamiento adicional disminuyera en el caso de una mayor separación entre macroestaciones y microestaciones de base.

5.2 Separación de antenas

5.2.1 Breve descripción

El acoplamiento entre dos antenas situadas en el mismo emplazamiento puede reducirse separando las antenas verticalmente, horizontalmente, o una de otra unos pocos metros.

A efectos de planificación de red la cifra ampliamente aceptada de las pérdidas de acoplamiento para antenas colocadas que no han sido coordinadas es de 30 dB. Cuando pueden realizarse los tres tipos de separación antes descritos (véase el § 5.2.2) pueden lograrse pérdidas de acoplamiento de valores más elevados. La mejora se obtiene utilizando únicamente los diagramas de antena sin el empleo de ningún material para apantallamiento o absorción adicional.

5.2.2 Integración en una tecnología IMT-2000

Se trata de una técnica de instalación independiente de la tecnología.

5.2.3 Indicación de quién debe aplicar la técnica

Es necesario coordinar entre las dos redes instaladas en el emplazamiento de la célula y que funcionan con frecuencias adyacentes.

5.2.4 Implicaciones y compromisos

El emplazamiento para el montaje de las antenas está sujeto a consideraciones prácticas relativas a las características del emplazamiento tales como disponibilidad de espacio, acuerdos de arrendamiento, tendidos de cables coaxiales, ordenamiento jurídico de la zona, etc. No será posible mantener la distancia de separación adecuada entre antenas en todas las estaciones de base coubicadas. Por consiguiente, no podrán aprovecharse plenamente las ventajas de esta técnica en todos los emplazamientos de la red.

Asuntos tales como cobertura de la zona objetivo, interferencia entre sistemas y modelo de reutilización de frecuencias también deben ser tenidos en cuenta a la hora de ubicar las antenas.

5.3 Polarización de antena

5.3.1 Breve descripción

Puede conseguirse aislamiento adicional entre dos antenas de EB con polarización lineal polarizándolas ortogonalmente entre sí. A título de ejemplo puede indicarse que utilizando polarización vertical en una antena y polarización horizontal en la otra es posible reducir el grado de acoplamiento entre ambas. El efecto de acoplamiento se cuantifica como una característica de antena denominada discriminación por polarización cruzada (XPD).

Una posible hipótesis para introducir esta técnica sería el caso de dos antenas de EB muy próximas, potencialmente con visibilidad directa (LoS) entre sí. Si bien las pérdidas en el trayecto subyacentes podrían ser insuficientes a fin de proporcionar el adecuado aislamiento para el funcionamiento de canal adyacente o alterno, el aislamiento adicional debido a la utilización de una polarización ortogonal a la de la fuente interferente podría en principio resolver el problema. Cabe señalar que el grado de aislamiento logrado con XPD de las antenas probablemente puede lograrse cuando las dos antenas se encuentran en la configuración de hipótesis de caso más desfavorable; es decir, acoplamiento del haz principal con visibilidad directa, cuando más se necesita el aislamiento.

5.3.2 Integración en una tecnología IMT-2000

Se trata de una técnica de instalación que es independiente de la tecnología.

5.3.3 Indicación de quién debe aplicar la técnica

Debe tomarse una decisión coordinada para las dos redes que funcionan en frecuencias adyacentes.

5.3.4 Implicaciones y compromisos

Esta técnica no puede utilizarse si alguna de las redes emplea diversidad de polarización.

5.4 Antenas adaptativas

5.4.1 Breve descripción

Las antenas adaptativas pueden definirse como un sistema de antenas capaz de modificar su diagrama de antena de forma dinámica para ajustarse a las características de ruido, interferencia y multitrayecto [9]. Las antenas adaptativas se utilizan para mejorar las señales recibidas y también pueden emplearse a fin de formar los haces de transmisión. Sin embargo, la ventaja inmediata que se obtiene de la utilización de antenas adaptativas en la coexistencia se debe al hecho de que la energía de RF radiada por los sistemas de antena es inferior al caso de las antenas convencionales para un mismo valor de p.i.r.e. y está centrada en regiones limitadas y específicas de una célula en vez de en sectores amplios.

5.4.2 Integración en una tecnología IMT-2000

Las antenas adaptativas están incluidas en las normas TD-SCDMA de las IMT-2000 y pueden también aplicarse a otras tecnologías IMT-2000.

5.4.3 Indicación de quién debe aplicar la técnica

Esta técnica puede integrarse en el soporte físico y lógico de la EB o puede incorporarse a una EB convencional. En el primer caso, la EB debería haber sido diseñada teniendo en cuenta la utilización de sistemas de antena adaptativas y procesamiento espacial como una capacidad integral del sistema. De no ser así, se requerirá la colaboración conjunta de los vendedores tanto de la EB como del sistema de antenas adaptativas.

5.4.4 Implicaciones y compromisos

El motivo más habitual para la instalación de sistemas que utilizan antenas adaptativas es aumentar la capacidad y cobertura de la red logrando así una mejor utilización del espectro disponible. Las antenas adaptativas también pueden utilizarse para obtener control de los nulos del diagrama, situación que no se analiza en este Informe, a fin de reducir la susceptibilidad de las EB a la interferencia procedente de otras EB del sistema. En cualquier caso, la utilización de antenas adaptativas para abordar los problemas de coexistencia probablemente limitará la disponibilidad de las ventajas en cuanto a capacidad y cobertura que normalmente proporcionan.

5.5 Mejoras en el transmisor/receptor

5.5.1 Breve descripción

Para combatir la interferencia entre EB puede utilizarse filtrado o linealización o ambas técnicas a fin de disminuir las emisiones no deseadas procedente de una de las EB y dirigidas a la otra, reduciendo de esa forma la interferencia en la EB afectada. De forma similar, el filtrado en el receptor puede disminuir la interferencia en banda causada a la EB interferida. Cuando se reduce la interferencia global, las EB pueden funcionar más próximas entre sí o permitir una mayor potencia de transmisión o ambas cosas, manteniendo el nivel de interferencia deseado.

5.5.2 Integración en una tecnología IMT-2000

Como se describe en el § 4.3.6, las especificaciones de los sistemas AMDC con dispersión directa de las IMT-2000 y los sistemas AMDC con DDT de las IMT-2000 para la gama de frecuencias 2 500-2 690 MHz pueden definir límites más estrictos que los que se han supuesto en el análisis del Informe UIT-R M.2030 y en el presente Informe. También pueden incluir requisitos opcionales para el caso de colocación de las estaciones de base con DDF y DDT.

Las EB también pueden diseñarse para que mejoren el comportamiento definido en las especificaciones.

5.5.3 Indicación de quién debe aplicar la técnica

Si en la realización se utiliza filtrado adicional, deberá ser específico a las frecuencias empleadas por las dos redes, pero pueden introducirlo los operadores o sus vendedores.

Dependiendo de la categoría de los requisitos normalizados en el instante de la instalación, los efectos de la reducción de la interferencia pueden aumentarse realizando una implementación coordinada tanto en los transmisores de la red interferente como en los receptores de la otra red.

5.5.4 Implicaciones y compromisos

Esta técnica puede utilizarse en todos los emplazamientos dentro de una red (sin las limitaciones de instalación que supone el emplazamiento de las antenas) pero exige alguna complejidad adicional (linealidad del amplificador y/o filtros) en las EB. Para un determinado grado de complejidad y unas pérdidas de inserción de filtro concretas puede lograrse una mayor reducción de la interferencia en el caso de una sola portadora que en el caso de una red multiportadora.

5.6 Control de potencia con DDT

5.6.1 Breve descripción

El control de potencia del enlace descendente con DDT forma parte integrante de la norma DDT y se utiliza para aumentar la capacidad del sistema. Además de incrementar la capacidad del sistema, el control de potencia también proporciona inmunidad adicional a la interferencia en el enlace descendente pues la EB puede adaptar la potencia que transmite dirigida hacia la EM interferida. En particular, utilizando el control de potencia, la señal hacia la EM con DDT puede aumentar hasta contrarrestar la interferencia de un enlace ascendente de la EM con DDF en una frecuencia adyacente. El control de potencia es aplicable a todos los tipos de células (pico, micro, y macro).

5.6.2 Integración en una tecnología IMT-2000

La técnica forma parte integrante de todas las tecnologías IMT-2000.

5.6.3 Indicación de quién debe aplicar la técnica

La técnica es aplicada por el vendedor.

