

UIT-R

Sector de Radiocomunicaciones de la UIT

Recomendación UIT-R M.1653 **(06/2003)**

Requisitos operacionales y de despliegue de los sistemas de acceso inalámbrico, incluyendo las redes radioeléctricas de área local, para facilitar la compartición entre estos sistemas y los del servicio de exploración de la Tierra por satélite (activo) y del servicio de investigación espacial (activo) en la banda 5 470-5 570 MHz, dentro de la gama 5 460-5 725 MHz

Serie M

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



Unión
Internacional de
Telecomunicaciones

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, 2010

© UIT 2010

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.1653^{*,**,***}

**Requisitos operacionales y de despliegue de los sistemas de acceso inalámbrico,
incluyendo las redes radioeléctricas de área local, para facilitar
la compartición entre estos sistemas y los del servicio
de exploración de la Tierra por satélite (activo) y
del servicio de investigación espacial (activo)
en la banda 5470-5570 MHz, dentro
de la gama 5460-5725 MHz**

(Cuestiones UIT-R 218/7 y UIT-R 212/8)

(2003)

Cometido

En la presente Recomendación se proponen requisitos de operación y de instalación para sistemas de acceso inalámbrico, incluidas las RLAN del servicio móvil, para facilitar la compartición entre dichos sistemas, los del servicio de exploración de la Tierra por satélite (activo) y los del servicio de investigación espacial (activo) en la banda 5 470-5 570 MHz dentro de la gama 5 460-5 725 MHz. Esta Recomendación también incluye la metodología y los parámetros utilizados para los estudios de compartición.

La Asamblea de Radiocomunicaciones de la UIT,

reconociendo

- a) que el espectro adicional para el servicio de exploración de la Tierra por satélite (SETS) (activo) y el servicio de investigación espacial (SIE) (activo) en la gama de frecuencias de 5 GHz debe servir para nuevas aplicaciones (por ejemplo, los sensores de banda ancha);
- b) que la elección de frecuencias comunes en la gama de frecuencias de 5 GHz para el servicio móvil facilita la introducción de los sistemas de acceso inalámbrico (WAS) incluyendo las redes radioeléctricas de área local (RLAN);
- c) que los WAS, incluyendo las RLAN, que funcionan en las bandas de 5 GHz pueden ofrecer soluciones eficaces para la distribución en banda ancha a usuarios comerciales y residenciales;
- d) que la Recomendación UIT-R M.1450 ofrece una descripción de los WAS, incluyendo las RLAN, previstos para el funcionamiento en la gama de frecuencias de 5 GHz;

* Esta Recomendación fue elaborada conjuntamente por las Comisiones de Estudio 8 y 9 de Radiocomunicaciones las revisiones futuras se realizarán conjuntamente.

** Esta Recomendación debe señalarse a la atención de la Comisión de Estudio 7 de Radiocomunicaciones.

*** La Comisión de Estudio 5 de Radiocomunicaciones efectuó modificaciones de redacción en esta Recomendación en 2008, de conformidad con la Resolución UIT-R 44.

- e) que las administraciones pueden aprobar características pertinentes de la transmisión de los WAS, incluyendo las RLAN, necesarias para facilitar la compartición con el SETS (activo), mediante procesos de aprobación de equipo a nivel nacional;
- f) que la distribución de la carga de los WAS a lo largo de la banda 5 470-5 725 MHz reducirá los niveles de las emisiones combinadas procedentes de los WAS en el SETS (radares de apertura sintética (SAR) de banda ancha), en la banda 5 470-5 570 MHz,

considerando

- a) que muchas administraciones permiten el funcionamiento de los dispositivos WAS, incluyendo las RLAN, en la banda 5 470-5 725 MHz sin exigir licencia, así como en otras bandas tales como las de 5 150-5 350 MHz y 5 725-5 850 MHz;
- b) que las RLAN de banda ancha pueden desplegarse como dispositivos a los que no se exige licencia, y en consecuencia el control de la densidad de su despliegue resultará más difícil;
- c) que la densidad del despliegue de los WAS, incluyendo las RLAN, dependerá de una serie de factores que incluyen la interferencia interior al sistema y la disponibilidad de otras tecnologías y servicios de acceso inalámbrico y alámbrico competitivos;
- d) que es necesario especificar un límite adecuado de la p.i.r.e. e imponer restricciones operativas para los WAS, incluyendo las RLAN, del servicio móvil en esta banda, a fin de permitir la compartición con los sistemas del SETS (activo) y del SIE (activo);
- e) que en los estudios efectuados por el UIT-R se llega a la conclusión de que el funcionamiento de los altímetros radar con una anchura de banda de 320 MHz centrada en 5,41 GHz es compatible con las características de los WAS, incluyendo las RLAN, (de interiores/exteriores) con una p.i.r.e. de 1 W o inferior;
- f) que los terminales de usuario se explotarán normalmente en una posición estacionaria;
- g) que los WAS, incluyendo las RLAN, son capaces de funcionar en interiores y en exteriores;
- h) que las técnicas de reducción de la interferencia, tales como las de máscaras de antena, control de la potencia del transmisor (TPC), selección dinámica de frecuencias (DFS) y funcionamiento en interiores facilitan la compartición entre el SETS (activo) y el SIE (activo) y los WAS, incluyendo las RLAN;
- j) que debe tenerse en cuenta la interferencia combinada procedente de los WAS, incluyendo las RLAN, en los receptores del SETS (activo) y del SIE (activo) con anchura de banda de 320 MHz que puede superponerse con la banda 5 470-5 570 MHz;
- k) que los criterios de calidad y de interferencia de los sensores activos a bordo de vehículos espaciales del SETS (activo) figuran en la Recomendación UIT-R SA.1166,

observando

- a) que las características del SETS (activo) abarcan a las del SIE (activo),

recomienda

1 que para facilitar la compartición entre el SETS (activo) y el SIE (activo) en la banda 5 470-5 570 MHz que se describe en el Anexo 1, se apliquen a los WAS, incluyendo las RLAN, las restricciones operativas y técnicas que figuran en el *recomienda* 2, mediante las que se limitan los WAS a una p.i.r.e. máxima de 1 W, o las que figuran en el *recomienda* 3, mediante las que se limitan los WAS a una potencia máxima del transmisor de 250 mW y a otras configuraciones de dichos WAS con máscaras espectrales en función del ángulo de elevación;

2 que los WAS, incluyendo las RLAN, que funcionan en interiores o en exteriores, en la banda 5 470-5 570 MHz que se describen en los Anexos 2 y 3:

- a) se limiten a una p.i.r.e. media máxima de 1 W y a una densidad espectral media máxima de la p.i.r.e. de 17 dBm/MHz por transmisor (véase la Nota 1);
- b) empleen el TPC para lograr una reducción de la potencia combinada de al menos 3 dB. Si no se aplica el control de la potencia del transmisor, la limitación de potencia mencionada debe reducirse en 3 dB;
- c) empleen la DFS en el funcionamiento en toda la banda 5 470-5 725 MHz, concebido para dar una carga casi uniforme de los canales disponibles;

NOTA 1 – Los criterios de interferencia de los sensores activos a bordo de vehículos espaciales del SETS (activo) figuran en la Recomendación UIT-R SA.1166. Se requieren nuevos estudios que confirmen la conveniencia de estas limitaciones del *recomienda* 2 para cumplir los requisitos de dicha Recomendación.

3 que los WAS, incluyendo las RLAN, que funcionan en interiores o en exteriores en la banda 5 470-5 570 MHz descritos en los Anexos 2 y 4 se sometan a las condiciones siguientes:

- a) la potencia máxima del transmisor será de 250 mW (24 dBm) u $11 + 10 \log B$ (dBm) por transmisor (B es el 99% de la anchura de banda de la potencia (MHz)), si este último valor es menor;
- b) la p.i.r.e. máxima no rebasará 1 W (0 dBW) o $-13 + 10 \log B$ (dBW) por transmisor, si este último valor es menor;
- c) la densidad espectral de la p.i.r.e. de la emisión de un transmisor de estación de base WAS incluyendo las RLAN que funcionan en exteriores en la banda 5 470-5 570 MHz no rebasará los valores siguientes del ángulo de elevación θ por encima del plano del horizonte local (de la Tierra):

-13 dB(W/MHz)	para $0^\circ \leq \theta < 8^\circ$
$-13 - 0,716(\theta - 8)$ dB(W/MHz)	para $8^\circ \leq \theta < 40^\circ$
$-35,9 - 1,22(\theta - 40)$ dB(W/MHz)	para $40^\circ \leq \theta \leq 45^\circ$
-42 dB(W/MHz)	para $\theta > 45^\circ$

Anexo 1

Metodología y parámetros utilizados en los estudios de compartición

1 Características técnicas de los sensores activos de banda ancha a bordo de vehículos espaciales

En los Cuadros 1 y 2 figuran las características técnicas de los sensores activos de banda ancha a bordo de vehículos espaciales en la banda 5 250-5 570 MHz.

CUADRO 1

**Características típicas en 5,3 GHz de los SAR de banda ancha
a bordo de vehículos espaciales**

Parámetro	Valor	
	SAR2	SAR3
Altitud orbital (km)	600 (circular)	400 (circular)
Inclinación orbital (grados)	57	
Frecuencia central de RF (MHz)	5 405	
Potencia de cresta radiada (W)	4 800	1 700
Polarización	Horizontal y vertical (HH, HV, VH, VV)	
Modulación de impulsos	Segmento de MF lineal	
Anchura de banda del impulso (MHz)	310	
Anchura de banda del receptor (MHz)	320	
Duración del impulso (µs)	31	33
Frecuencia de repetición de los impulsos (pps)	4 492	1 395
Ciclo de trabajo (%)	13,9	5,9
Relación de compresión del alcance	9 610	10 230
Tipo de antena (m)	Sistema plano de elementos en fase 1,8 × 3,8	Sistema plano de elementos en fase 0,7 × 12
Valor mediano de la ganancia del lóbulo lateral de la antena (dBi)	42,9	42,7/38 (pleno enfoque/desborde de haz)
Ganancia de cresta de la antena (dBi)	-5	
Orientación de la antena (grados desde el nadir)	20-38	20-55
Apertura del haz de la antena (grados)	1,7 (elevación), 0,78 (acimut)	4,9/18 (elevación), 0,25 (acimut)
Polarización de la antena	Lineal/horizontal/vertical	
Temperatura de ruido del sistema (K)	550	
Punto de compresión de 1 dB del paso de entrada del receptor referido a la entrada de éste (dBW)	-62	
Saturación del convertidor analógico-digital referida a la entrada del receptor	-114/-54 dBW de entrada para 71/11 dB de ganancia del receptor	
Capacidad máxima de potencia a la entrada del receptor (dBW)	+7	
Tiempo de funcionamiento (% de la órbita)	30	
Tiempo mínimo para la formación de imágenes (s)	15	
Zona de servicio	Masas de tierra y zonas costeras	
Anchura del barrido de imagen (km)	20	16/320

CUADRO 2

**Características típicas en 5,3 GHz de un altímetro de banda ancha
a bordo de un vehículo espacial**

Características de la misión Jason	
Vida útil	5 años
Altitud (km)	$1\,347 \pm 15$
Inclinación (grados)	66
Características del altímetro Poseidón 2	
Tipo de señal	MF lineal por segmentos en impulsos
Frecuencia de repetición de los impulsos (Hz)	300
Duración de los impulsos (μ s)	105,6
Frecuencia portadora (GHz)	5,410
Anchura de banda (MHz)	320
Potencia de cresta de RF de emisión (W)	17
Potencia media de RF de emisión (W)	0,54
Ganancia de la antena (dBi)	32,2
Apertura a 3 dB (grados)	3,4
Nivel de los lóbulos laterales/máximo (dB)	-20
Nivel del lóbulo lateral posterior/máximo (dB)	-40
Huella del haz a -3 dB (km)	77
Umbral de interferencia	-118 dBW en 320 MHz
Zona de servicio	Zonas oceánica y costera

Anexo 2

Restricciones a la compartición entre los altímetros radar de banda ancha y las RLAN de banda ancha en la banda 5470-5570 MHz

Introducción

Este Anexo presenta los resultados de los análisis de compartición en la banda 5470-5570 MHz entre los altímetros radar de banda ancha a bordo de vehículo espacial y las RLAN de banda ancha.

El § 1 contiene los resultados de los estudios de compartición entre los sistemas típicos RLAN y los radioaltímetros. El análisis de compartición arroja conclusiones positivas en cuanto a la viabilidad de la compartición en la banda 5470-5570 MHz.

1 Compartición entre las RLAN y los altímetros radar

1.1 Introducción

Este punto presenta los resultados de un análisis de compartición en la banda 5470-5570 MHz entre sensores altímetros de radar a bordo de vehículos espaciales y las RLAN de banda ancha.

1.2 Características técnicas de los dos sistemas

Las características técnicas de las RLAN utilizadas para el análisis de compartición son las del sistema HIPERLAN tipo 2, del que Europa ha publicado las especificaciones pertinentes.

El sistema ofrece comunicaciones de RLAN de banda ancha compatibles con las redes de área local (LAN) alámbricas basadas en las normas ATM e IP.

Parámetros HIPERLAN/2:

p.i.r.e.:	0,2 W (en la banda 5 250-5 350 MHz) y 1 W (en la banda 5 470-5 570 MHz)
Anchura de banda del canal:	16 MHz
Separación de canales:	20 MHz
Directividad de la antena:	omnidireccional
Sensibilidad mínima útil del receptor:	−68 dBm (a 54 Mbit/s) a −85 dBm (a 6 Mbit/s)
Potencia de ruido del receptor (16 MHz):	−93 dBm
Relación C/I:	8-15 dB
Alcance efectivo:	30-80 m

Además, se supone la implementación de los aspectos siguientes:

- TPC para asegurar un factor de reducción de al menos 3 dB;
- DFS asociada al mecanismo de selección de canales necesario para obtener una dispersión uniforme de la carga de los dispositivos RLAN a lo largo de un mínimo de 330 MHz.