5.6.4 Implicaciones y compromisos

Las simulaciones han demostrado que esta técnica puede proporcionar en muchos casos una solución suficiente a la interferencia entre EM. Sin embargo, cuando los terminales con DDT y DDF están muy próximos entre sí (menos de unos pocos metros) la ventaja que ello aporta puede que no siempre sea suficiente para evitar la interrupción en algunas partes de la célula (por ejemplo, en el borde de la célula o en interiores) o cuando repentinamente deja de transmitir el terminal móvil con DDF. La utilización de control de potencia, además de reducir la interferencia entre EM también disminuye la interferencia general entre células, que aparece en los sistemas con AMDC. Por lo tanto, no hay ningún coste adicional asociado con la utilización del control de potencia.

5.7 Traspaso entre móviles

5.7.1 Breve descripción

El traspaso se ha incorporado a los sistemas móviles de tipo celular principalmente para facilitar la movilidad; sin embargo, una ventaja adicional es que mantiene el comportamiento del sistema en presencia de degradaciones del canal de RF. Realizando una transferencia en la estación móvil, se introduce un cambio (distinto canal de RF, intervalo de tiempo, banda de frecuencias, etc.) coherente con las capacidades, diseño y reglas de instalación del sistema, y en el proceso el sistema tiene la posibilidad de elegir un canal más adecuado.

El traspaso, si bien no está diseñado para reducir la interferencia, puede funcionar en algunos casos como un método contra la interferencia. Esta ventaja no pretendida del traspaso puede servir en ciertas ocasiones pero no debe considerarse como el medio o el método predominante para controlar la interferencia, especialmente en los casos de interferencia procedente del exterior. En cualquier circunstancia, la eficacia del traspaso en situaciones de interferencia y cómo puede utilizarse es un balance entre las ventajas logradas y el aumento de las repercusiones adversas para el sistema.

5.7.2 Integración en una tecnología IMT-2000

El traspaso entre portadoras DDF es obligatorio para las EM. Forma parte integrante de cualquier instalación de baja velocidad de chip DDF de las IMT-2000 y puede ser utilizada por los operadores en los sistemas de alta velocidad de chip DDF de las IMT-2000 cuando el operador explota más de una sola portadora o cuando es posible el traspaso entre tecnologías de acceso radioeléctrico (RAT, *radio access technology*) (DDF o DDT). El control del modo de escape puede ser configurado por los operadores de la red en la construcción de la lista de células vecinas.

5.7.3 Indicación de quién debe aplicar la técnica

El apoyo del mecanismo está normalizado para las EM en el caso de traspaso entre canales y es opcional en el caso de traspaso entre tecnologías de acceso radioeléctrico. Por consiguiente, este último caso exige su realización por parte del vendedor de la EM. Además, la técnica debe ser implantada por el operador.

5.7.4 Implicaciones y compromisos

La eficacia del traspaso en las situaciones de interferencia y cómo puede utilizarse es un balance entre las ventajas logradas y el aumento de las repercusiones adversas para el sistema. Por ejemplo, el traspaso para evitar un canal que presenta una situación de interferencia adversa continua puede reducir la repercusión de la interferencia en el usuario final, pero no hace nada para eliminar la interferencia causada por el sistema e integrar de nuevo dicho canal en el servicio que cursa el tráfico. Por consiguiente, la capacidad del sistema se degrada en el transcurso del proceso de reducción de la repercusión/efecto de la interferencia. El volumen de degradación de la capacidad depende de la intensidad de la interferencia y de la zona que resulta afectada. También puede haber casos en que el traspaso no puede completarse debido a la incapacidad que tiene la red de recibir instrucciones.

En consecuencia, el traspaso debe considerarse como un medio para poder continuar explotando el sistema con un cierto nivel de funcionalidad aceptable en presencia de interferencia, pero asumiendo que va a haber otras repercusiones en el sistema.

El traspaso entre distintos tipos de redes (que emplean diferentes tecnologías de acceso radioeléctrico) depende de la disponibilidad de los terminales de modo doble, de las aplicaciones multimedios compatibles y de la disponibilidad de espectro. Si bien el traspaso no es una técnica de

eliminación de la interferencia, debe considerarse no obstante su capacidad de reducir la interferencia.

5.8 Inclinación de la antena hacia abajo

Este Informe no considera la inclinación de la antena hacia abajo como una técnica autónoma de reducción de la interferencia.

5.8.1 Breve descripción

Si dos antenas de gran tamaño de una EB (situadas en el tejado de la estación) están apuntando una a otra, pueden presentar un fuerte acoplamiento entre ellas. En la planificación de la célula, frecuentemente se inclina hacia abajo la principal de las antenas para mejorar el comportamiento de la red, aumentando de esa forma el aislamiento entre ambas antenas normalmente unos pocos dB.

5.9 Control de potencia con DDF

Este documento no considera el control de potencia con DDF como una técnica autónoma de reducción de la interferencia.

5.9.1 Breve descripción

El control de potencia del enlace descendente con DDF es parte integrante de la norma DDF y se utiliza para aumentar la capacidad del sistema. Además de incrementar dicha capacidad, el control de potencia también proporciona inmunidad adicional contra la interferencia del enlace descendente pues la EB puede adaptar la potencia que transmite dirigida hacia la EM interferida. En particular, utilizando control de potencia, el nivel de la señal que se dirige a la EM con DDF puede aumentarse para contrarrestar la interferencia de una EM (enlace ascendente) con DDT en una frecuencia adyacente a expensas de reducir algo la capacidad. El control de potencia es aplicable a las instalaciones pico, micro y macro. En este Informe no se han considerado los efectos del control de potencia con DDF.

6 Cuadro de clasificación de las técnicas y métodos de reducción de la interferencia

	Nombre de la técnica	Métodos relativos a las especificaciones	Características del equipo (el suministrador mejora las características del equipo)	Estructuración del emplazamiento	Relación de instalación entre emplazamientos
Hipótesis entre EB					
1	Separación: Determinación del emplazamiento			X	X
2	Separación: Separación de las antenas			X	
3	Separación: Polarización de antena				X
4	Antenas adaptativas:	X para TD-SCDMA	X para DDT		
5	Mejoras en el transmisor/receptor: Filtrado adicional		X	X	
6	Mejoras en el transmisor/receptor: Técnicas de linealización		X		
Hipótesis entre EM					
7	Control de potencia con DDT y asignación dinámica de canales:	X (ya está integrado en la norma)	X		
8	Utilización del traspaso:	X (ya está integrado en la norma)			

7 Cuadro de evaluación de la mejora potencial y la aplicabilidad

	Nombre de la técnica	Macro a macro (visibilidad directa)	Macro a micro (vehículos)	Micro a micro (visibilidad directa)	Micro a micro (peatón)	EM a EM
1	Separación: Determinación del emplazamiento	No es aplicable	<17 dB de mejora para vehículos La ventaja lograda a 50 m es probable que sea de hasta 17 dB, igual a la ganancia de antena macro de cresta	No aplicable	No aplicable	No aplicable
2	Separación: Separación entre antenas ⁽¹⁾ : – Vertical – Horizontal – Una con respecto a otra	El valor de referencia para las pérdidas de acoplamiento cuando las antenas comparten un emplazamiento o un mástil es de 30 dB ⁽²⁾ . Si bien no siempre es posible coordinar el proceso de ubicación entre operadores rivales, si puede hacerse, se obtienen entre 15 y 40 dB de aislamiento adicional para dos antenas adyacentes. En condiciones de instalación reales donde puede haber múltiples antenas que causen interferencia, puede lograrse una reducción de 10-15 dB por encima del valor de referencia normalizada de 30 dB	No aplicable	No aplicable	No aplicable	No aplicable
3	Separación: Polarización de la antena	La aplicabilidad se limita a casos particulares y la mejora que puede lograrse se encuentra en la gama de unos pocos dB	No aplicable	No aplicable	No aplicable	No aplicable

	Nombre de la técnica	Macro a macro (visibilidad directa)	Macro a micro (vehículos)	Micro a micro (visibilidad directa)	Micro a micro (peatón)	EM a EM
4	Antenas adaptativas:	Las antenas adaptativas disminuyen el nivel medio de interferencia provocado en la EB interferida por un factor relacionado con el número de elementos con que cuenta el sistema de antenas (por ejemplo, 10 dB en el caso de un sistema de antenas de 10 elementos). Si bien no reduce necesariamente el nivel de cresta de la interferencia experimentada por la EB interferida, disminuye notablemente la probabilidad de que se produzca dicha circunstancia así como la probabilidad global de interrupción	Las antenas adaptativas reducen el nivel medio de interferencia causado en la EB interferida por un factor relacionado con el número de elementos con que cuenta el sistema de antenas (por ejemplo, 10 dB en el caso de un sistema de antenas de 10 elementos). Si bien no reduce necesariamente el nivel de cresta de la interferencia experimentada por la EB interferida, disminuye notablemente la probabilidad de que se produzca dicha circunstancia así como la probabilidad global de interrupción	Las antenas adaptativas reducen el nivel medio de interferencia causado en la EB interferida por un factor relacionado con el número de elementos con que cuenta el sistema de antenas (por ejemplo, 10 dB en el caso de un sistema de antenas de 10 elementos). Si bien no reduce necesariamente el nivel de cresta de la interferencia experimentada por la EB interferida, disminuye notablemente la probabilidad de que se produzca dicha circunstancia así como la probabilidad global de interrupción	Las antenas adaptativas reducen el nivel medio de interferencia causado en la EB interferida por un factor relacionado con el número de elementos con que cuenta el sistema de antenas (por ejemplo, 10 dB en el caso de un sistema de antenas de 10 elementos). Si bien no reduce necesariamente el nivel de cresta de la interferencia experimentada por la EB interferida, disminuye notablemente la probabilidad de que se produzca dicha circunstancia así como la probabilidad global de interrupción	No aplicable

	Nombre de la técnica	Macro a macro (visibilidad directa)			Macro a micro (vehículos)			Micro a micro (visibilidad directa)			Micro a micro (peatón)			EM a EM
5	Mejoras en el transmisor/receptor: Filtrado adicional ⁽³⁾ (resultados para una EB con una sola portadora) Relación de potencia de fuga del canal adyacente (ACLR) ⁽⁴⁾ (dB) Selectividad del canal adyacente (ACS) ⁽⁴⁾ (dB) Primera ACLR ⁽⁴⁾ alternativa (dB) Primera ACS alternativa ⁽⁴⁾ (dB)	Mejora de ACLR/ACS proporcionada por el filtro adicional			Mejora de ACLR/ACS proporcionada por el filtro adicional			Mejora de ACLR/ACS proporcionada por el filtro adicional			Mejora de ACLR/ACS proporcionada por el filtro adicional			No aplicable
		Desplazamiento de frecuencia			Desplazamiento de frecuencia			Desplazamiento de frecuencia			Desplazamiento de frecuencia			
		5 MHz	6 MHz	7 MHz	5 MHz	6 MHz	7 MHz	5 MHz	6 MHz	7 MHz	5 MHz	6 MHz	7 MHz	
		9	35	71	9	35	71	9	35	71B	9	35	71	
		9-15	>35	>71	9-15	>35	>71	9-15	>35	>71	9-15	>35	>71	
	68	68	68	68	68	68	68	68	68	68	68	68		
	>68	>68	>68	>68	>68	>68	>68	>68	>68	>68	>68	>68		
6	Mejoras en el transmisor/receptor ⁽⁴⁾ : Técnicas de linealización del amplificador de potencia para una EB con una sola portadora) Primera alternativa (dB) Adyacente (dB)	ACLR			ACLR			ACLR			ACLR			No aplicable
		18			18			18			18			
		13			13			13			13			

	Nombre de la técnica	Macro a macro (visibilidad directa)	Macro a micro (vehículos)	Micro a micro (visibilidad directa)	Micro a micro (peatón)	EM a EM
7	Control de potencia con DDT: – DDT pico – DDT macro	No aplicable	No aplicable	No aplicable	No aplicable	Esto puede proporcionar una solución suficiente en muchas hipótesis de interferencia entre EM. Sin embargo, cuando los terminales DDT y DDF están muy próximos entre sí (menos de unos cuantos metros) puede que esta ventaja no sea siempre suficiente para evitar la interrupción en algunas partes de la célula (por ejemplo, en el borde de la célula o en interiores) o cuando deja repentinamente de transmitir el terminal móvil con DDF

	Nombre de la técnica	Macro a macro (visibilidad directa)	Macro a micro (vehículos)	Micro a micro (visibilidad directa)	Micro a micro (peatón)	EM a EM
8	Utilización de traspaso entre canales o entre redes	No aplicable	No aplicable	No aplicable	No aplicable	Cuando está disponible, reduce la probabilidad o elimina la posibilidad de la interferencia de EM a EM tanto en el caso DDT a DDF como en el caso DDF a DDT. Sin embargo, puede haber casos en que el traspaso no pueda completarse debido a la incapacidad de la red para recibir instrucciones

⁽¹⁾ Para la planificación de la red normalmente se utiliza una pérdida de acoplamiento mínima (MCL, *minimum coupling loss*) de 30 dB pero estos valores más elevados pueden lograrse cuando existen las condiciones y el espacio adecuados. Los parámetros considerados para obtener los valores del Cuadro son los siguientes:

- separación vertical: dos antenas sectoriales de 90° con polarización vertical de 16 dBi y unos 2 m de separación vertical;
- separación lateral: dos antenas sectoriales de 90° y polarización vertical de 16 dBi con una separación horizontal de unos 4 a 6 m;
- separación entre antenas: dos antenas sectoriales de 90° con polarización vertical de 16 dBi con una distancia de separación horizontal entre 1 y 1,5 m.

⁽²⁾ Los motivos de este valor particular se describen en 3GPP TR 25.942.

⁽³⁾ Ejemplo para un filtro de cavidad de ocho secciones a 2,6 GHz; este filtro se extrapola a partir de un filtro disponible comercialmente a 1,9 GHz con una banda de paso de valor nominal de 5 MHz y unas pérdidas de inserción de unos 2 dB.

⁽⁴⁾ Estos valores son relativos a unos valores básicos de 3GPP de 45 dBc y 55 dBc para los canales adyacente y alterno, respectivamente.

8 Conclusiones

El Informe UIT-R M.2030 estudió la coexistencia entre las interfaces radioeléctricas DDT y DDF de las IMT-2000 que funcionan en bandas adyacentes y en la misma zona geográfica, en la banda de frecuencias 2 500-2 690 MHz. Identificó varias hipótesis donde la interferencia EB-EB y EM-EM era un problema importante.

El presente Informe investiga técnicas para mejorar la compatibilidad entre las dos interfaces radioeléctricas para las hipótesis problemáticas identificadas en el citado Informe UIT-R M.2030. La aplicación de estos mecanismos reduciría el tamaño de la banda de guarda y/o de las distancias de aislamiento que serían necesarias, y en algunos casos incluso podría eliminarlas.

El Informe identifica ciertas técnicas que pueden mejorar significativamente la reducción de la interferencia entre redes con DDT y DDF en las hipótesis consideradas. Una sola técnica no producirá una plena reducción de la interferencia en todas las hipótesis posibles. Sin embargo, una combinación de técnicas puede ser una solución para reducir la interferencia DDT/DDF en muchas situaciones. Algunas de las técnicas deben aplicarse durante el proceso de coordinación de la red. Un cierto número de técnicas sólo son aplicables para hipótesis específicas y/o exigen que la técnica sea implantada por el fabricante de la EB. No obstante, podrían considerarse estas técnicas de reducción de la interferencia para determinar si existen requisitos de banda de guarda entre los dos sistemas.

Los resultados de este Informe se basan en las especificaciones 3GPP existentes para la banda de 2 GHz. El Informe puede ayudar a elaborar las especificaciones para la banda 2 500-2 690 MHz.

Anexo 1

Determinación del emplazamiento

1 Discusión

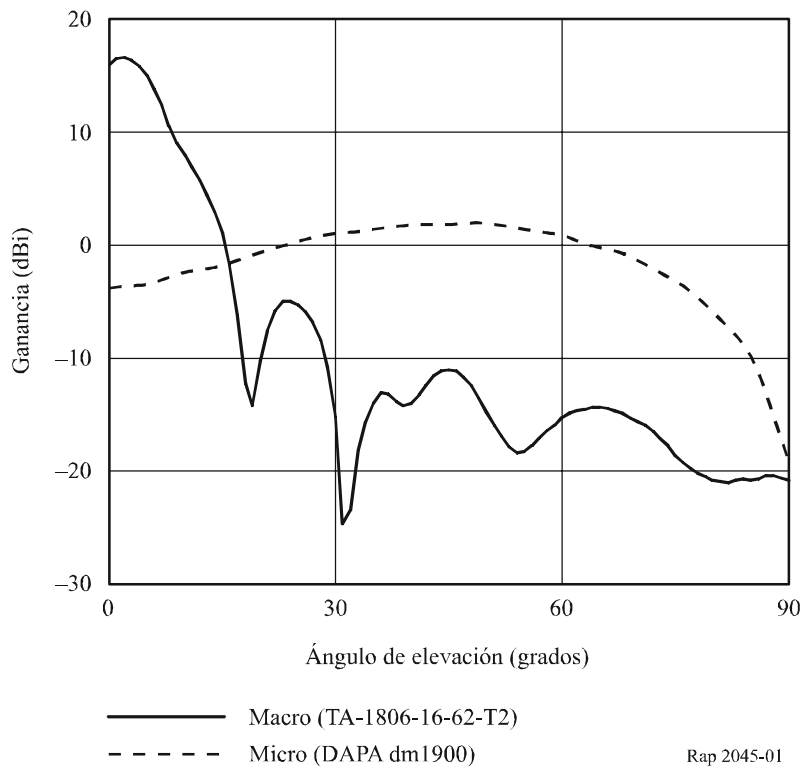
Este Anexo describe las hipótesis que desembocan en la determinación de las ventajas que supone para la reducción de la interferencia la ubicación de las antenas a distintas alturas sobre el suelo. Esta estrategia del emplazamiento de las antenas es típica en el caso de instalaciones jerárquicas multicapa en zonas urbanas con macrocélulas ubicadas en los techos de los edificios y microcélulas situadas a unos pocos metros por encima del suelo (a nivel de calle).