Hay que señalar que las cifras de los escenarios de despliegue se basan en la hipótesis de la disponibilidad de un total de 330 MHz de banda para las RLAN. Suponiendo que esta anchura de banda esté disponible en dos sub-bandas (5 150-5 350 MHz y 130 MHz por encima de 5 470 MHz) y dada la separación de canales y la necesidad de crear una banda de guarda en los extremos de las dos sub-bandas, el número de canales que se ha supuesto en el estudio es de 8 en la banda inferior y de 11 en la banda superior.

A los efectos del estudio de compartición, se aplican también las hipótesis siguientes relativas a la utilización de las RLAN:

- atenuación media de los edificios hacia los instrumentos del SETS: 17 dB;
- relación activo pasivo: 5%;
- porcentaje de utilización en exteriores: 15%.

Para los altímetros radar a bordo de vehículos espaciales, se toman las características del Anexo 1 de esta Recomendación.

1.3 Interferencia procedente de una sola RLAN en los altímetros

Para este análisis, se considera una RLAN en el lóbulo principal del altímetro.

El altímetro tiene una anchura de banda ampliada de 320 MHz, mientras que la HIPERLAN tiene una anchura de banda de canal de 16 MHz incluida dentro de la anchura de banda del altímetro.

La p.i.r.e. máxima transmitida por la RLAN ($P_h G_h$) es de 30 dBm. La ganancia de la antena del altímetro, G_0 , es de 32,2 dB, G_a es la ganancia de la antena respecto al eje hacia la RLAN, con unas pérdidas de entrada adicionales, L , de 1 dB. El altímetro apunta al nadir, el tamaño de la antena es de 1,2 m. R es el alcance del altímetro desde la RLAN.

La potencia recibida por el altímetro de una RLAN en el eje de puntería del SAR (es decir $G_a = G_0$) es:

$$P_r = \frac{P_h G_h G_a \lambda^2}{(4\pi)^2 R^2 L} \quad (1)$$

Considerando los parámetros más críticos de la RLAN entre los que figuran en el § 1.2 (p.i.r.e. de 1 W, atenuación en exteriores que implica ninguna atenuación de los edificios y ningún factor de reducción adicional), se obtiene un valor de P_r de $-108,3$ dBm.

El umbral de interferencia del altímetro es de -88 dBm; se puede entonces deducir que el altímetro puede soportar el funcionamiento de una serie de RLAN simultáneamente, pues se dispone de un margen de $20,3$ dB.

Además, el altímetro está concebido para obtener mediciones principalmente sobre los océanos y no es capaz de dar datos precisos cuando tiene una superficie significativa de tierra a la vista del haz de su antena.

A efectos de integridad, en el punto siguiente se calcula el número de las HIPERLAN en la huella del haz a -3 dB que puede tolerar el altímetro con funcionamiento sobre tierra.

1.4 Estimación del número de RLAN en la huella de -3 dB de un altímetro

El enfoque que se describe a continuación permite estimar el número de RLAN admisibles en la zona de visibilidad de un altímetro, utilizando el umbral de interferencia del altímetro de -88 dBm.

Se elige un enfoque simplista en el cual se supone que todos los dispositivos RLAN se ven desde el altímetro en su haz principal, es decir, $G_a = G_0$, y que la distancia entre el altímetro y la RLAN es constante e igual a la distancia mínima, que es la altura del altímetro.

Lo que se trata es de dividir el margen obtenido del cálculo siguiente para obtener el número admisible de RLAN, aplicando algunos factores relacionados con la agregación.

Atenuación combinada de los edificios

Como los altímetros apuntan al nadir, al calcular la interferencia procedente de la RLAN en interiores se incluyen unas pérdidas del trayecto adicionales de 20 dB (debidas a la atenuación de los tejados y techos).

Se supone que el funcionamiento de las RLAN en exteriores está permitido. Como se indica en el § 1.2, se supone que el 15% de los dispositivos están en exteriores en un momento determinado, lo que da lugar a un factor de atenuación combinada adicional de 8 dB.

Factor de actividad

Se considera un factor de actividad del 5% para las RLAN, lo que significa que el 5% de éstas estarán transmitiendo a la vez.

Control de la potencia transmitida

Se toma el nivel máximo de la p.i.r.e. de los dispositivos RLAN: 1 W con un factor de reducción adicional de 3 dB que aporta el TPC a lo largo de la huella del satélite, tal como se describe en el § 1.2.

CUADRO 3

Cálculo del número de terminales en la huella de –3 dB

Umbral de interferencia del altímetro (en 320 MHz)	–88 dBm
p.i.r.e. de la RLAN	30 dBm
Potencia recibida de una RLAN en el altímetro	–108,3 dBm
Porcentaje de las RLAN que funcionan en exteriores	15%
Atenuación combinada de los edificios	8 dB
Efecto combinado del TPC	3 dB
Número de RLAN activas	1 377
Porcentaje de terminales activos	5%
Número de terminales RLAN en la zona de visibilidad del altímetro	27 540

Se obtiene entonces una serie de 27 540 RLAN instaladas en la huella del altímetro como límite para no interferir en éste. Considerando el tamaño de la huella del altímetro (77 km de diámetro), esto corresponde a unos 6 dispositivos RLAN por km².

Hay márgenes adicionales por el hecho de que:

- No se han considerado pérdidas de polarización o pérdidas adicionales de propagación (unos 3 dB).
- En el cálculo se ha sobreestimado la ganancia del altímetro en la dirección de los dispositivos RLAN.
- Se ha subestimado la distancia entre el altímetro y la RLAN.

Además, el altímetro se construye para obtener mediciones principalmente sobre océanos y no es capaz de dar datos precisos cuando tiene una superficie significativa de tierra a la vista de su haz de antena.

Se puede entonces concluir que el altímetro no sufrirá la interferencia de las HIPERLAN cuando se utiliza sobre zonas oceánicas y costeras.

1.5 Interferencia procedente de los altímetros en las RLAN

En este caso se considera un factor de reducción de la anchura de banda B_h/B_a , pues la anchura de banda del altímetro, B_a , es muy superior a la anchura de banda de la HIPERLAN, B_h . B_a tiene un valor de 320 MHz y B_h es de 18 MHz, con lo que se obtiene un factor de reducción de 12,5 dB. La ganancia de la antena de la RLAN, G_h hacia la dirección vertical es de 0 dB.

La potencia recibida en una RLAN procedente del altímetro es:

$$P_r = \frac{P_a G_a G_h \lambda^2 B_h}{(4\pi)^2 R^2 L B_a} \quad (2)$$

La potencia transmitida por el altímetro a la RLAN será entonces, en el caso más desfavorable (por ejemplo, haz principal del altímetro, distancia más corta de 1 347 km, RLAN en exteriores), de –108,58 dBm, lo que incluye unas pérdidas de entrada adicionales, L , de 1 dB.

Este caso (haz principal del altímetro en los lóbulos laterales de la RLAN, en la vertical) tiene que considerarse como un caso más desfavorable, pues los lóbulos del altímetro disminuyen muy rápidamente con el ángulo de puntería (están a un nivel de –20 dB a 4° del nadir, y a –40 dB a 15° del nadir).

Considerando los parámetros del receptor de la RLAN del § 1.2, el cálculo anterior arroja un margen muy significativo en cada caso. Se llega a la conclusión por tanto, de que el altímetro no interferirá a las RLAN. Además, el altímetro es un radar de impulsos; no se han tenido en cuenta el ciclo de trabajo, la polarización y las pérdidas de propagación adicionales que son reducidos y darán márgenes adicionales.

1.6 Resumen de los resultados

Se llega a la conclusión de que el funcionamiento del altímetro radar con una anchura de banda de 320 MHz centrada en 5,41 GHz es compatible con las características de los WAS, incluyendo las RLAN (interiores/exteriores), con una p.i.r.e. de 1 W o inferior.

Anexo 3

Estudio de la interferencia causada por las RLAN en la banda de 5 GHz a los SAR de banda ancha a bordo de satélites (SETS) (en apoyo del *recomienda 2*)

Resumen

Este Anexo describe un estudio para evaluar los efectos de la interferencia causada por un futuro despliegue de sistemas RLAN en la banda de 5 GHz a los SAR de banda ancha utilizados a bordo de ciertos satélites del SETS (activo).

Se demuestra que, si se van a desplegar plenamente dispositivos RLAN con previsiones de densidades realistas a lo largo de una amplia zona urbana (por ejemplo, Londres), la interferencia que se causaría a los receptores de satélite con dispositivos SAR de banda ancha es marginalmente superior al límite máximo especificado. No obstante, se considera que este caso representa en gran medida el más desfavorable y durante la amplia mayoría del tiempo, la interferencia de las RLAN en los haces puntuales de los SAR será muy inferior a los límites aceptables. Por tanto, se llega a la conclusión de que la situación de compartición es aceptable para las RLAN en exteriores con una p.i.r.e. máxima de 1 W en la banda móvil superior, para la que el punto 1.5 del orden del día de la CMR-03 estudia una atribución primaria.

Atendiendo a la inquietud sobre la posibilidad de que los sistemas SAR sean más sensibles, se han incluido simulaciones de la interferencia causada a estos receptores de satélite.

Este estudio aborda únicamente la compartición con el SETS y no con el SIE.

1 Introducción

El objetivo de este Anexo es abordar uno de los problemas de compartición potencialmente difíciles que el UIT-R ha identificado en los estudios de compartición entre ciertos satélites del SETS y las RLAN en la banda superior propuesta para el servicio móvil. Es el caso de las RLAN que transmiten a un SAR de satélite del SETS. En esta Recomendación, se ha establecido un modelo de la interferencia causada a un receptor de satélite con un SAR, utilizando una combinación de dispositivos RLAN en interiores y en exteriores que cumple la especificación HIPERLAN/2, sobre la base de las predicciones del número de dispositivos RLAN que funcionarán en el haz puntual del satélite SAR.

La interferencia en el sentido inverso (es decir, del SETS a la RLAN) en la banda superior RLAN tiene aún que estudiarse plenamente, aunque se prevé que plantee menos problemas que el caso de la interferencia en el enlace ascendente, debido a que la interferencia procedente de los satélites SAR es de corta duración.

2 Detalles de la compartición

El tipo de satélite del SETS utilizado en estos estudios es el que incorpora un dispositivo SAR de banda ancha, en particular los tipos SAR2¹ y SAR3 que tienen un tramo de banda bastante amplio a caballo de las bandas móviles superior o inferior. La anchura de banda (356,5 MHz) es debido a la necesidad de registrar datos de gran resolución (1 m) sobre la tierra y sobre el mar desde una altitud de 400-600 km, dependiendo del tipo de vehículo espacial. Para los tipos SAR2 y SAR3 de banda ancha, el nivel mínimo del ruido térmico a lo largo de toda la anchura de banda es de $-113,8$ dBW, lo que da lugar a un umbral de interferencia de larga duración de $-119,84$ dBW, suponiendo que el margen de interferencia es el 25% del ruido térmico. También se ha verificado la interferencia causada a los sistemas SAR más sensibles de banda estrecha, que únicamente se superponen en la banda inferior de las RLAN. Ello responde a la inquietud de la comunidad SETS acerca de la interferencia causada a este tipo más sensible de sistema, para el cual el umbral de interferencia es de $-128,73$ dB(W/46 MHz). Debe señalarse que la comunidad científica espacial no ha indicado un umbral de interferencia de corta duración, lo que implica que no puede tolerar interferencia superior a la de esos valores declarados.

No obstante, se puede subrayar el hecho de que la Recomendación UIT-R SA.1166 indica en primer lugar que el umbral de la relación interferencia/ruido de -6 dB para los SAR que utilizan esta banda «puede sobrepasarse en consideración del efecto de atenuación de la interferencia por la discriminación de tratamiento del SAR» y en segundo lugar que el umbral «no se sobrepase en más del 1% de las imágenes en la zona de servicio del sensor para la aparición sistemática de interferencia».

Además, para establecer un modelo completo de la interferencia de corta duración, habría que poblar toda la superficie terrestre de la Tierra con dispositivos RLAN, lo que evidentemente no es posible, especialmente si se ha de establecer un modelo preciso del número de dispositivos en cada emplazamiento. Así pues, se aborda la situación del caso más desfavorable estático, en la que el haz da cobertura momentáneamente a una zona con la población máxima de dispositivos RLAN. Se prevé que éste sea el caso más desfavorable ya que, durante la mayoría del tiempo en el que el haz explora la Tierra, la densidad de dispositivos RLAN en el suelo será muy inferior a ésta, debido a la menor densidad de población en las zonas urbanas menores (por ejemplo, en las pequeñas ciudades) o en las zonas rurales. Así pues, el número total de dispositivos RLAN en la zona del haz puntual (unos 160 km^2) será muy inferior.

La Fig. 1 muestra, a modo de ejemplo, el tamaño de la proyección del haz de una antena de vehículo espacial de tipo SAR2 en la superficie de la Tierra. En este caso, el haz pasa momentáneamente por Londres y se considera una situación típica de caso más desfavorable, porque el haz puede llenarse con la densidad máxima de dispositivos RLAN en dicha zona de gran población. Como se muestra más adelante, es posible, dadas las previsiones europeas en cuanto al número de dispositivos RLAN en los próximos años, estimar la interferencia combinada procedente de un complemento representativo de dichos dispositivos en esta zona muy poblada, con la combinación acordada de tipos de RLAN.

¹ La numeración SAR es la utilizada en el Anexo 1.

El modelo de los dispositivos RLAN responde al de los sistemas HIPERLAN/2. Las RLAN de interiores tienen unas pérdidas de trayecto adicionales² debido a la atenuación de los edificios de 17 dB convenida en el UIT-R.

FIGURA 1

**Tamaño de un haz puntual SAR2 sobre la zona de Londres (164 km²)
(la elipse en negro indica la apertura del haz de potencia mitad)**



3 Simulaciones

3.1 Parámetros utilizados en las simulaciones

A fin de simular la interferencia entre las RLAN y el SETS en la banda de frecuencias de 5 GHz se ha definido en primer lugar el número de dispositivos RLAN en cuestión.

En el proyecto BRAN de ETSI y el Foro Global HIPERLAN/2 se han elaborado precisiones para la densidad de penetración de los dispositivos RLAN en los años 2005 y 2010 (para utilización empresarial, pública y en hogares) y esta información figura en el Apéndice 1 de este Anexo. Se espera que estas previsiones sean las cifras de las densidades máximas de utilización empresarial, pública y en hogares, y por tanto no es realista aplicarlas en toda la superficie de 164 km² del haz del vehículo espacial SAR2.

² Es decir, añadidas a las pérdidas en el espacio libre y a la atenuación gaseosa.

En su lugar, se ha adoptado un enfoque que utiliza datos y estimaciones del Apéndice 1 sobre las densidades de los dispositivos en zonas tales como la City de Londres (en el que cabe esperar que la utilización empresarial dé la densidad máxima) y que considera que el resto de la zona del haz puntual es similar a la zona interior de Londres Camden, es decir, una zona urbana más típica con una combinación de utilización empresarial, pública y residencial. El Cuadro 4 muestra las densidades de población utilizadas. Los índices de penetración son los que sugiere el informe del Foro Global HIPERLAN/2 mencionado anteriormente.

A continuación se describen los diversos pasos para obtener la p.i.r.e. combinada y los Cuadros 8 y 9 muestran la obtención de número total de dispositivos RLAN que transmiten activamente en la zona del haz puntual.

CUADRO 4
Densidades de población

Entorno	Densidad de población (Usuarios potenciales/ km²)	Área por usuario (m²)	Penetración (%)	
			2005	2010
City de Londres (escenario más desfavorable)				
Empresarial	80 000	14	5	30
Público	100 000	10	2	20
Residencial	5 000	100	4	30
Resto de Londres (escenario más típico: densidades de Camden)				
Empresarial	4 200	14	5	30
Público	4 200	10	2	20
Residencial	10 000	100	4	30

En el Cuadro 1 se ha podido estimar el número de dispositivos contenidos en la huella de 164 km² del SAR2 y de 158 km² del SAR3, suponiendo inicialmente que el haz puntual se llene con la densidad especificada de los dispositivos RLAN para la City de Londres, en una zona de 4 km² y con la densidad de RLAN de la zona urbana de Camden en el resto del haz. El número de dispositivos obtenido se ha repartido a continuación entre dispositivos de exteriores y de interiores, utilizando una tasa de utilización en exteriores del 15%.

A continuación, utilizando la relación activo/pasivo del 5% que figura en la documentación del UIT-R se ha restringido el número de dispositivos que se utilizarán en la simulación al número de dispositivos activos, los cuales a continuación se han acumulado para todas las zonas del haz.

Además, como los sistemas HIPERLAN/2 utilizan acceso múltiple por división en el tiempo (AMDT), se ha calculado el número total de dispositivos que transmiten simultáneamente, suponiendo que cada célula de utilización empresarial y pública sólo tiene 1 de cada 10 dispositivos (incluyendo el punto de acceso y todos los terminales móviles) que transmiten al tiempo. Para la utilización residencial, se ha puesto una relación de 1 a 4.

En vez de establecer un modelo de cada dispositivo por separado en el haz, se han agrupado los dispositivos que transmiten simultáneamente en tres categorías: banda inferior de utilización RLAN en interiores, banda superior de utilización de RLAN en interiores y banda superior de utilización RLAN en exteriores, para las que se ha estimado la p.i.r.e. total procedente de todos los dispositivos en las bandas inferior y superior. Efectivamente, todos los dispositivos RLAN de utilización empresarial, pública y residencial indicados en el Apéndice 2 de este Anexo están contenidos en los

tres grupos, en proporción al número de canales disponibles en las bandas superior e inferior. La Fig. 2 muestra los tres grupos que caen dentro del haz puntual SAR2.

La DFS se simula suponiendo que todos los canales en las bandas superior e inferior están uniformemente cargados.

FIGURA 2

Haz puntual SAR2 en presencia de tres "grupos" de RLAN



Se supone una reducción del nivel debida a la utilización del TPC de -3 dB^3 . Esto significa que los dispositivos RLAN de interiores tendrán una p.i.r.e. media individual de -10 dBW , mientras que los dispositivos RLAN de exteriores tendrán una p.i.r.e. media individual de -3 dBW . Se considera que esta hipótesis es realista. Se supone la cobertura omnidireccional.

Como sólo una parte de la banda de cada RLAN se superpone al espectro del satélite del SETS, se ha tenido debidamente en cuenta la proporción de la p.i.r.e. del enlace descendente que cae dentro de las partes con superposición de la banda. Véase que no se ha establecido un modelo de los canales individuales HIPERLAN (8 y 11, respectivamente, en las bandas propuestas superior e inferior de la RLAN). Se espera que esto no afecte considerablemente a los resultados obtenidos aquí, pero puede ser necesario hacerlo en una simulación más precisa. En este estudio, no se han incluido los efectos de los dispositivos RLAN fuera de la apertura del haz de potencia mitad. En un estudio más detallado se podría tener esto en cuenta, aunque cabe prever que el efecto total en los resultados no será significativo.

No se ha supuesto ninguna ventaja derivada de las pérdidas de acoplo de polarización, aunque en otras simulaciones se ha supuesto un factor de mejora de 3 dB . Se considera que esto es optimista.

³ Para la HIPERLAN/2 la p.i.r.e. máxima de los dispositivos RLAN de interiores y de exteriores es de 200 mW y 1 W respectivamente.

3.2 Resultados de la simulación y comentarios

En el Cuadro 5 se muestran los resultados de las simulaciones.

Véase que aunque la p.i.r.e. combinada procedente de los dispositivos de interiores es del mismo orden que la de los dispositivos de exteriores, las emisiones procedentes de los dispositivos de interiores se atenúan en la simulación en 17 dB adicionales debido al factor convenido para tener en cuenta las pérdidas de penetración en edificios. Esto significa que los dispositivos de exteriores son con mucho la componente dominante de la p.i.r.e. total procedente de las RLAN en la zona del haz puntual.

A modo de ejemplo de la forma como se ha obtenido la p.i.r.e. combinada de las RLAN, los 177 dispositivos de exteriores que se estimó que transmitían simultáneamente en el haz SAR2 (véase la última fila del Cuadro 8) emiten cada uno -3 dBW. Así pues la p.i.r.e. total del haz SAR2 es $-3 + 10 \log(177) = 19,5$ dBW. No obstante, esto es únicamente la contribución de la mitad aproximadamente de los canales de la banda superior superpuestos a la anchura de banda del SETS que contribuyen a la interferencia y esto se tiene en cuenta en la simulación.

CUADRO 5

Parámetros de satélite utilizados y resultados de las simulaciones

Presentación y resultados		
Satélites	SAR2	SAR3
Altitud orbital (km)	600 (circular)	400 (circular)
Inclinación orbital (grados)	57	
Frecuencia central de RF (MHz)	5 405	
Orientación de la antena (grados desde el nadir)	20-38	20-55
Orientación de la antena utilizada en las simulaciones (grados)	30	40
Apertura del haz de la antena (grados)	1,7 (elevación), 0,78 (acimut)	4,9/18 (elevación), 0,25 (acimut)
Apertura del haz de la antena utilizada en las simulaciones (grados)	1,7 (elevación), 0,78 (acimut)	4,9 (elevación), 0,25 (acimut)
Anchura de banda del receptor (MHz)	356,5	
Pérdidas del trayecto (dB)	164,43	162,1
Ganancia de cresta de la antena (dBi)	42,9	42,7
Satélites	SAR2	SAR3
p.i.r.e. total de las RLAN para 2005 (dBW)		
RLAN de interiores, banda inferior	16,21	16,06
RLAN de interiores, banda superior	17,59	17,44
RLAN de exteriores, banda superior	19,48	19,30
Umbral de la interferencia SAR ($I/N = -6$ dB) (dBW)	-119,84	
Interferencia total obtenida durante las simulaciones (dBW)	-106,3	-103,6
Rebasamiento de la interferencia (dB)	13,54	16,24

CUADRO 5 (*Fin*)

Presentación y resultados		
p.i.r.e. total de las RLAN para 2010 (dBW)		
RLAN de interiores, banda inferior	24,90	24,75
RLAN de interiores, banda superior	26,28	26,14
RLAN de exteriores, banda superior	28,13	27,98
Umbral de la interferencia de los SAR ($I/N = -6$ dB) (dBW)	-119,84	

El Cuadro 6 ofrece un resumen por separado que pone de relieve los niveles excedidos para los dos tipos de SAR estudiados en esta situación de caso más desfavorable.

CUADRO 6

Resumen de los niveles de interferencia rebasados

	2005 (dB)	2010 (dB)
SAR2	13,5	22,1
SAR3	16,2	25

Se toman en primer lugar los resultados para 2005. Evidentemente, en los casos del SAR2 y del SAR3, los dispositivos RLAN de exteriores tienen una influencia especialmente intensa en el nivel de interferencia generado en el receptor del satélite, lo que es parcialmente debido a la p.i.r.e. superior (1 W), pero principalmente debido a la ausencia de pérdidas de penetración en los edificios que contribuyen intensamente a la situación de compartición para el caso de las RLAN de interiores (de hecho, eliminando los dispositivos de interiores de la simulación no se produce prácticamente ningún cambio en el resultado).

Por razones de integridad se efectuaron también simulaciones para observar el caso de que no haya dispositivos de exteriores en la banda superior, y se vio que la interferencia causada a todos los tipos de dispositivo SAR estaba dentro de los límites tolerables para los escenarios correspondientes a los años 2005 y 2010.

No obstante, a pesar del hecho de que los umbrales de interferencia se rebasan en cada caso (pero durante un periodo de tiempo muy reducido), pueden probablemente encajarse todos los niveles calculados para el año 2005, pues la Recomendación UIT-R SA.1166 declara en primer lugar que el umbral de la relación interferencia/ruido de -6 dB de los SAR que utilizan esta banda «puede sobrepasarse en consideración del efecto de atenuación de la interferencia por la discriminación de tratamiento del SAR» y en segundo lugar que el umbral «no se sobrepase en más del 1% de las imágenes en la zona de servicio del sensor para la aparición sistemática de interferencia».

Los resultados para el año 2010 indican que se causará una interferencia más intensa a todos los tipos de receptor SAR. No obstante, como el Foro Global HIPERLAN/2 ha reconocido (véase el Apéndice 3), se necesitarán canales adicionales en ese año para atender al tráfico adicional previsto de RLAN. Por tanto, concentrando todas las previsiones del tráfico para dicho año en los 19 canales identificados en la anchura de banda de 455 MHz que se estudia, no se está ante un escenario realista de compartición que haya que simular.

4 Resumen de los resultados

- Utilizando lo que se considera una previsión realista del despliegue más denso de dispositivos RLAN en 5 GHz en una zona urbana muy grande que llene completamente los haces puntuales del SAR ($> 159 \text{ km}^2$), queda claro que, aunque la utilización de dispositivos RLAN de exteriores influirá intensamente en los niveles de interferencia causada a los receptores de vehículo espacial SAR de banda ancha del SETS, sólo es probable que los niveles sean excesivos (caso más desfavorable de 16 dB por encima del umbral en el año 2005) en zonas urbanas, para las cuales se entiende que no se utilizan los datos de la medición.
- En general, el nivel de interferencia estará por debajo del umbral, ya que habrá muy pocas zonas parecidas a las del modelo presente, en las que todo el haz puntual esté expuesto a las densidades de despliegue de RLAN más desfavorable. Se prevé pues un cumplimiento del 99% de los requisitos de cobertura con interferencia por debajo del umbral que exige la Recomendación UIT-R SA.1166.
- Además, no se ha tenido en cuenta el bloqueo de los edificios del que es difícil establecer un modelo, si bien puede ser significativo para dispositivos de exteriores desplegados en zonas urbanas y es probable que constituya un factor de mejora adicional.
- Puede apreciarse la razón por la que la comunidad del SETS está inquieta respecto a la proliferación de dispositivos RLAN de exteriores, pero de este estudio parece pequeña la probabilidad de que se produzcan niveles de interferencia próximos al nivel del límite umbral y es probable que sean aceptables para la comunidad del SETS, dada la relajación que permite la Recomendación UIT-R SA.1166 en determinadas condiciones.
- No se dispone de técnicas de reducción evidentes. Se supone que los dispositivos RLAN de exteriores tienen una cobertura «omnidireccional» para atender al caso de estaciones de base muy elevadas. La inclusión de un factor de pérdidas de acoplo de polarización de 3 dB es difícil de justificar considerando las características de radiación de las RLAN.
- Es probable que se necesite más espectro hacia el año 2010 para dar cabida a las previsiones indicadas en el § 3.1.
- Este análisis indica que la compartición puede ser posible entre los WAS, incluyendo las RLAN, y el SETS, conforme al *recomienda 2*.
- Se requieren estudios adicionales que confirmen la conveniencia de estas condiciones del *recomienda 2* para cumplir los requisitos de la Recomendación UIT-R SA.1166.