Las ventajas dependen de los diagramas de antena de las macro y microantenas y del régimen de propagación entre ellas; es decir, con LoS o sin LoS. Si bien ambas situaciones son posibles, es mucho más probable la situación de ausencia de visibilidad directa y, por consiguiente, el Informe UIT-R M.2030 se ha centrado en el modelo de propagación de vehículos con una separación de antenas de 50 m. Tanto las macroantenas como las microantenas son directivas en el plano vertical. Sin embargo, la baja ganancia que presenta la microantena y su proximidad a otros objetos la hace prácticamente omnidireccional y puede ignorarse.

En el caso de visibilidad directa se supone que las ventajas dependen del diagrama de antena en concreto de la macroantena así como del emplazamiento relativo exacto de las antenas (verticalmente y horizontalmente). Se ha utilizado una antena disponible comercialmente con una inclinación hacia abajo de 2-3° (véase la Fig. 1) como ejemplo que proporciona una reducción de las pérdidas de acoplamiento (con respecto al centro del haz) de unos 23 dB a 50 m con una altura diferencial entre antenas de 25 m. Aunque no es constante, esta ventaja generalmente disminuye a medida que aumenta la distancia y toma un valor prácticamente cero en las proximidades del ángulo de inclinación hacia abajo de la antena.

Para la propagación sin visibilidad directa es más seguro suponer que los nulos en el diagrama de antena se rellenarán con las reflexiones y utilizar, por lo tanto, la envolvente del diagrama de antena. Con hipótesis similares a las realizadas para el caso de visibilidad directa, se ha considerado que la ventaja de la no LoS en la reducción de las pérdidas de acoplamiento es de 17 dB.

FIGURA 1
Ejemplo de diagramas de antena (macro-micro)



2 Modelo de propagación

Espacio libre:

$$PL_{dB} = 38,1 + 20 \log_{10}(d \text{ (m)})$$

En vehículo: (ajustado para 2,6 GHz y una antena situada a 15 m por encima del nivel medio del techo)

$$PL_{dB} = 130,5 + 37,6 \log_{10}(d \text{ (km)})$$

Anexo 2

Determinación de la separación entre antenas

1 Efecto de la separación de las antenas

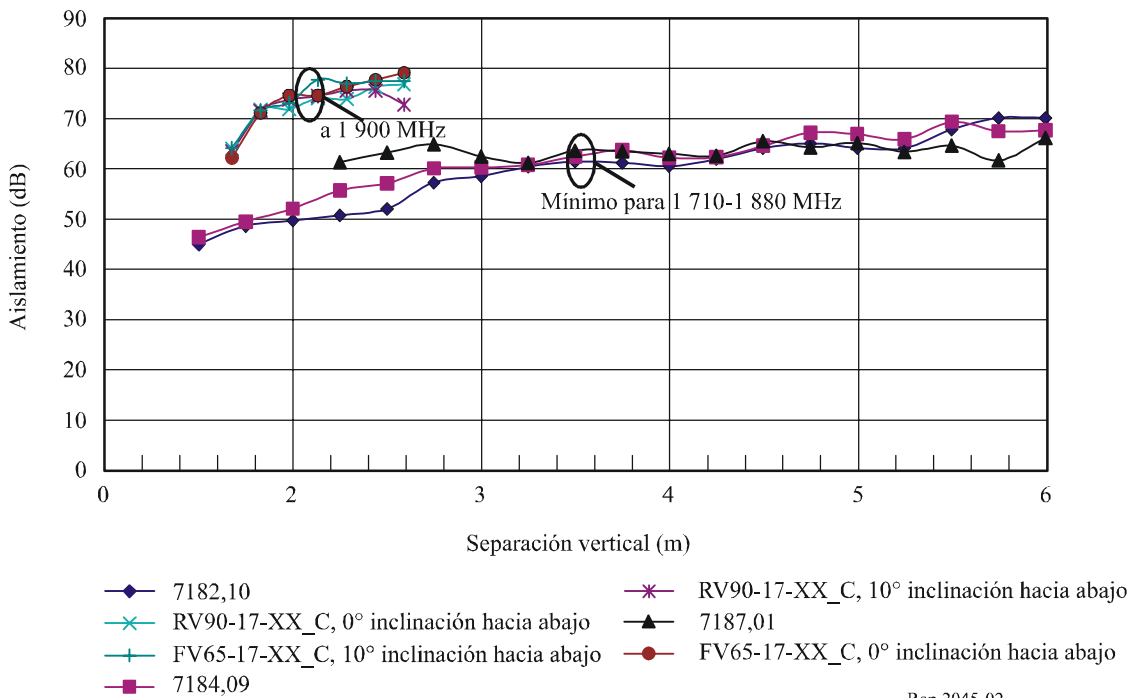
El valor de las mínimas pérdidas de acoplamiento de 30 dB generalmente acordado para una instalación sin coordinar se ha obtenido a partir del caso de dos antenas montadas en postes separados situados a 10 m entre sí. Este valor también se ha utilizado en el Informe UIT-R M.2030. Al montar las antenas sobre el mismo poste pueden aumentar las pérdidas de acoplamiento. El grado de aumento depende de la orientación relativa de las antenas y de su separación. Se han considerado emplazamientos de antenas verticales, horizontales y laterales que han proporcionado un aumento considerable. El último caso de emplazamiento no se considera práctico en instalaciones reales. En varias mediciones realizadas entre dos antenas, según han informado varias empresas, se ha observado una mejora entre 15 y 40 dB por encima de las mínimas MCL sin coordinar para una separación de unos pocos metros (medida desde los centros de las antenas). En la Fig. 2 aparecen los resultados de las mediciones con separación vertical.

Sin embargo, en muchos casos deben instalarse antenas múltiples (por ejemplo, para una instalación por sectores) a la misma altura del poste, lo que reducirá la mejora de las mínimas MCL a un valor de 10-15 dB.

FIGURA 2

Ejemplos de aislamiento de antenas con separación vertical

(La Figura 2 muestra el comportamiento de antenas disponibles en el comercio a unos 2 GHz)



Anexo 3

Consecuencias de la utilización de la tecnología de antenas adaptativas

Dado que la interferencia EB macro con DDT-EB macro con DDF se identificó como el caso más problemático en el Informe UIT-R M.2030, el análisis que aquí se hace es para el caso de zonas tanto rurales como urbanas. Generalmente, todas las hipótesis en el cálculo de los niveles de interferencia incluidas las alturas de antena, la relación de potencia de fuga del canal adyacente (ACLR), la selectividad del canal adyacente (ACS), las anchuras de banda de canal, la sensibilidad del receptor, etc. son coherentes con [1]. Más adelante se indican la ganancia y el diagrama del sistema de antenas adaptativas. A partir de estos parámetros, el máximo nivel aceptable de interferencia externa, I_{ext} , también se obtiene del Informe UIT-R M.2030.