Apéndice 1 al Anexo 3

Información de base para los entornos analizados

Los entornos analizados son:

CUADRO 7

a) Edificios de oficinas

Atributo	Empresas
Equipo de usuario final	Computador personal o estación de trabajo, agenda digital personal/PDA
Ejemplos de entorno	Despachos, oficinas abiertas
Alcance	Conveniente hasta 50 m para sistemas de interiores
Expectativas de calidad de servicio (QoS)	Iguales que en los equipos de mesa
Aplicaciones	Iguales que en los equipos de mesa
Movilidad	Utilización estacionaria
Cobertura	Continua dentro del lugar de trabajo
Geometría de la célula	Se supone un radio de 30 m (en la práctica, el despliegue se adapta al edificio)
Superficie de la célula	2 830 m ²

b) Acceso inalámbrico público

Atributo	Acceso inalámbrico público
Equipo de usuario final	Equipos portátiles, por ejemplo, computador portátil o asistente personal/PDA
Ejemplos de entorno	Despachos, escuelas, hospitales, aeropuertos, estaciones de ferrocarril, centros comerciales, etc.
Alcance	Hasta 50 m para sistemas de interiores; hasta 100 m para sistemas de exteriores
Expectativas de QoS	Ligeramente inferior a la de los equipos de mesa
Aplicaciones	Similar a las de los equipos de mesa
Movilidad	Limitada o utilización estacionaria
Cobertura	Continua con una zona definida, por ejemplo, vestíbulo de aeropuerto
Geometría de la célula	Circular, radio 40 m
Superficie de la célula	5 030 m ²

CUADRO 7 (Fin)

c) Red de zona residencial

Atributo	Red de zona residencial
Equipo de usuario final	Computador personal, televisión, equipo de entretenimiento, sistemas de seguridad, controles, PDA.
Ejemplos de entorno	Instalaciones domésticas, por ejemplo, pequeñas habitaciones en dos o varios pisos con atenuación elevada entre pisos
Alcance	Hasta 15 m
Expectativas de calidad de servicio	Como la de los servicios multimedio en tiempo real
Aplicaciones	Multimedio en tiempo real
Movilidad	Velocidad de marcha al paso
Cobertura	Continua en salas específicas
Geometría de la célula	Circular, radio 15 m
Superficie de la célula	707 m ²

d) Mercado y tráfico

Entorno	Densidad de población (Usuarios potenciales/km ²)	Área por usuario (m ²)	Penetración (%)	
			2005	2010
Empresas	70 000	14	5	30
Pública	100 000	10	2	20
Residencial	10 000	100	4	30

Apéndice 2

al Anexo 3

Cálculo del número total de dispositivos RLAN en el haz puntual de cada tipo de receptor SAR

En los Cuadros 8 y 9 se utilizan los parámetros indicados a continuación.

Las densidades de población y los índices de penetración son los del Cuadro 4.

- Relación de utilización en exteriores: 15%
- Relación activo/pasivo: 5%
- Número de canales en la banda superior de la RLAN: 11
- Número de canales en la banda inferior de la RLAN: 8
- Dispositivos activos que funcionan simultáneamente (empresarial/pública): 1 de 10
- Dispositivos activos que funcionan simultáneamente (residencial): 1 de 4

CUADRO 8

Datos para el SAR2
(Tamaño del haz puntual sobre la superficie de la Tierra: 164 km²)⁴

Entorno	2005		2010	
City de Londres				
Número de dispositivos	Interiores	Exteriores	Interiores	Exteriores
Empresarial	13 600	2 400	81 600	14 400
Público	6 800	1 200	68 000	12 000
Residencial	680	120	5 100	900
Número de dispositivos activos	Interiores	Exteriores	Interiores	Exteriores
Empresarial	680	120	4 080	720
Público	340	60	3 400	600
Residencial	34	6	255	45
Total de dispositivos activos	1 054	186	7 735	1 365
Resto de Londres (dentro de la zona del haz)				
Número de dispositivos	Interiores	Exteriores	Interiores	Exteriores
Empresarial	28 560	5 040	171 360	30 240
Público	11 424	2 016	114 240	20 160
Residencial	54 400	9 600	408 000	72 000
Número de dispositivos activos	Interiores	Exteriores	Interiores	Exteriores
Empresarial	1 428	252	8 568	1 512
Público	571	101	5 712	1 008
Residencial	2 720	480	20 400	3 600
Total de dispositivos activos	4 719	833	34 680	6 120
Haz total				
Número de dispositivos activos	Interiores	Exteriores	Interiores	Exteriores
Empresarial	2 108	372	12 648	2 232
Público	911	161	9 112	1 608
Residencial	2 754	486	20 655	3 645
Total de dispositivos activos	5 773	1 019	42 415	7 485
Número total de dispositivos que transmiten simultáneamente	Interiores	Exteriores	Interiores	Exteriores
Empresarial	211	38	1 265	224
Público	92	17	912	161
Residencial	689	122	5 164	912
Dispositivos RLAN totales por haz puntual	992	177	7 341	1 297

⁴ La superficie de la City de Londres es de 4 km². El área cubierta por el resto del haz puntual es de 160 km².

CUADRO 9

Datos utilizados para el SAR3
(Tamaño del haz puntual en la superficie de la Tierra: 158 km²)⁵

Entorno	2005		2010	
City de Londres				
Número de dispositivos	Interiores	Exteriores	Interiores	Exteriores
Empresarial	13 600	2 400	81 600	14 400
Público	6 800	1 200	68 000	12 000
Residencial	680	120	5 100	900
Número de dispositivos activos	Interiores	Exteriores	Interiores	Exteriores
Empresarial	680	120	4 080	720
Público	340	60	3 400	600
Residencial	34	6	255	45
Total de dispositivos activos	1 054	186	7 735	1 365
Resto de Londres (dentro de la zona del haz)				
Número de dispositivos	Interiores	Exteriores	Interiores	Exteriores
Empresarial	27 489	4 851	164 934	29 106
Público	10 996	1 940	109 956	19 404
Residencial	52 360	9 240	392 700	69 300
Número de dispositivos activos	Interiores	Exteriores	Interiores	Exteriores
Empresarial	1 374	243	8 247	1 455
Público	550	97	5 498	970
Residencial	2 618	462	19 635	3 465
Total de dispositivos activos	4 542	802	33 380	5 891
Haz total				
Número total de dispositivos activos	Interiores	Exteriores	Interiores	Exteriores
Empresarial	2 054	363	12 327	2 175
Público	890	157	8 898	1 570
Residencial	2 652	468	19 890	3 510
Total de dispositivos activos	5 596	988	41 115	7 256
Número total de dispositivos que transmiten simultáneamente	Interiores	Exteriores	Interiores	Exteriores
Empresarial	206	37	1 233	218
Público	89	16	890	158
Residencial	663	117	4 973	878
Dispositivos RLAN totales por haz puntual	958	170	7 096	1 254

⁵ La superficie de la City de Londres es de 4 km². El área cubierta por el resto del haz puntual es de 154 km².

Apéndice 3 al Anexo 3

Resumen de los requisitos de espectro

CUADRO 10

Entorno	Empresarial		Residencial		Público	
	2005	2010	2005	2010	2005	2010
Número de canales de 20 MHz	13	27	2	20	2	23
Espectro total para todos los servicios del entorno (MHz)	260	540	40	400	40	460

Anexo 4

Análisis de la interferencia entre los WAS y los sistemas SAR de banda ancha del SETS (activo) en la gama de frecuencias 5 470-5 570 MHz (en apoyo del *recomienda 3*)

1 Introducción

Este Anexo examina la interferencia potencial entre el SETS (activo) y los WAS, incluyendo las RLAN (WAS/RLAN), de interiores y exteriores que funcionan en la gama de 5 GHz. En particular, este análisis examina la interferencia potencial procedente de los WAS, incluyendo las RLAN, en los receptores SAR de banda ancha con anchura de banda de 320 MHz que puede superponerse con la banda 5 470-5 570 MHz.

Se señala que aunque este estudio examina la interferencia causada a los SAR de banda ancha que funcionan en la banda 5 250-5 570 MHz, los resultados de este estudio son aplicables únicamente a la banda 5 470-5 570 MHz y no son transferibles a la banda 5 250-5 350 MHz.

Además de los estudios de este Anexo, se han efectuado también otros estudios utilizando un método diferente. Este estudio figura en el Apéndice 1 del presente Anexo.

Se han efectuado estudios con el fin de examinar las tecnologías prácticas para la implementación de la máscara de radiación (p.i.r.e.) recomendada en este Anexo. Dichos estudios figuran en el Apéndice 2 del presente Anexo.

2 Características técnicas del SETS⁶

Una serie de aplicaciones distintas del SETS, incluyendo los SAR2, SAR3, los dispersímetros y los altímetros funcionan o prevén funcionar en la banda de 5 GHz.

⁶ A los efectos del análisis de la interferencia, se supone que las características de los sensores activos de investigación espacial y de los satélites de exploración de la Tierra son las mismas en esta gama de frecuencias.

En este análisis, se examina la interferencia combinada procedente de los WAS/RLAN de interiores y exteriores causada a los SAR2 y SAR3.

El Cuadro 11 muestra las características técnicas de los sensores activos a bordo de vehículos espaciales en la banda de 5 GHz utilizados en este análisis.

CUADRO 11

**Sensores activos a bordo de vehículos espaciales –
Características técnicas (resumen)**

Parámetro	SAR2	SAR3
Altitud orbital (km)	600 (circular)	400 (circular)
Inclinación orbital (grados)	57	
Frecuencia (MHz)	5 405	
Potencia de cresta radiada (W)	4 800	1 700
Anchura de banda de impulsos (MHz)	310	
Diagrama de ganancia de la antena	Véase el Cuadro 12	Véase el Cuadro 13
Orientación de la antena (grados desde el nadir)	20-38	20-55
Factor de ruido del receptor (dB)	4,62	
Superficie de la huella (km ²)	164,3	225,30
Anchura de banda del receptor (MHz)	356,5	
Potencia de ruido (dBW)	-113,84	
Umbral de interferencia del SAR ($I/N = -6$ dB) (dBW)	-119,84	

CUADRO 12

Diagrama de la antena del SAR2

Diagrama de ganancia de la antena del SAR2	
Vertical	
$G_v(\theta_v) = 42,7 - 0,478 (\theta_v^2)$ dBi	$0^\circ \leq \theta_v < 3,6^\circ$
$G_v(\theta_v) = 40,1 - 1,0 (\theta_v)$ dBi	$3,6^\circ \leq \theta_v < 45^\circ$
$G_v(\theta_v) = -5$ dBi	$45^\circ \leq \theta_v$
Horizontal	
$G_h(\theta_h) = 0,0 - 212 (\theta_h^2)$ dBi	$0^\circ \leq \theta_h < 0,24^\circ$
$G_h(\theta_h) = -11,7 - 2,2 (\theta_h)$ dBi	$0,24^\circ \leq \theta_h < 2,7^\circ$
$G_h(\theta_h) = -17,6$ dBi	$2,7^\circ \leq \theta_h$
Diagrama de ganancia	
$G(\theta) = \text{Máx} \{G_v(\theta_v) + G_h(\theta_h), -5\}$ dBi	

CUADRO 13

Diagrama de la antena del SAR 3

Diagrama de ganancia de la antena del SAR 3	
Vertical	
$G_v(\theta_v) = 42,9 - 3,21 (\theta_v^2)$ dBi	$0^\circ \leq \theta_v < 1,4^\circ$
$G_v(\theta_v) = 38 - 1,0 (\theta_v)$ dBi	$1,4^\circ \leq \theta_v < 43^\circ$
$G_v(\theta_v) = -5$ dBi	$43^\circ \leq \theta_v$
Horizontal	
$G_h(\theta_h) = 0,0 - 21,5 (\theta_h^2)$ dBi	$0^\circ \leq \theta_h < 0,75^\circ$
$G_h(\theta_h) = -10,4 - 2,2 (\theta_h)$ dBi	$0,75^\circ \leq \theta_h < 8,4^\circ$
$G_h(\theta_h) = -28,9$ dBi	$8,4^\circ \leq \theta_h$
Diagrama de ganancia	
$G(\theta) = \text{Máx} \{G_v(\theta_v) + G_h(\theta_h), -5\}$ dBi	

3 Características técnicas de los WAS/RLAN de exteriores

El Cuadro 14 resume las características técnicas de los WAS/RLAN de exteriores utilizados en este análisis.

CUADRO 14

Características técnicas de los WAS/RLAN de exteriores en la gama de 5 GHz

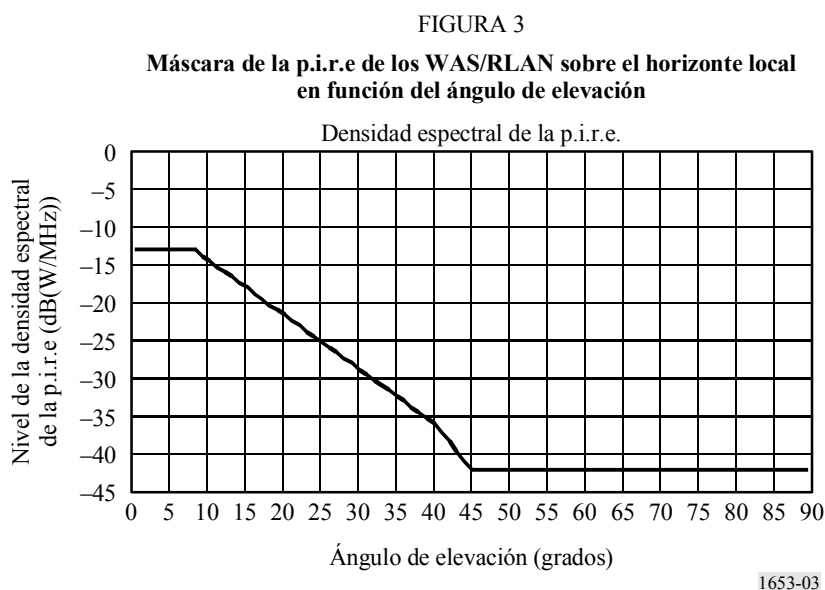
Parámetro	Valor
Anchura de banda	20 MHz
Diagrama de ganancia de la antena – Plano acimutal	Omnidireccional
Diagrama de ganancia de la antena – Plano de elevación (sobre el horizonte)	Implícito en la máscara de la p.i.r.e. que se representa en la Fig. 3
Inclinación de la antena	0°
Radio de la célula	1,5 km
Potencia del transmisor	250 mW = -6 dBW
Coefficiente de dispersión	17 dB
Relación activa	100%

A los efectos de este análisis, se supone que la antena es omnidireccional en el plano acimutal y que genera la p.i.r.e. representada en la Fig. 3, en el plano de elevación. En realidad, estos transmisores funcionarán con antenas direccionales en las estaciones de base (centrales) y en las estaciones terminales. Especificando una única máscara de la p.i.r.e. para todos los transmisores, no es necesario prescribir máscaras diferentes para las estaciones de base y las estaciones terminales, y la relación activa y el análisis representará además resultados absolutos del caso más desfavorable.

Además, se supone que habrá una antena de este tipo por cada célula que funcione en el mismo canal de frecuencia al mismo tiempo que el SETS. La distribución de las células WAS/RLAN se examinará en el § 4.

Debe señalarse que si se supone una antena omnidireccional en el plano acimutal, ello implica que en un instante determinado habrá un transmisor de cada célula transmitiendo con su p.i.r.e. máxima posible hacia el SETS.

La inclinación de la antena de los transmisores se fija en 0° . En realidad, las antenas de transmisión pueden funcionar con inclinación. No obstante, si la p.i.r.e. cumple la máscara representada en la Fig. 3, el resultado de este análisis sigue siendo válido.



Las ecuaciones correspondientes de la máscara de la p.i.r.e. representada en la Fig. 3 son las siguientes:

-14 dB(W/MHz)	para $0^\circ \leq \theta < 8^\circ$
$-14 - 0,718(\theta - 8)$ dB(W/MHz)	para $8^\circ \leq \theta < 40^\circ$
$-38,9 - 1,22(\theta - 40)$ dB(W/MHz)	para $40^\circ \leq \theta \leq 45^\circ$
-45 dB(W/MHz)	para $\theta > 45^\circ$

donde θ es el ángulo de elevación sobre el horizonte local (grados).

Por debajo del horizonte local, se utiliza una p.i.r.e. de 1 W o -13 dB(W/MHz).

4 Características técnicas de los WAS/RLAN de interiores

A los efectos de esta simulación, las características técnicas de los sistemas WAS/RLAN de interiores son las que se representan en el Cuadro 15.

CUADRO 15
**Características técnicas de los WAS/RLAN de interiores
 en la gama de 5 GHz**

Parámetro	Valor
Anchura de banda	20 MHz
Antena	Isótropa (a efectos de simulación)
Ganancia de la antena	0 dBi
Potencia del transmisor	250 mW
Pérdidas de los edificios	18 dB
Relación activa	100%

5 Distribución de los sistemas WAS/RLAN de exteriores

El método utilizado para estimar el despliegue total de los WAS/RLAN se basa en los centros urbanos con población superior a 750 000 personas que figura en el banco de datos de población de Naciones Unidas para el año 2015.

Se utiliza la ecuación siguiente para estimar el radio de una zona urbana:

$$R_p = \alpha P^\beta$$

donde R_p es el radio de la zona urbana (km), y el valor de α se fija en 0,035 para los centros urbanos de Estados Unidos de América y en 0,0155 en otros lugares. El valor de β se fija en 0,44 en cualquier lugar. El número máximo posible de núcleos centrales, N , dentro del radio de la zona urbana se calcula utilizando la ecuación siguiente:

$$N = \text{Redondeado} \left(\eta_d \left(\frac{R_p}{R_h} \right)^2 \right)$$

donde η_d es el factor práctico de despliegue utilizado para tener en cuenta la diferencia entre el número máximo de estaciones centrales y el número más probable de dichas estaciones, teniendo en cuenta factores económicos, demográficos y geográficos. En este estudio se utiliza un valor $\eta_d = 0,3$. El valor de R_h representa el radio de una célula WAS/RLAN típica (km), y para este estudio se adopta un valor de 1,5 km.

En este estudio, se estableció el modelo de una serie de ciudades. La ciudad A representa una de las zonas urbanas grandes más densamente pobladas del mundo, ofreciendo así el caso más desfavorable de interferencia combinada en el SETS. Sobre la base del método anterior, con una población de 17,6 millones de habitantes, se determinó que el radio de esta ciudad era aproximadamente de 54 km. A fin de tener en cuenta los efectos de las estaciones que funcionan en zonas suburbanas alrededor de la ciudad, así como para simular los efectos de la interferencia combinada procedente de estaciones que funcionan en ciudades próximas, se amplió el radio a unos 81 km. Dentro de esta zona, utilizando un factor de despliegue de 0,3, tal como se ha explicado, se estableció el modelo de unas 870 células de 1,5 km de radio en una zona cuadrada cuya longitud en diagonal es de 162 km. También se simularon otras ciudades de tamaño intermedio. El Cuadro 16 ofrece un resumen de las hipótesis adoptadas.

CUADRO 16

**Resumen de los parámetros utilizados
para los modelos de ciudades**

	Ciudad A	Ciudad B	Ciudad C	Ciudad D	Ciudad E	Ciudad F
Ciudad de tamaño similar	Ciudad de Nueva York	Chicago	Tokio	Sao Paulo	Shanghai	Paris
Población (millones)	17,6	7,5	28,9	20,3	17,9	9,7
Radio de la parte urbana de la ciudad (km)	54	37	30	26	24	18
Radio de la ciudad simulada (km)	81	56	45	38	36	27
Número de transmisores activos	870	418	270	193	173	97
Superficie de despliegue (km ²)	13 122	6 272	4 050	2 888	2 592	1 458
Densidad (número de transmisores/km ²)	0,066	0,066	0,066	0,066	0,066	0,066

En cada célula se supone que hay un transmisor que funciona todo el tiempo en la misma frecuencia que el SETS, con las características que se describen en el § 3 de este Anexo.

También se supuso que un tercio de todas las estaciones activas contribuiría cada una con 17 dB al efecto total de dispersión.

6 Distribución de los sistemas WAS/RLAN de interiores

La distribución de los WAS de interiores se describe en el Cuadro 17. Estos sistemas simultáneamente activos se distribuyen dentro de las zonas respectivas de manera uniforme. Se supone que dichos sistemas están situados en el centro de la ciudad.

Debe señalarse que generalmente es difícil que los sistemas WAS/RLAN de interiores y de exteriores funcionen en la misma zona geográfica en la misma frecuencia y al mismo tiempo (efecto de autolimitación). Por tanto, situando estos sistemas WAS/RLAN de interiores en el centro de la ciudad, la interferencia total al SETS se habrá sobreestimado.

CUADRO 17

**Distribución de los sistemas de interiores
en las huellas del SRA 2 y del SAR 3**

SETS	SAR2	SAR3
Número de sistemas WAS/RLAN de interiores activos	945	1 296
Superficie de despliegue (km ²)	164,3	225,3
Densidad (número de sistemas activos /km ²)	5,75	5,75

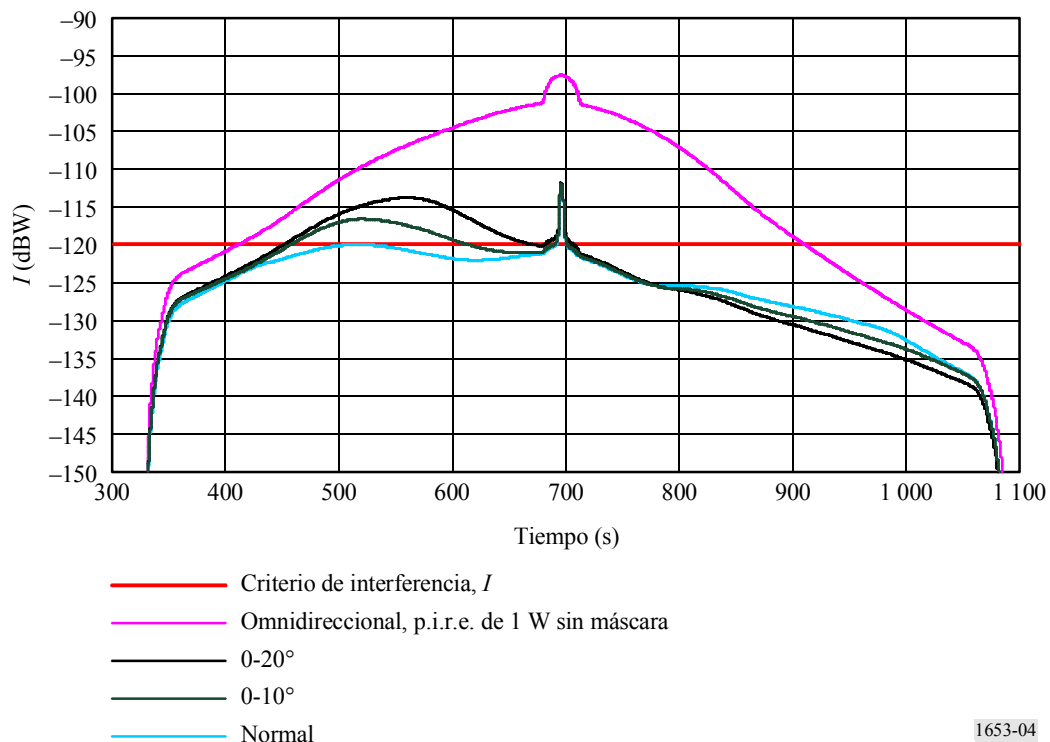
7 Interferencia en el SAR2

Además de las hipótesis de los § 1 a 6, se han supuesto también unas pérdidas de polarización de 3 dB para los sistemas de exteriores y de 0 dB para los sistemas de interiores, y ninguna atenuación atmosférica. Se simuló el funcionamiento del satélite SAR2 de banda ancha durante 30 días, volviendo a observarse el periodo de tiempo durante el que el SETS recibiría la interferencia máxima con intervalos temporales de 200 ms. Los resultados que se muestran en las Figs. 4 y 5 representan un periodo de tiempo en el que el SETS sería visible para los sistemas WAS/RLAN en una única órbita en la que el SETS experimentaría la interferencia máxima posible procedente de la interferencia combinada de los WAS/RLAN.

Se efectuó el análisis de la interferencia en el SAR2 con funcionamiento a 38° del nadir para cuatro casos diferentes. El resultado, que representa la interferencia combinada de los sistemas WAS/RLAN de interiores y de exteriores añadiendo el efecto de la dispersión de la superficie se representa en la Fig. 4. El primer caso examina la señal combinada que llega al SETS cuando todos los sistemas de exteriores funcionan con una p.i.r.e. de 1 W sin máscara, es decir, con antena omnidireccional. El segundo caso examina el efecto de los sistemas de exteriores que funcionan conforme a la máscara de la p.i.r.e. descrita en el § 3. El tercer caso examina el efecto de todos los sistemas de exteriores apuntando hacia arriba, lo que transgrede la máscara de la p.i.r.e., aleatoriamente desde 0° a 10° por encima del horizonte local. Finalmente, el último caso examina el efecto de todos los sistemas de exteriores apuntando hacia arriba, lo que transgrede la máscara de la p.i.r.e., aleatoriamente entre 0° y 20° por encima del horizonte local. El Cuadro 18 ofrece un resumen de los resultados.

FIGURA 4

Interferencia combinada de los WAS/RLAN de interiores y exteriores (incluyendo el efecto de la dispersión) en el SAR2 con funcionamiento a 38° desde el nadir en las bandas de frecuencias 5 250-5 570 MHz en comparación con la de los sistemas que apunten por error hacia arriba y los sistemas WAS/RLAN omnidireccionales



CUADRO 18

**Resumen de los resultados (representados en la Fig. 4) sobre interferencia
combinada en el SAR2 con funcionamiento a 38° desde el nadir**

Ciudad A (Nueva York)						
	Normal (con máscara de la p.i.r.e. a 0° de inclinación)	p.i.r.e. de 1 W, sin máscara	Con máscara de la p.i.r.e. Apuntamiento entre 0° y 10° sobre el horizonte local		Con máscara de la p.i.r.e. Apuntamiento entre 0°y 20° sobre el horizonte local	
Criterio de interferencia, I (dBW)	-119,84					
Máxima interferencia, I (dBW)	-111,9	-97,5	-117,5	-111,9	-113	-111,8
Tiempo durante el que el SAR2 está a la vista de la ciudad (s)	758					
Tiempo durante el que la interferencia, I, rebasa el criterio (s)	8,6	496,2	151,2	9,4	214,2	21,6
Tiempo (%)	1,1	65,5	19,9	1,2	28,2	2,8

Dado que los sistemas WAS/RLAN utilizan la máscara de la p.i.r.e. que se describe en el § 3 de esta Recomendación, el criterio de la interferencia para el SAR2 se cumple la mayor parte del tiempo, exceptuando el 1,1% aproximadamente del tiempo en el que el satélite está a la vista de la ciudad, durante el cual el criterio de interferencia se rebasa. La interferencia es principalmente debida a las emisiones de los sistemas de interiores.

Cuando no se utiliza una máscara de la p.i.r.e., es decir, cuando los sistemas WAS/RLAN funcionan con antenas omnidireccionales y una p.i.r.e. de 1 W en 20 MHz, el criterio de interferencia para el SAR2 se rebasa durante aproximadamente el 65% del tiempo en que el satélite está a la vista de la ciudad.