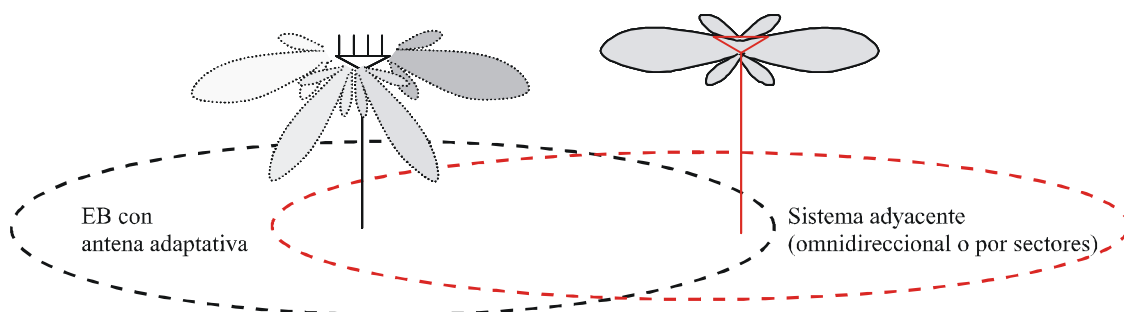
1 Información general

Las antenas adaptativas repercuten en un sistema inalámbrico de varias formas: mediante una combinación coherente de las señales entrantes, logrando grandes ganancias por diversidad que contrarrestan el desvanecimiento no correlado entre múltiples antenas y suprimiendo o disminuyendo la interferencia. Un sistema de antenas adaptativas con M elementos es capaz de anular $M-1$ fuentes interferentes. Sin embargo, en el análisis actual se ha supuesto que esta capacidad del sistema se utiliza únicamente para contrarrestar la interferencia dentro de la red y no se incluye en las simulaciones de la interferencia entre redes. En el Informe UIT-R M.2040 – Conceptos y aspectos técnicos clave de las antenas adaptables, aparece información de fondo adicional sobre sistemas de antenas adaptables.

Sin embargo, para la coexistencia, la ventaja directa que se obtiene de la utilización de antenas adaptativas se debe al hecho de que, por un lado, la energía de RF radiada por los sistemas de antena es inferior a la producida por las antenas convencionales para una misma p.i.r.e. y densidad de usuarios y, por otro lado, está dirigida a regiones limitadas y específicas de una célula en vez de a sectores amplios. Como los usuarios están distribuidos dentro de la superficie de la célula, probablemente el sistema de antenas adaptativas apuntará sus haces hacia los emplazamientos de usuario, disminuyendo de esa forma la probabilidad de provocar o recibir interferencia dirigida o procedente de otras estaciones, como se ilustra en la Fig. 3.

FIGURA 3

La distribución de los haces de los sistemas de antenas adaptativas en el tiempo y en el espacio disminuye la probabilidad de interferencia



Por regla general, las especificaciones 3GPP permiten la utilización de sistemas de antenas adaptativas que pueden ser realizadas de forma distinta por cada vendedor de equipos. Los resultados que aquí se presentan suponen que la conformación del haz se realiza sobre canales especializados para la comunicación entre las EB con DDT y los móviles situados dentro de la zona de cobertura de su célula, efectuándose una transmisión omnidireccional del canal de difusión. Puede haber técnicas, no descritas aquí, que proporcionan un mejor comportamiento.

2 Modelos de propagación

Para macrocélulas, se recomienda el siguiente modelo de pérdidas del trayecto en [1].

$$L = 40(1 - 4 \times 10^{-3} \Delta h_b) \log_{10}(R) - 18 \log_{10}(\Delta h_b) + 21 \log_{10}(f) + 80 + FM \quad (1)$$

siendo:

FM: margen de apantallamiento con distribución log-normal y una desviación típica de 10 dB

f: frecuencia (MHz)

Δh_b : altura de la antena de la EB por encima del nivel de los tejados circundantes

R: distancia (km).

En el Informe UIT-R M.2030 se utilizan varios modelos de propagación para las simulaciones de coexistencia. Sin embargo, dicho Informe utiliza un modelo de doble pendiente extraído de [3] para el caso de interferencia EB-EB en macrocélulas. Este modelo se formula mediante la ecuación (2) para 2,6 GHz.

$$L_{LoS} = \begin{cases} 40,7 + 20 \log_{10}(d) & \text{para } 1 \leq d \leq d_{disc.} \\ 40,7 - 20 \log_{10}(d_{disc.}) + 40 \log_{10}(d) & \text{para } d \geq d_{disc.} \end{cases} \quad (2)$$

$$d_{disc.} = \frac{4h_{tx}h_{rx}}{\lambda}$$

En la ecuación (2), h_{tx} y h_{rx} son las alturas de las antenas del transmisor y receptor por encima del nivel de los tejados circundantes, λ es la longitud de onda, d es la distancia entre el transmisor y el receptor y $d_{disc.}$ es el punto crítico de inflexión o discontinuidad asociado a la primera zona de Fresnel, todo ello expresado en metros. Cabe señalar que para alturas de antena encima de los tejados típicas y en la gama de frecuencias considerada para las tecnologías IMT-2000, este modelo se comporta como un modelo de visibilidad directa en el espacio libre para la mayoría de las distancias de instalación.

3 Análisis determinísticos sin antenas adaptativas

Dada la relación de interferencia de canal adyacente (ACIR), es posible calcular la distancia de separación necesaria hasta una EB con DDT que interfiere a una EB con DDF sin la ventaja de contar con antenas adaptativas.

La potencia de salida media de la EB con DDT, incluido el factor de actividad de DDT (que se supone de 0,5) es la siguiente:

$$P_{ave} = P_{tx} - 3 = 43 - 3 = 40 \text{ dBm}$$

La ganancia resultante global, suponiendo que ambas antenas de la EB están alineadas a través de sus haces de máxima ganancia sin inclinación hacia abajo (caso más desfavorable) es:

$$G = G_{tx} + G_{rx} = 15 + 15 = 30 \text{ dBi}$$

Con los valores de ACLR y ACS del Cuadro 1:

$$ACIR = 10 \log_{10} \left(\frac{1}{\frac{1}{ACLR} + \frac{1}{ACS}} \right) = 10 \log_{10} \left(\frac{1}{\frac{1}{10^7} + \frac{1}{10^{4,6}}} \right) = 45,98 \approx 46 \text{ dB}$$

Las pérdidas en el trayecto necesarias, suponiendo una interferencia de canal adyacente tolerable de -114 dBm se calculan como sigue:

$$L = P_{ave} + G - ACIR - I = 40 + 30 - 46 - (-114) = 138 \text{ dB} \tag{3}$$

Utilizando el modelo de propagación indicado por la ecuación (2), la distancia de separación necesaria para lograr 138 dB de pérdidas en el trayecto debe ser 9 541 m, valor bastante prohibitivo.

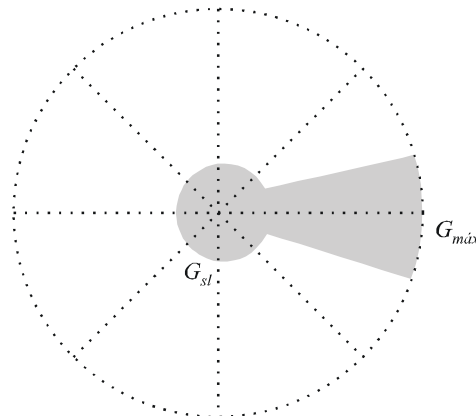
Conociendo la distancia, puede reordenarse la ecuación (3) para obtener el valor de ACIR necesario.

4 Análisis estadístico con antenas adaptativas

Como se ha descrito anteriormente, demostrar el efecto de introducir un sistema de antenas adaptativas en la EB exige realizar el análisis estadístico indicado en [3] y en el Informe UIT-R M.2030. Este análisis tendría en cuenta las variaciones en los emplazamientos relativos de la EB y sus distancias de separación, así como la dirección variable en el tiempo y la ganancia de la antena adaptativa en el canal adyacente en dirección hacia la EB interferida. Con dicho análisis se obtendría una determinación más precisa del porcentaje de tiempo durante el cual la EB interferida se encuentra interrumpida debido a la interferencia procedente del sistema que funciona en la banda adyacente. Esos valores permitirían determinar el aislamiento adicional necesario para lograr el nivel aceptable de degradación descrito en el Informe UIT-R M.2030 y en ETSI 25.942 [1].

En la Fig. 4 se representa un modelo simplificado de un diagrama de haz de antenas adaptativas.