Si todos los transmisores WAS/RLAN utilizan la máscara de la p.i.r.e. descrita en el § 3, pero apuntan por error hacia arriba en cualquier punto entre 0° y 10° aleatoriamente, el criterio de interferencia para el SAR2 puede rebasarse durante aproximadamente el 19,9% del tiempo en el que el satélite está a la vista de la ciudad, en un máximo de aproximadamente 2 dB y durante el 1,2% del tiempo, en aproximadamente 8 dB.

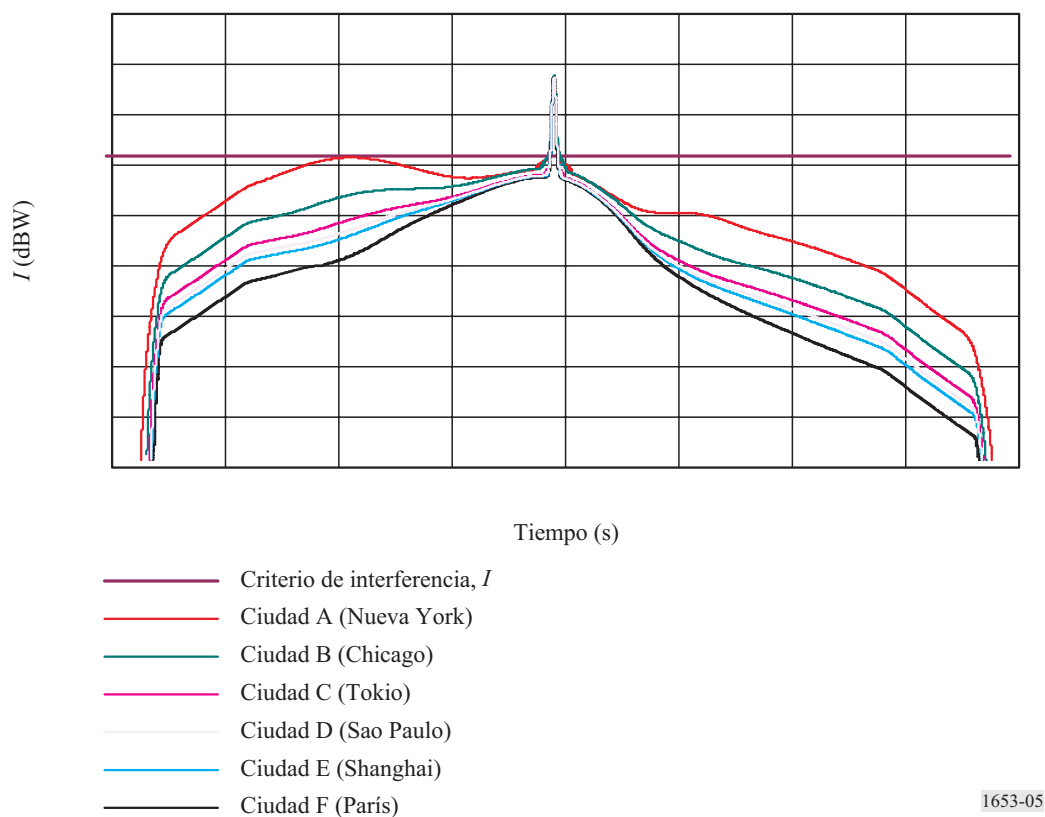
Si todos los transmisores WAS/RLAN utilizan la máscara de la p.i.r.e. descrita en el § 3, pero apuntan por error hacia arriba en cualquier punto comprendido entre 0° y 20° aleatoriamente, el criterio de interferencia para el SAR2 puede rebasarse durante aproximadamente el 28% en el que el satélite está a la vista de la ciudad, en un máximo de unos 6 dB, y el 2,8% del tiempo en aproximadamente 8 dB.

Debe señalarse que para los resultados indicados en los dos párrafos precedentes, se ha supuesto que todos los sistemas apuntan hacia arriba, es decir, que todos transgreden la máscara de la p.i.r.e.. Si sólo un porcentaje de estos sistemas transgrede dicha máscara, la interferencia en el satélite sería considerablemente inferior.

También se efectuó el análisis de la interferencia en el SAR2 (con funcionamiento a 38° desde el nadir) para ciudades de diversos tamaños. Los resultados que se muestran en la Fig. 5 representan la interferencia combinada de los WAS/RLAN de interiores y de exteriores, añadiendo los efectos de la dispersión de la superficie. También se presenta un resumen de los resultados en el Cuadro 19.

FIGURA 5

Interferencia combinada de los WAS/RLAN de interiores y exteriores (incluyendo el efecto de la dispersión) en el SAR2 con funcionamiento a 38° desde el nadir en las bandas de frecuencias 5 250-5 570 MHz en comparación con la interferencia combinada procedente de ciudades de distintos tamaños



CUADRO 19

Resumen de los resultados (representados en la Fig. 5) sobre interferencia combinada en el SAR2 con funcionamiento a 38° desde el nadir

	Ciudad A	Ciudad B	Ciudad C	Ciudad D	Ciudad E	Ciudad F
	Ciudad de Nueva York	Chicago	Tokio	Sao Paulo	Shanghai	Paris
Criterio de interferencia, I (dBW)	-119,84					
Máxima interferencia, I (dBW)	-111,9		-112,1			
Tiempo durante el que el SAR2 está a la vista de la ciudad (s)	758	747,4	742,8	739,8	739	735,4
Tiempo durante el que la interferencia, I , rebasa el criterio (s)	8,6	8,4	6,6	6,4	6,8	5,8
Tiempo (%)	1,1		0,9			0,8

Tal como se muestra en la Fig. 5, el criterio de interferencia se rebasa durante aproximadamente el 1% del tiempo en las ciudades simuladas con una interferencia máxima de -112 dBW. No obstante, al examinar la Fig. 5 y observando que la «cresta» es principalmente el resultado de las emisiones procedentes de los sistemas WAS/RLAN isótropos de interiores, puede verse que para los sistemas WAS/RLAN de exteriores que funcionan en ciudades de tamaños típicos, existe un margen medio de 5 a 15 dB antes de que la interferencia combinada pueda rebasar el criterio de interferencia. Sobre la base de estos resultados, la compartición será difícil entre el SAR2 y los sistemas WAS/RLAN que funcionan con una p.i.r.e. de 1 W en 20 MHz, y con antenas omnidireccionales y sin máscara de emisión.

Basándose en estos resultados, la compartición es posible entre el SETS (activo) y los WAS/RLAN que funcionan en interiores o en exteriores con las características que se muestran en los § 3 y 4. Además, en referencia al punto anterior, puede concluirse que la máscara de la p.i.r.e. para los WAS/RLAN de exteriores como la de la Fig. 3 podría aumentarse (relajarse) al menos en 3 dB y el criterio de interferencia para el SAR2 seguiría aún cumpliéndose en la gran mayoría de las ciudades del mundo. Así pues, la máscara de la p.i.r.e. puede modificarse de la siguiente manera:

$$\begin{array}{ll} -11 \text{ dB(W/MHz)} & \text{para } 0^\circ \leq \theta < 8^\circ \\ -11 - 0,716(\theta - 8) \text{ dB(W/MHz)} & \text{para } 8^\circ \leq \theta < 40^\circ \\ -35,9 - 1,22(\theta - 40) \text{ dB(W/MHz)} & \text{para } 40^\circ \leq \theta < 45^\circ \\ -42 \text{ dB(W/MHz)} & \text{para } \theta \geq 45^\circ \end{array}$$

donde θ es el ángulo de elevación sobre el horizonte local (grados).

No obstante, como se supone que la p.i.r.e se limita a 1 W o -13 dB(W/MHz), la máscara de la p.i.r.e. se modifica de la siguiente manera:

$$\begin{array}{ll} -13 \text{ dB(W/MHz)} & \text{para } 0^\circ \leq \theta < 8^\circ \\ -13 - 0,716(\theta - 8) \text{ dB(W/MHz)} & \text{para } 8^\circ \leq \theta < 40^\circ \\ -35,9 - 1,22(\theta - 40) \text{ dB(W/MHz)} & \text{para } 40^\circ \leq \theta < 45^\circ \\ -42 \text{ dB(W/MHz)} & \text{para } \theta \geq 45^\circ \end{array}$$

donde θ es el ángulo de elevación sobre el horizonte local (grados).

8 Interferencia en el SAR3

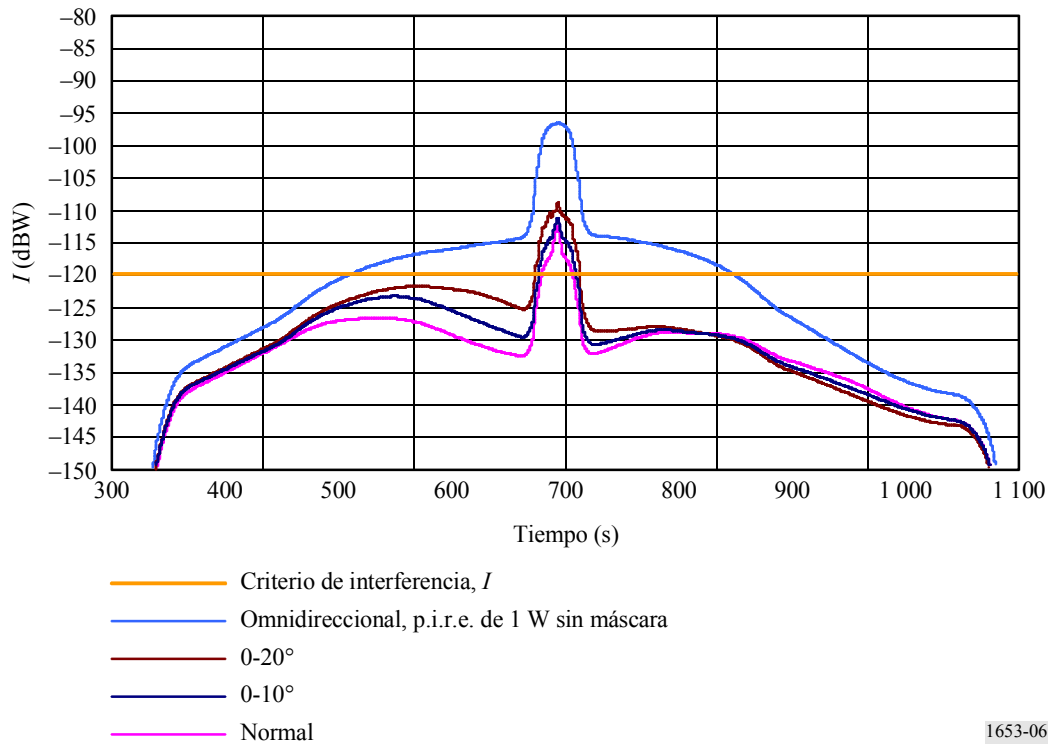
Además de las hipótesis de los § 1 a 6, se han supuesto también unas pérdidas de polarización de 3 dB para los sistemas de exteriores y de 0 dB para los sistemas de interiores, y ninguna atenuación atmosférica. Se simuló el funcionamiento del satélite SAR3 de banda ancha durante 30 días, volviendo a observarse el periodo de tiempo durante el que el SETS recibiría la interferencia máxima con intervalos temporales de 200 ms. Los resultados que se muestran en las Figs. 6 y 7 representan un periodo de tiempo en el que el SETS sería visible para los sistemas WAS/RLAN en una única órbita en la que el SETS experimentaría la interferencia máxima posible procedente de la interferencia combinada de los WAS/RLAN.

Se efectuó el análisis de la interferencia en el SAR3 con funcionamiento a 55° del nadir para cuatro casos diferentes. El resultado, que representa la interferencia combinada de los sistemas WAS/RLAN de interiores y de exteriores añadiendo el efecto de la dispersión de la superficie se representa en la Fig. 6. El primer caso examina la señal combinada que llega al SETS cuando todos los sistemas de exteriores funcionan con una p.i.r.e. de 1 W sin máscara, es decir con antena omnidireccional. El segundo caso examina el efecto de los sistemas de exteriores que funcionan conforme a la máscara de la p.i.r.e. descrita en el § 3. El tercer caso examina el efecto de todos los sistemas de exteriores apuntando hacia arriba, lo que transgrede la máscara de la p.i.r.e.,

aleatoriamente desde 0° a 10° por encima del horizonte local. Finalmente, el último caso examina el efecto de todos los sistemas de exteriores apuntando hacia arriba, lo que transgrede la máscara de la p.i.r.e., aleatoriamente entre 0° y 20° por encima del horizonte local. El Cuadro 20 ofrece un resumen de los resultados.

FIGURA 6

Interferencia combinada de los WAS/RLAN de interiores y exteriores (incluyendo el efecto de la dispersión) en el SAR3 con funcionamiento a 55° desde el nadir en las bandas de frecuencias 5 250-5 570 MHz en comparación con los sistemas que apunten por error hacia arriba y los sistemas WAS/RLAN omnidireccionales



1653-06

CUADRO 20

Resumen de los resultados (representados en la Fig. 6) sobre interferencia combinada en el SAR3 con funcionamiento a 55° desde el nadir

Ciudad A (Nueva York)				
	Normal (con máscara de la p.i.r.e.)	p.i.r.e. de 1 W, sin máscara	Con máscara de la p.i.r.e. Apuntamiento entre 0° y 10° sobre el horizonte local	Con máscara de la p.i.r.e. Apuntamiento entre 0° y 20° sobre el horizonte local
Criterio de interferencia, I (dBW)	-119,84			
Máxima interferencia, I (dBW)	-112,4	-96,4	-111,1	-109,7
Tiempo durante el que el SAR3 está a la vista de ciudad (s)	568			
Tiempo durante el que la interferencia, I , rebasa el criterio (s)	20	254,2	24,8	29,2
Tiempo (%)	3,5	45	4,4	5,1

Dado que los sistemas WAS/RLAN utilizan la máscara de la p.i.r.e. que se describe en el § 3 de este documento, el criterio de la interferencia para el SAR3 se cumple la mayor parte del tiempo, exceptuando el 3,5% aproximadamente del tiempo en el que el satélite está a la vista de la ciudad, durante el cual el criterio de interferencia se rebasa. La interferencia es principalmente debida a las emisiones de los sistemas de interiores.

Cuando no se utiliza una máscara de la p.i.r.e., es decir, cuando los sistemas WAS/RLAN funcionan con antenas omnidireccionales y una p.i.r.e. de 1 W en 20 MHz, el criterio de interferencia para el SAR3 se rebasa durante aproximadamente el 45% del tiempo en que el satélite está a la vista de la ciudad.

Si todos los transmisores WAS/RLAN utilizan la máscara de la p.i.r.e. descrita en el § 3, pero apuntan por error hacia arriba en cualquier punto entre 0° y 10° aleatoriamente, el criterio de interferencia para el SAR3 puede rebasarse durante aproximadamente el 4,4% del tiempo en el que el satélite está a la vista de la ciudad, en un máximo de aproximadamente 8 dB.

Si todos los transmisores WAS/RLAN utilizan la máscara de la p.i.r.e. descrita en el § 3, pero apuntan por error hacia arriba en cualquier punto comprendido entre 0° y 20° aleatoriamente, el criterio de interferencia para el SAR3 puede rebasarse durante aproximadamente el 5,1% en el que el satélite está a la vista de la ciudad, en un máximo de unos 8 dB.

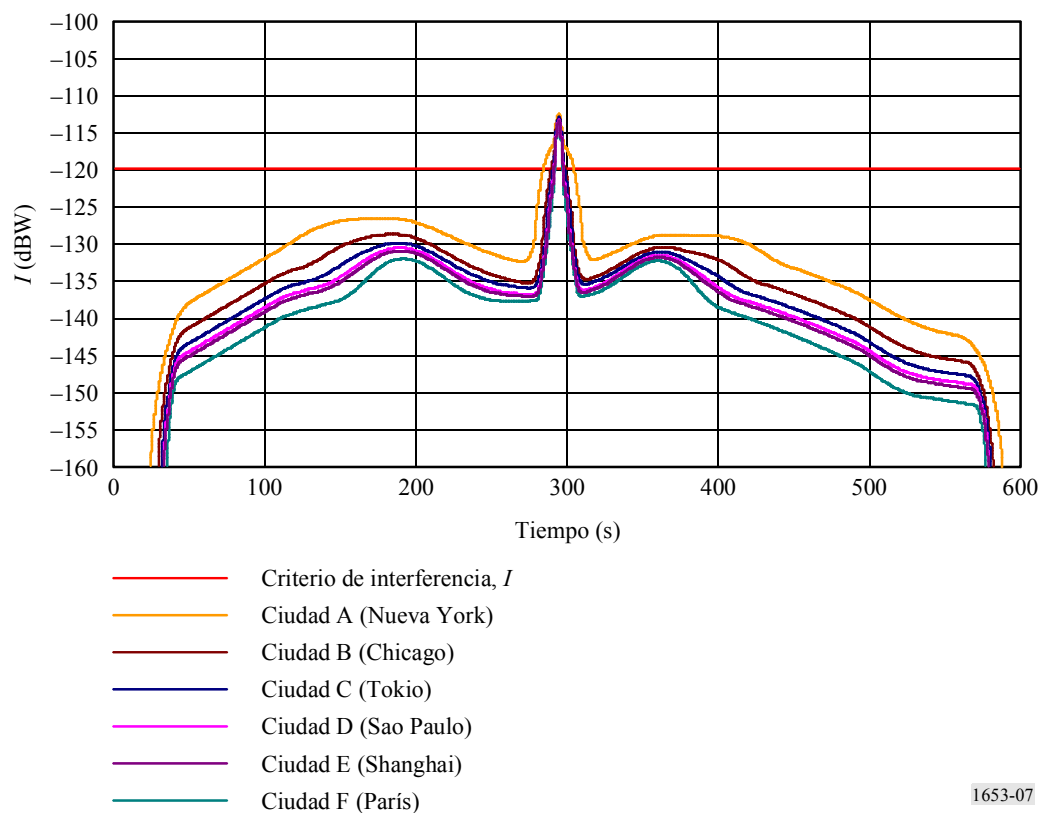
Debe señalarse que en los resultados indicados en los dos párrafos precedentes, se ha supuesto que todos los sistemas apuntan hacia arriba, es decir, que todos transgreden la máscara de la p.i.r.e. Si sólo un porcentaje de estos sistemas transgrede dicha máscara, la interferencia en el satélite sería considerablemente inferior.

También se efectuó el análisis de la interferencia en el SAR3 (con funcionamiento a 55° desde el nadir) para ciudades de diversos tamaños. Los resultados que se muestran en la Fig. 8 representan la interferencia combinada de los WAS/RLAN de interiores y de exteriores, añadiendo los efectos de la dispersión de la superficie. También se presenta un resumen de los resultados en el Cuadro 21.

Tal como se ve en la Fig. 6, el criterio de interferencia se rebasa durante aproximadamente el 3,5% del tiempo en la ciudad A (zona de densidad extremadamente poblada). En otras ciudades de tamaño más moderado, el criterio de interferencia se rebasa durante periodos muy cortos de tiempo (del orden del 1%). Para ciudades de tamaño típico, existe un margen de al menos 10 dB antes de que la interferencia combinada pueda rebasar el criterio de interferencia.

FIGURA 7

Interferencia combinada de los WAS/RLAN de interiores y exteriores (incluyendo el efecto de la dispersión) en el SAR3 con funcionamiento a 55° desde el nadir en las bandas de frecuencias 5 250-5 570 MHz en comparación con la interferencia combinada procedente de ciudades de distintos tamaños



CUADRO 21

Resumen de los resultados (representados en la Fig. 7) sobre interferencia combinada en el SAR3 con funcionamiento a 55° desde el nadir

	Ciudad A	Ciudad B	Ciudad C	Ciudad D	Ciudad E	Ciudad F
	Ciudad de Nueva York	Chicago	Tokio	Sao Paulo	Shanghai	París
Criterio de interferencia, I (dBW)	-119,84					
Interferencia máxima, I (dBW)	-112,4	-112,9		-113,3	-113,4	-113,5
Tiempo durante el que el SAR3 está a la vista de la ciudad (s)	568	556,6	553,2	550,4	549,6	546
Tiempo durante el que la interferencia, I , rebasa el criterio (s)	20	9	7	6		
Tiempo (%)	3,5	1,6	1,3	1,1		

Basándose en estos resultados, la compartición será difícil entre el SAR3 y los WAS/RLAN que funcionan con antenas omnidireccionales y una p.i.r.e. de 1 W en 20 MHz y sin máscara de emisión.

No obstante, la compartición es posible entre el SAR3 y los WAS/RLAN que funcionan en interiores o en exteriores con las características indicadas en los puntos anteriores. Además, refiriéndose al § 8.8, puede concluirse que la máscara de la p.i.r.e. para las WAS/RLAN de exteriores como la de la Fig. 3 podría aumentarse (relajarse) al menos en 3 dB y el criterio de interferencia para el SAR3 seguiría aún cumpliéndose en la gran mayoría de las ciudades del mundo. Así pues, la máscara de la p.i.r.e. puede modificarse de la siguiente manera:

$$\begin{array}{ll} -11 \text{ dB(W/MHz)} & \text{para } 0^\circ \leq \theta < 8^\circ \\ -11 - 0,716(\theta - 8) \text{ dB(W/MHz)} & \text{para } 8^\circ \leq \theta < 40^\circ \\ -35,9 - 1,22(\theta - 40) \text{ dB(W/MHz)} & \text{para } 40^\circ \leq \theta < 45^\circ \\ -42 \text{ dB(W/MHz)} & \text{para } \theta \geq 45^\circ \end{array}$$

donde θ es el ángulo de elevación sobre el horizonte local (grados).

No obstante, como se supone que la p.i.r.e. se limita a 1 W o -13 dB(W/MHz) , la máscara de la p.i.r.e. se modifica de la siguiente manera:

$$\begin{array}{ll} -13 \text{ dB(W/MHz)} & \text{para } 0^\circ \leq \theta < 8^\circ \\ -13 - 0,716(\theta - 8) \text{ dB(W/MHz)} & \text{para } 8^\circ \leq \theta < 40^\circ \\ -35,9 - 1,22(\theta - 40) \text{ dB(W/MHz)} & \text{para } 40^\circ \leq \theta < 45^\circ \\ -42 \text{ dB(W/MHz)} & \text{para } \theta \geq 45^\circ \end{array}$$

donde θ es el ángulo de elevación sobre el horizonte local (grados).

9 Resumen de resultados

Se espera que el despliegue real de los WAS/RLAN de exteriores y de interiores sea inferior al que se ha supuesto en este análisis. Además, el resultado representa un caso más desfavorable de interferencia para el SETS; en cualquier otro momento se prevé que la interferencia sea inferior.

En la banda 5 470-5 570 MHz, la compartición entre el SETS (activo) y los WAS/RLAN puede ser difícil, a menos que los sistemas WAS/RLAN de exteriores empleen una máscara de radiación.

La compartición es factible siempre que la densidad espectral de la p.i.r.e. de cada transmisor que funciona en exteriores se limite de la siguiente manera:

$$\begin{array}{ll} -13 \text{ dB(W/MHz)} & \text{para } 0^\circ \leq \theta < 8^\circ \\ -13 - 0,716(\theta - 8) \text{ dB(W/MHz)} & \text{para } 8^\circ \leq \theta < 40^\circ \\ -35,9 - 1,22(\theta - 40) \text{ dB(W/MHz)} & \text{para } 40^\circ \leq \theta \leq 45^\circ \\ -42 \text{ dB(W/MHz)} & \text{para } \theta > 45^\circ \end{array}$$

donde θ es el ángulo de elevación sobre el horizonte local (grados).

Asimismo, la potencia de transmisión de cada transmisor WAS/RLAN que funciona en interiores o en exteriores debe limitarse a 250 mW u $11 + 10 \log B \text{ (dBm)}$ y la densidad espectral de potencia no debe rebasar 11 dBm en ningún tramo de $1,0 \text{ MHz}$ (B es el 99% de la anchura de banda de potencia (MHz)). Además, la p.i.r.e. máxima no debe rebasar el valor de potencia inferior de 1 W (0 dBW) o $-13 + 10 \log B \text{ (dBW)}$.

Apéndice 1 al Anexo 4

Análisis de la interferencia combinada de un WAS propuesto en el *recomienda*: compartición entre los WAS, incluyendo las RLAN en el servicio móvil, y el SETS (activo) en la banda 5470-5570 MHz

1 Introducción

Esta Recomendación tiene tres *recomienda*. En el *recomienda* 2, el WAS se limita a una p.i.r.e. máxima de 1 W y el *recomienda* 3 se refiere a los WAS limitados a una potencia máxima del transmisor de 250 mW y a otros WAS con máscaras espectrales que son función del ángulo de elevación. Este Apéndice estudia la interferencia combinada en los SAR de banda ancha (310 MHz) procedente de los WAS que funcionan en la banda 5470-5570 MHz con las características del *recomienda* 3 que se proponen para la banda 5470-5570 MHz. Estos resultados son completamente aparte de los de la banda inferior de 5250-5350 MHz y no son transferibles.

2 Características técnicas de los SAR de banda ancha a bordo de vehículos espaciales

En el Anexo 1 figuran las características técnicas de los SAR de banda ancha típicos (SAR2-3) en 5,3 GHz. Las características utilizadas en este análisis que se representan en el Cuadro 1 son las que darán lugar al caso más desfavorable de interferencia en un receptor SAR de banda ancha típico.

3 Características técnicas de los sistemas WAS/RLAN

El Cuadro 22 muestra un resumen de las características correspondientes a los *recomienda* 2 y 3 de esta Recomendación. Este análisis utiliza las características del *recomienda* 3 con las que el WAS puede funcionar en interiores o en exteriores, aplicando limitaciones en la potencia máxima del transmisor, la densidad espectral de potencia y la p.i.r.e. máxima con una máscara para la densidad espectral de la p.i.r.e. El *recomienda* 2 b) y c) se refiere a las técnicas de reducción tales como las TPC y DFS para reducir más la interferencia procedente de los WAS con las características del *recomienda* 2.

Se consideran las características que figuran en el *recomienda* 3. La información sobre la configuración del sistema Dir-WAS1 (densidad espectral máxima de la p.i.r.e. de -13 dB(W/MHz)) se ha tomado del Anexo 3. La máscara de la densidad espectral de la p.i.r.e. es la siguiente (véase la Fig. 8):

La densidad espectral de la p.i.r.e. de la emisión del transmisor RLAN que funcione en exteriores no debe rebasar los valores indicados a continuación para un ángulo de elevación θ sobre el plano del horizonte local.

-13 dB(W/MHz)	para $0^\circ \leq \theta < 8^\circ$
$-13 - 0,716(\theta - 8)$ dB(W/MHz)	para $8^\circ \leq \theta < 40^\circ$
$-35,9 - 1,22(\theta - 40)$ dB(W/MHz)	para $40^\circ \leq \theta \leq 45^\circ$
-42 dB(W/MHz)	para $\theta > 45^\circ$

Utilizando la máscara de la densidad espectral de la p.i.r.e de la Fig. 8 y suponiendo una anchura de banda de 20 MHz, se obtienen valores de la p.i.r.e. de $-15,3$ dBW, -29 dBW y -29 dBW para ángulos de separación de $29,5^\circ$, $47,7^\circ$ y 68° , respectivamente, con un nivel de la potencia de transmisión de -6 dBW. Estas características se resumen en el Cuadro 23. Se supone que los terminales móviles de abonado tienen una potencia máxima del transmisor de 250 mW y que tienen antenas omnidireccionales, tal como se resume en el Cuadro 24.