FIGURA 4
Modelo simplificado para el plano E y el plano H del haz de un sistema de antenas adaptativas



La máxima ganancia del haz de un sistema de antenas adaptativas, $G_{m\acute{a}x}$, generalmente está relacionada con los parámetros del sistema de la forma siguiente:

$$G_{m\acute{a}x} = G_{elemento} + 10 \log_{10} M \quad (4)$$

En la fórmula anterior, M es el número de elementos del sistema de antenas y $G_{elemento}$ es la ganancia de un solo elemento del sistema. En el caso de interferencia de canal adyacente, debido a la pérdida de coherencia en el acoplamiento entre haces fuera de banda, puede suponerse que la ganancia del sistema de antenas adicional con respecto a $G_{elemento}$ es $5 \log_{10}(M)$ en el acoplamiento del haz principal en todos los análisis. La dirección aleatoria del haz del sistema de antenas adaptativas y la supresión del lóbulo lateral y posterior hace que los lóbulos laterales superiores sean algo mayores que otros lóbulos, a menos que se utilicen técnicas de conformación del haz muy complicadas y sistemas de gran tamaño. Si la fuente de interferencia y el sistema interferido comparten únicamente el plano horizontal (pero no el plano vertical), los lóbulos laterales de los elementos individuales del sistema de antenas afectan a la potencia de interferencia. En este caso, se supone que la ganancia del sistema es igual a la ganancia del elemento individual a través de sus lóbulos laterales. Si el sistema interferido y la fuente interferente comparten únicamente el plano vertical (pero no el plano horizontal), la ganancia del sistema de antenas viene dada por la ecuación (5).

$$G = G_{elemento} - 10 \log_{10} M \quad (5)$$

Si la fuente de interferencia y la víctima no comparten ningún plano, la ganancia viene dada por la ecuación (6).

$$G = G_{elemento} - 20 \log_{10} M \quad (6)$$

Anexo 4

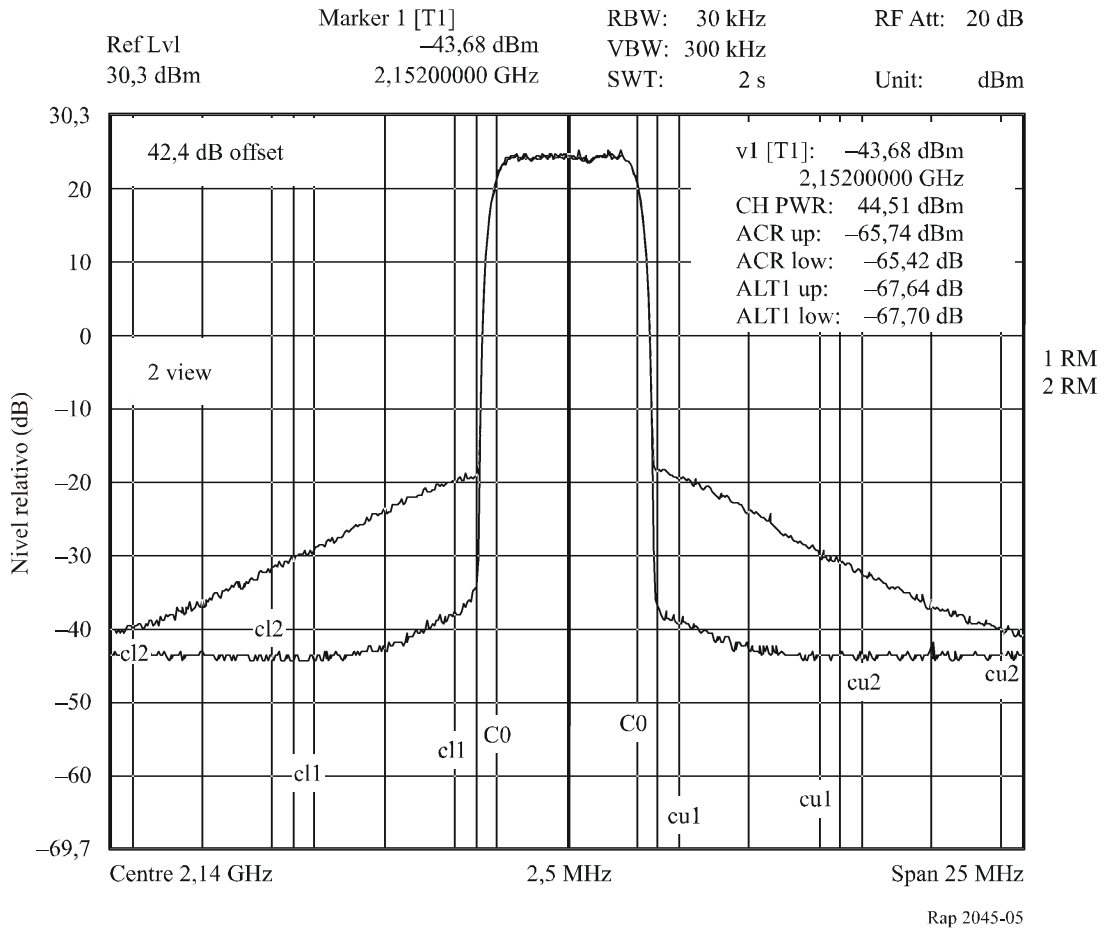
Linealización del amplificador de potencia

Se han determinado las necesidades de las emisiones de una EB general de manera que puedan satisfacerse con un amplificador de potencia multiportadora sin filtro y con técnicas de linealización normalizadas. Versiones posteriores de la norma que no han sido consideradas en el Informe UIT-R M.2030 han impuesto requisitos más estrictos a las EB con DDT diseñadas para su funcionamiento en las proximidades de EB con DDF.

Este Anexo presenta un ejemplo (véase la Fig. 5) de un amplificador de potencia comercial que puede mejorar el valor de ACLR1 aproximadamente 18 dB desde su línea base de -45 dBc, hasta unos -63 dBc y de ACLR2 (relación de potencia de fuga del canal adyacente en el segundo canal alternativo) aproximadamente 13 dB, desde su línea de base de -55 dBc hasta unos -68 dBc, para una sola portadora. Además, ello se logra sin degradar sustancialmente la eficacia del amplificador de potencia.

FIGURA 5

Ejemplo de mejora de ACLR1 y ACLR2



Anexo 5

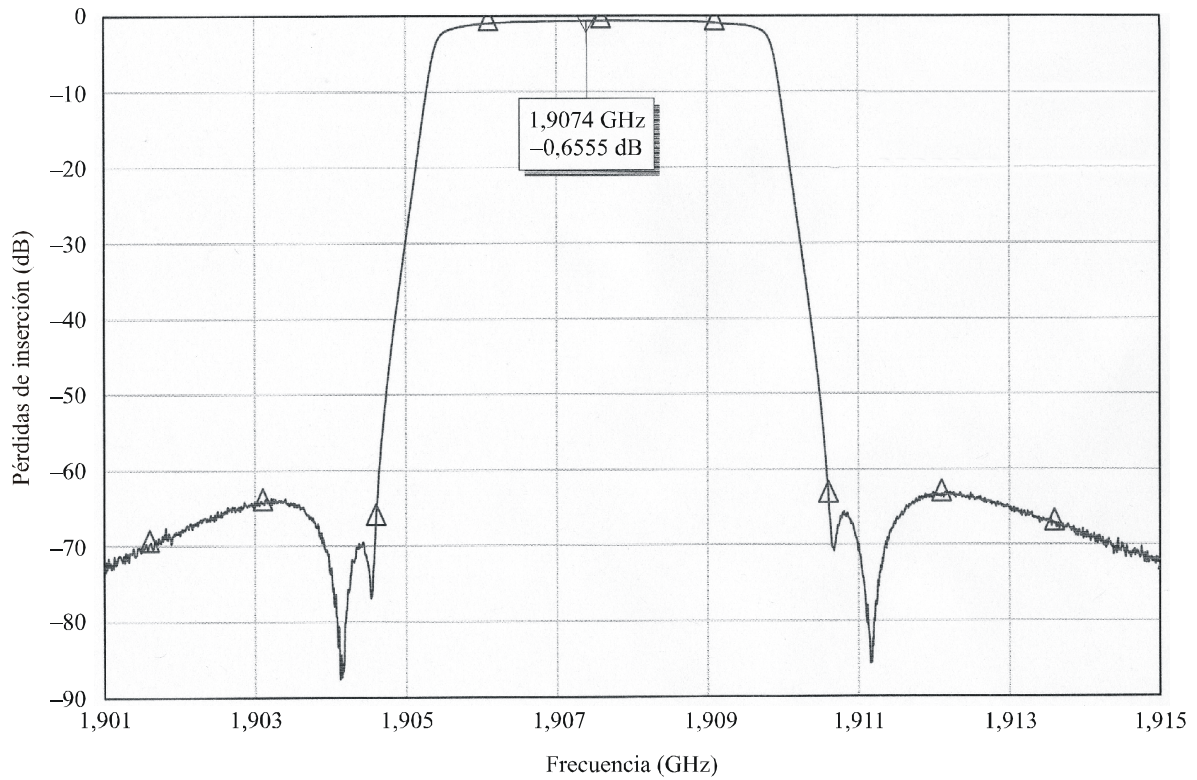
Mejora de los equipos de la EB - Filtrado

Un filtro de 8 secciones de una sola portadora que funciona a 1,9 GHz y está disponible en el mercado constituye un ejemplo de las posibles mejoras que pueden lograrse a través del filtrado. La respuesta del filtro aparece en la Fig. 6. Este filtro se ha extrapolado hasta una frecuencia de 2,6 GHz sin ningún intento de optimizar el diseño.

Para determinar las mejoras obtenidas en las emisiones no deseadas, la respuesta del filtro se pondera mediante la máscara de emisiones de la EB y la respuesta del filtro de raíz de coseno alzado del receptor. El cálculo de la mejora en la selectividad del receptor exige conocer exactamente las características del filtro del receptor que no vienen definidas por la norma. Sin embargo, puede suponerse que la mejora se encuentra entre el valor obtenido suponiendo una respuesta rectangular (uniforme) y la obtenida con un filtro de raíz de coseno alzado.

FIGURA 6

Ejemplo de filtro con pérdidas de inserción y rechazo



△ Filtro de cavidades - 8 secciones

Rap 2045-06

Anexo 6

Hipótesis y metodologías utilizadas para evaluar los efectos del control de potencia

1 EB pico con DDT

CUADRO 1

Defectos del control de potencia: Hipótesis para instalación DDT pico

Tamaño del edificio	110 × 110 m
Distancia al edificio desde la DDF macro	740 m
Número de salas	20 salas en 4 filas
Número de picocélulas con DDT	4
Tamaño de la sala	22 × 25 m
Longitud de las columnas de apoyo	3 m
Número de pasillos	2
Tamaño del pasillo	110 × 5 m
Tamaño del punto de entrada	5 m
Número de pisos con acceso	Ninguno
Pérdidas en el muro exterior	10 dB
Pérdidas en el muro interior	6,9 dB (pesado), 3,4 dB (ligero)
Pérdidas en las columnas de apoyo	6,9 dB
Distribución de los usuarios	85% en las oficinas, 15% en los pasillos

CUADRO 2

Efectos del control de potencia: Hipótesis para instalación con DDF

Número de células	3
Radio de la célula (sector)	500 m
Distribución de los usuarios	<i>Célula 1</i> : 20% situados en el edificio y el resto uniformemente distribuidos a través de la superficie de hexágonos <i>Células 2 y 3</i> : densidad uniforme a lo largo de la superficie de los hexágonos

CUADRO 3

Efectos del control de potencia: Características de un sistema DDT pico

Ganancia de la antena de la EB		4 dBi (omnidireccional)
Pérdidas de acoplamiento de la antena de la EB		2 dB
Máxima potencia del transmisor de la EB		22 dBm
Ganancia de antena de la EM		0 dBi
Pérdidas de acoplamiento de la antena de la EM		0 dB
Selectividad del canal adyacente de la EM		33 dB
Factor de ruido del receptor de la EM		9 dB
Velocidad binaria de usuario		12,2 kbit/s (2 códigos de factor de dispersión 16)
<i>C/I</i> necesaria por código		-4,3 dB
Eficacia de la detección de usuario múltiple		95%
Atribución dinámica de canales (intervalo a célula)		8 intervalos de enlace descendente
Atribución dinámica de canales (usuario a intervalo)		Códigos de usuario preferentemente asignados a intervalos con la menor interferencia
Control de potencia	DESC.	Fijo 13 dBm por usuario
	CON.	Variable entre -8 dBm y 22 dBm

CUADRO 4

Efectos del control de potencia: Características del sistema DDF macro

Ganancia de la antena de la EB	17 dBi (antena trisectorial normalizada)
Pérdidas de acoplamiento de la antena de la EB	2 dB
Factor de ruido del receptor de la EB	5 dB
Ganancia de la antena de la EM	0 dBi
Pérdidas de acoplamiento de la antena de la EM	0 dB
Máxima potencia del transmisor de la EM	22 dBm
ACLR de la EM	33 dB
Velocidad binaria	12,2 kbit/s
<i>C/I</i> necesaria	-17,4 dB
Control de potencia	Activado
Traspaso con continuidad	Desactivado

1.1 Plan de simulación

Se realizaron simulaciones con y sin control de potencia y con y sin la EM con DDF interferente.

La carga del sistema con DDF se fijó de modo que la tasa de interrupciones fuese en torno al 2% cuando no hay interferencia DDF. La carga del sistema DDF se fijó de manera que el nivel medio de ruido más interferencia en la EB con DDF fuese de unos 6 dB por encima del ruido térmico.

2 EB macro con DDT

CUADRO 5

Características del sistema y de la instalación de los macrosistemas con DDF y DDT

	DDF	DDT
Tipo de edificio	El mismo que se utiliza para la pico instalación con DDT	
Distancia del edificio a la EB macro	320 m (al centro del edificio)	
Instalación con DDF y DDT	Cubicado	
Distribución de los usuarios	20% en el edificio	
Ganancia de la antena de la EB	17 dBi (antena trisectorial normalizada)	
Tamaño de la rejilla	Basada en una instalación del sector centrada con una distancia de 600 m entre emplazamientos	
Pérdidas de acoplamiento de la antena de la EB	2 dB	
Ganancia de antena de la EM	0 dBi	
Pérdidas de acoplamiento de la antena de la EM	0 dB	
Factor de ruido del receptor de la EB	5 dB	–
Factor de ruido del receptor de la EM	–	9 dB
Máxima potencia del transmisor de la EM	22 dBm	–
Máxima potencia del transmisor de la EB	–	39 dBm
ACLR de la EM	33 dB	–
ACS de la EM	–	33 dB
Velocidad binaria	12,2 kbit/s	64 kbit/s
C/I necesaria por código	–17,4 dB	–4,8 dB
Número de intervalos	–	8 intervalos de tiempo por cada enlace descendente
Atribución dinámica rápida de canales	–	Activada
Control de potencia	Activada	

2.1 Plan de simulación

La carga del sistema con DDT se fija de tal manera que la intensidad de interrupción sea en torno al 2% cuando no hay interferencia DDF. La carga del sistema DDF se establece de manera que el nivel medio de ruido más interferencia en la EB con DDF sea en torno a 6 dB por encima del ruido térmico.

3 Modelos de pérdidas de trayecto utilizados para estudiar los efectos del control de potencia

3.1 Entorno de prueba en interiores

Este modelo se utilizó para determinar las pérdidas de trayecto entre:

- un móvil con DDF en interiores y un móvil con DDT (obsérvese que todos los móviles con DDT están en interiores);
- un móvil con DDT y una EB con DDT.

Utilizando la siguiente fórmula [2]:

$$L = 37 + 20 \log_{10}(R) + \sum_i k_{wi} L_{wi} + 18,3 n \left(\frac{n+2}{n+1} - 0,46 \right)$$

siendo:

- R : separación entre el transmisor y el receptor (m)
- k_{wi} : número de muros perforados de tipo i
- L_{wi} : pérdidas en el muro de tipo i (dB) (muros ligeros y pesados)
- n : número de pisos perforados.

Al resultado se añadió una componente de apantallamiento log-normal con una desviación típica de 6 dB.

3.2 Entorno de prueba de exteriores a interiores

Este modelo se utilizó para calcular las pérdidas de trayecto entre un móvil con DDF en exteriores y un móvil con DDT.

El modelo se describe en [2] y se reproduce aquí para mayor facilidad.

El nodo en interiores se proyecta a posiciones virtuales en los lados del edificio. Se calcula la atenuación entre el nodo en exteriores de interés y cada una de las posiciones virtuales utilizando el modelo de propagación en vehículos. También se calcula la atenuación entre el nodo en interiores y cada una de las posiciones virtuales como sigue:

$$L_{iv}^j = \sum_i k_{wi} L_{wi} + \alpha R$$

siendo:

- k_{wi} : número de muros perforados del tipo i
- L_{wi} : pérdidas en el muro de tipo i (dB)
- α : atenuación de 0,8 dB/m.
- R : separación entre la posición virtual y el nodo en interiores (m)

Se añaden las pérdidas en interiores, las pérdidas en exteriores y las pérdidas por penetración en el muro exterior:

$$L^j = L_{ov}^j + L_{ow} + L_{iv}^j$$

siendo:

L_{ov}^j : pérdidas de trayecto entre el nodo en exteriores y la posición virtual j (dB)

L_{ow} : pérdidas en el muro exterior del edificio (dB)

L_{iv}^j : pérdidas de trayecto entre el nodo en interiores y la posición virtual j (dB)

Por último, se seleccionan las pérdidas de trayecto más bajas a través de todas las posiciones virtuales.

El modelo de propagación descrito en este punto se aplica en ambos sentidos; es decir, de interiores a exteriores y de exteriores a interiores. El muro exterior del edificio presenta una pérdida de 10 dB.

Se añade al resultado una componente de apantallamiento log-normal con una desviación típica de 6 dB.

3.3 Entorno de pruebas con vehículos

Este modelo se utiliza para calcular las pérdidas de trayecto entre los siguientes nodos:

- una EB con DDF y un móvil con DDF en exteriores
- una EB con DDF y un móvil con DDF en interiores, tras la adición de una pérdida por penetración fija de 15 dB.

Este valor puede consultarse en el § B.1.4.1.3 de [4].

Se añade al resultado una componente de apantallamiento log-normal con una desviación típica de 10 dB.

Anexo 7

Traspaso

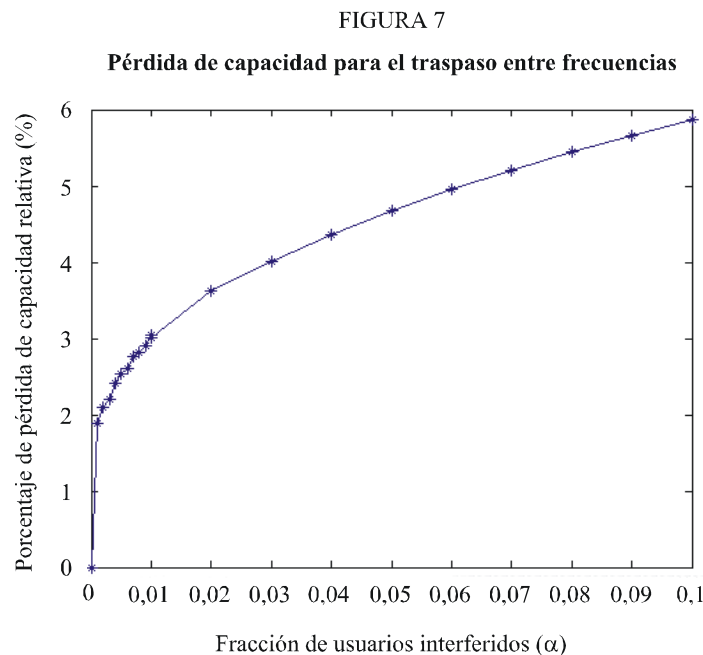
En este Anexo se discute la utilización, disponibilidad e implicaciones del traspaso como herramienta para reducir los efectos de la interferencia de EM a EM. Se consideran dos tipos de traspaso, entre canales y entre tecnologías de acceso radioeléctrico (DDF o DDT) (o entre otras palabras: dentro del modo entre DDF y DDT).

Disponibilidad: Todos los móviles son capaces de realizar un traspaso entre frecuencias. La capacidad del operador para efectuar el traspaso a una portadora distinta depende también de la disponibilidad que tenga el operador de múltiples portadoras. Por consiguiente, esta técnica probablemente está disponible para DDF (con 2-3 pares por operador típicamente) y para LCR con DDT (con 3 subportadoras) y puede estar disponible para operadores HCR con DDT.

Además, los móviles en modo doble (o RAT doble) también son capaces de realizar un traspaso a otras tecnologías de interfaces radioeléctricas (RAT) siempre que el operador instale ambas RAT y el servicio pueda proporcionarse a las dos. Por ejemplo, el traspaso a GSM/GPRS/EDGE puede efectuarse para servicios de paquetes de datos con velocidad media y un tamaño de capacidad de manera que no se modifique la latencia. Esta técnica es adecuada cuando se espera que el modo primario (por ejemplo, DDT) tenga una baja penetración en el mercado.

Utilización: El traspaso se ejecuta mediante instrucciones de red que funcionan mejor cuando la interferencia crece gradualmente (por ejemplo, como resultado de desplazarse cerca de la fuente de interferencia). Sin embargo, hay veces en que la interferencia aumenta de manera brusca (por ejemplo, como resultado de la conexión de un móvil interferente) y no pueden recibirse las instrucciones de la red. En este caso, el móvil ejecutaría un registro independiente a otra portadora o RAT (si se ha detectado antes). Este proceso se denomina resolución de célula en DDT y en DDF IMT-2000 y reintento dirigido en GSM. Es de breve duración (del orden de 300-400 ms para DDT y DDF IMT-2000) y, por consiguiente, en modo paquetes no será apreciable y en modo voz sólo es ligeramente apreciable.

Implicaciones de la capacidad: El hecho de que algunos de los móviles (es decir, los que resultan afectados por la interferencia procedente de otro móvil) no pueden ser asignados libremente a cualquier célula provoca cierta reducción de la eficacia de la concentración de enlaces lo cual hace disminuir de alguna manera el número de abonados a los que puede darse servicio por la red combinada (compuesta de las dos portadoras o las dos RAT). En la Fig. 7 se representa un ejemplo de esta pérdida de capacidad para el traspaso entre frecuencias del servicio con conmutación de circuitos (por ejemplo, voz).

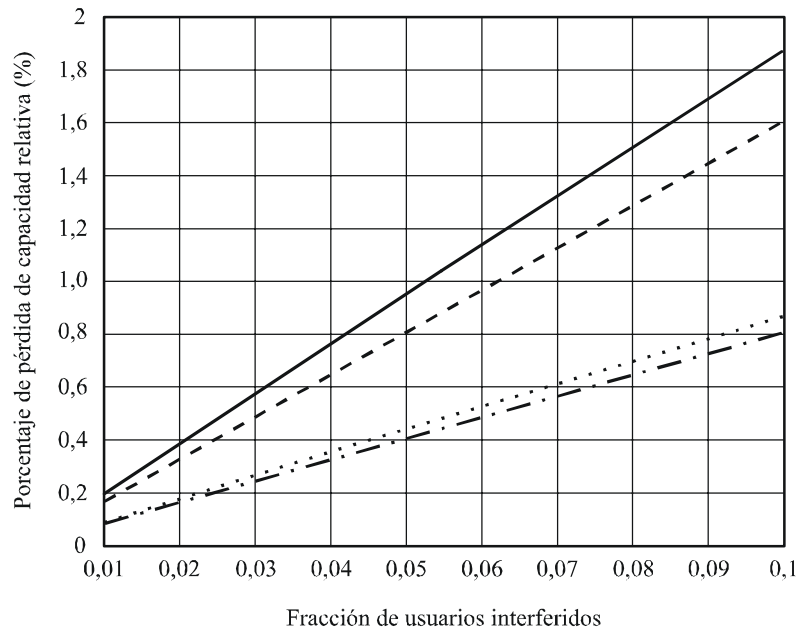


Rap 2045-07

En el caso de traspaso entre RAT, las pérdidas dependen también de la tasa de penetración en el mercado del modo primario y de la superposición de la cobertura. En la Fig. 8 se representa un ejemplo de la pérdida de capacidad para los casos de una penetración del 10% y del 20% con una superposición de la cobertura del 80%. Obsérvese que, como se ha indicado antes, los requisitos de retardo de cola en el sistema GSM son más estrictos para tener en cuenta la menor velocidad de transmisión de datos.

FIGURA 8

Pérdida de capacidad para el traspaso entre RAT



Rap 2045-08

Referencias Bibliográficas generales

- [1] ETSI TR 125 942 V4.0.0 (2001-09). Technical Report. Universal Mobile Telecommunications Systems (UMTS); RF System Scenarios.
- [2] 3GPP Technical Report TR 25-952.
- [3] UMTS 30-03, v. 3.2.0. Selection procedures for the choice of radio transmission technologies of the UMTS.
- [4] RAPPAPORT, T. S. [1996] *Wireless Communications – Principles and Practice*. Prentice Hall.
- [5] 3GPP TS 25.104 v3.4.0, UTRA (BS) FDD; radio transmission and reception.
- [6] 3GPP TS 25.105 v3.4.0, UTRA (BS) FDD; radio transmission and reception.
- [7] 3GPP TS 25.101 v3.4.0, UE radio transmission and reception (FDD).
- [8] 3GPP TS 35.102 v3.4.0, UTRA (UE) TDD; radio transmission and reception.
- [9] LIBERTI y RAPPAPORT [1999] *Smart Antennas for Wireless Communications*, Wiley.