4 Características y criterios de interferencia para el SAR a bordo de vehículo espacial

Las características y los criterios de interferencia para el SAR a bordo de vehículo espacial figuran en la Recomendación UIT-R SA.1166:

«que los criterios de calidad de funcionamiento y de interferencia para la teledetección activa en la superficie de la Tierra, el océano y la atmósfera con SAR cerca de 400 MHz, cerca de 1,25 GHz, 5,3 GHz, a 8,6 GHz y 9,6 GHz, sean los siguientes:

- que una degradación de la desviación típica normalizada de potencia recibida de un píxel inferior a 10% en presencia de interferencia sea coherente con los objetivos de la misión;
- que el criterio de interferencia perjudicial a los SAR sea una relación entre potencia de interferencia combinada y potencia de ruido (correspondiente a una relación S/N de píxel de 0 dB) inferior a -6 dB, lo que corresponde a un nivel de interferencia de -138 dB(W/10 MHz) para un SAR que funcione cerca de 400 MHz, por ejemplo. Este nivel puede sobrepasarse en consideración del efecto de atenuación de la interferencia por la discriminación de tratamiento del SAR y las características de modulación de los sistemas de radiolocalización/radionavegación que funcionan en la banda;
- que el nivel de interferencia máximo admitido no se sobrepase en más del 1% de las imágenes en la zona de servicio del sensor...».

Debe señalarse que una degradación del 10% de la desviación típica normalizada de la potencia recibida de un píxel da una relación I/N de 0 dB para una relación S/N de 10 dB, y una relación I/N de -6 dB para una relación S/N de 0 dB. La relación S/N de 10 dB es representativa de la mayoría de las superficies sobre la Tierra para con ángulos de visión bajos, y la relación S/N de 0 dB es representativa de las superficies oceánicas o de agua con ángulos de observación elevados. No obstante, una degradación del 10% de la precisión de la medición interferométrica independiente de la relación S/N da una relación I/N de -6 dB. Como generalmente puede utilizarse el mismo SAR en órbita para efectos interferométricos, así como para la generación de imágenes, se utilizará el valor más sensible de la relación I/N de -6 dB para las mediciones interferométricas. El criterio de interferencia del SAR es que el nivel máximo de interferencia admisible de 6 dB inferior al ruido del sistema no debe rebasarse para más del 1% de las imágenes en la zona de servicio del sensor.

El umbral máximo de interferencia admisible de relación $I/N = -6$ dB corresponde a un nivel de densidad espectral de $-120,3$ dB(W/320 MHz) para los SAR2-3. La anchura de banda del receptor es de 320 MHz o 3,2% más amplia que la anchura de banda del transmisor de 310 MHz.

5 Interferencia combinada procedente de las RLAN de banda ancha en los SAR

El primer paso del análisis del potencial de interferencia combinada procedente de las RLAN de banda ancha en los receptores SAR de banda ancha a bordo de vehículos espaciales consiste en determinar la interferencia para el despliegue de los WAS, incluyendo las RLAN, en la banda 5470-5570 MHz. Para dicha banda de 5470-5570 MHz, se puede determinar la potencia de la señal procedente de una única célula RLAN de banda ancha en los SAR2-3 a bordo de vehículo

espacial. A continuación puede calcularse el margen de un solo dispositivo interferente comparando el nivel de interferencia con el umbral de interferencia del SAR. Para ciertos tamaños de célula, puede determinarse el número de sistemas WAS que cubren completamente la huella en el suelo del SAR. Conociendo la huella del SAR, puede calcularse el número de células de transmisor de RLAN de banda ancha activas, utilizando una relación de actividad moderada para la fracción de transmisores centrales/de abonado que funcionan en un instante determinado.

5.1 Interferencia procedente del despliegue en exteriores de transmisores WAS en la banda 5470-5570 MHz

5.1.1 Interferencia procedente de un único transmisor WAS situado al exterior en la banda 5470-5570 MHz

El Cuadro 25 muestra en primer lugar la interferencia procedente de una única célula de dispositivos Dir-WAS1/Omni-RLAN1 en una RLAN de banda ancha en la banda 5470-5570 MHz, causada a los SAR2-3. Se supone una antena direccional para la estación de base al exterior Dir-WAS1 con máscara de elevación. Se supone una antena omnidireccional para los terminales móviles de abonado de exteriores Omni-RLAN1. Para los SAR2-3 en la gama de ángulos de incidencia, el Cuadro 25 muestra márgenes positivos correspondientes a las células de transmisor de 14,8 dB a 19,8 dB. Esto implica que incluso sin reutilización de frecuencias, puede haber de 30 a 96 células de estación de base de transmisor de exteriores direccional, sin que se sobrepase aún el nivel de interferencia máximo admisible.

El Cuadro 26 muestra el caso de interferencia procedente de un único transmisor Dir-WAS1 mal orientado en los SAR2-3 con acoplamiento del lóbulo principal al lóbulo principal, lo que arroja un margen de -0,4 dB a +7,8 dB. Esto muestra que si hay una antena direccional mal orientada con una p.i.r.e. de 1 W hacia el haz principal de la antena de los SAR2-3, habrá un margen positivo para los transmisores WAS mal orientados, exceptuando el caso de interferencia a 20° desde el nadir en el SAR3. Esto implica que puede haber entre uno y seis transmisores de exteriores direccionales mal orientados en la huella sin que se sobrepase el nivel máximo admisible de interferencia, excepto en el caso poco probable de interferencia a 20° respecto al nadir en el SAR3 (ángulo de elevación del WAS de 69°).

5.1.2 Interferencia procedente del despliegue en exteriores de transmisores WAS en la banda 5470-5570 MHz

El Cuadro 25 muestra el margen del caso de un despliegue en exteriores de sistemas de acceso inalámbrico direccional para la estación de base y las RLAN omnidireccionales en el caso de terminales de abonado de SAR2-3, en la banda 5470-5570 MHz. La interferencia de la célula de transmisor direccional está por debajo del nivel umbral de interferencia en el caso de los SAR2 3 de banda ancha en 14,8 a 19,8 dB, para la célula de 1,5 km de radio.

Se prevén 11 canales, de 16 MHz cada uno, con 20 MHz de separación en la banda 5470-5570 MHz. Se supone que el mecanismo DFS ofrecerá una dispersión uniforme de la carga a lo largo de los 11 canales.

5.2 Interferencia combinada procedente de un despliegue de transmisores RLAN/WAS en la gama de 5 GHz

En el cálculo del despliegue de RLAN de banda ancha para los SAR2-3 en la banda 5470-5570 MHz, se puede suponer que cada banda inferior y superior utiliza una parte del balance de interferencia. A fin de tener en cuenta la interferencia procedente de otras fuentes en la anchura de banda de 320 MHz del SAR, se puede repartir el balance de interferencia conforme a la relación

de la anchura de banda de 100 MHz en la banda 5 470-5 570 MHz y toda la anchura de banda del receptor SAR de 320 MHz, lo que da un factor de 0,31. En el Cuadro 25, el umbral de interferencia del SAR debe disminuirse en 5 dB y así, el número de transmisores activos en la huella del SAR se reducirá en un factor de 0,31.

Para el WAS direccional/RLAN omnidireccional, el primer paso al analizar el potencial de interferencia procedente de un WAS en los receptores SAR a bordo de vehículos espaciales es determinar la potencia de la señal procedente de una única célula de transmisor direccional en los SAR2-3 espaciales. A continuación puede calcularse el margen para una única fuente interferente, comparando el nivel de interferencia con el umbral de interferencia del SAR. Conociendo la huella del SAR, puede calcularse el número de células de transmisor WAS activo, si hay un margen positivo. El Cuadro 27 muestra el número medio de células en las huellas de los SAR2-3 para los ángulos de incidencia reducido y elevado, que se obtiene dividiendo la superficie de la huella por la superficie de una célula individual.

La contribución a la dispersión de la superficie o la eventual dispersión procedente de los edificios cercanos será una posible fuente de interferencia que es independiente de la zona en la que se despliegan estos sistemas y de la altitud en la que se sitúan (en techos de edificios, vías laterales, etc.). Cabe prever que estos sistemas se encuentren en zonas de gran densidad urbana, en las que por definición, se producirá la dispersión procedente de una amplia gama de objetos, de forma que habrá que tener en cuenta también estos efectos. Cabe especialmente pensar en los modernos edificios de oficinas que tienen construcción metálica y en los que no puede excluirse la posibilidad de una gran reflectividad hacia la dirección del sensor. Utilizando múltiples antenas sectoriales en acimut en el mismo emplazamiento, pueden superponerse varios transmisores en el caso más desfavorable, incrementando la contribución a la dispersión de la superficie por encima de la de un transmisor omnidireccional (en acimut).

Para la célula de transmisor direccional única Dir-WAS1 con una máscara espectral de la p.i.r.e. como la de la Fig. 8 y en exteriores, la interferencia de la célula del transmisor direccional WAS es inferior al nivel de la interferencia para los SAR2-3 de banda ancha en unos 14,8 dB a 19,8 dB, lo que corresponde a un número entre 30 y 96 de transmisores, en la gama de ángulos de incidencia representada en el Cuadro 25. Suponiendo un factor de reutilización de frecuencias de 4, esto corresponde a un número entre 119 y 384 de células, y del Cuadro 27, se necesitarían entre 7 y 28 células de 1,5 km de radio para cubrir totalmente la huella de los SAR2-3. Así pues, para células de 1,5 km de radio, el nivel de la interferencia en los SAR2-3 es inferior al nivel máximo de interferencia admisible en un margen de 8,7 a 14,5 dB.

En el caso de efecto combinado, a fin de tener en cuenta la interferencia procedente de otras fuentes en la anchura de banda de 320 MHz del SAR, se puede repartir el balance de interferencia conforme a la relación de la anchura de banda de 100 MHz en la banda 5 470-5 570 MHz y toda la anchura de banda del receptor SAR de 320 MHz, lo que da un factor de 0,31. En el Cuadro 25, el umbral de interferencia del SAR debe disminuirse en 5 dB y así, el número de transmisores activos en la huella del SAR se reducirá en un factor de 0,31. Así pues, para células de 1,5 km de radio, el nivel de interferencia combinada en los SAR2-3 es inferior al nivel máximo de interferencia admisible en un margen de 3,7 a 9,5 dB.

6 Interferencia procedente de los SAR en las RLAN de banda ancha

La documentación del UIT-R contiene el análisis del potencial de interferencia procedente de los SAR a bordo de vehículos espaciales en las RLAN de banda ancha. El Cuadro 28 da las ecuaciones de los diagramas de ganancia relativa de antena en acimut. Para los SAR2-3, las ganancias de cresta de las antenas son 43-48 dB superiores a la media de los niveles de los lóbulos

laterales de -5 dBi. Por tanto, durante el paso del satélite, que en el haz principal del SAR sería de unos 0,5-1,0 s, los niveles de interferencia del SAR en la superficie estarían aún a -91 dBW por debajo del umbral de interferencia. El periodo típico de repetición del SAR es de 8-10 días, aunque dicho SAR no está necesariamente activo durante cada paso. Así pues, una determinada zona de la Tierra estaría iluminada por el haz del SAR con una periodicidad no mayor de 0,5-1,0 s cada 8-10 días.

7 Resumen de los resultados

En este Anexo se ha analizado el potencial de interferencia combinada procedente de los WAS, incluyendo las RLAN, con la configuración WAS propuesta, en la banda 5 470-5 570 MHz, en los SAR de banda ancha a bordo de vehículos espaciales, para un despliegue en exteriores de WAS en la banda mencionada, para los que estos WAS de estación de base direccional de exteriores y terminales móviles omnidireccionales de exteriores parecen ser compatibles con el SETS (activo). Para la célula única de Dir-WAS1/transmisores omnidireccionales de exteriores en la banda 5 470-5 570 MHz, la interferencia de la célula de transmisor WAS es inferior al nivel umbral máximo de los SAR2-3. Calculando la interferencia combinada y teniendo en cuenta la interferencia procedente de otras fuentes en la anchura de banda del receptor SAR de 320 MHz, el balance de interferencia puede distribuirse conforme a la relación de la anchura de banda de 100 MHz en 5 470-5 570 MHz y toda la anchura de banda del receptor SAR de 320 MHz, lo que da un factor de 0,31.

Para la célula de transmisor direccional única Dir-WAS1 con una máscara espectral de la p.i.r.e. como la de la Fig. 8 y en exteriores, la interferencia de la célula del transmisor WAS direccional/RLAN omnidireccional es inferior al nivel de la interferencia para los SAR2-3 de banda ancha en unos 14,8 dB a 19,8 dB, lo que corresponde a un número entre 30 y 96 de transmisores, en la gama de ángulos de incidencia. Suponiendo un factor de reutilización de frecuencias de 4, esto corresponde a un número entre 119 y 384 de células. Se ha demostrado que se necesitarían entre 7 y 28 células de 1,5 km de radio para cubrir totalmente la huella de los SAR2-3. Así pues, para células de 1,5 km de radio, el nivel de la interferencia en los SAR2-3 es inferior al nivel máximo de interferencia admisible en un margen de 8,7 a 14,5 dB.

La interferencia procedente de un único transmisor Dir-WAS1 mal orientado en los SAR2-3 con acoplamiento del lóbulo principal al lóbulo principal, arroja un margen de $-0,4$ dB a $+7,8$ dB. Esto muestra que si hay una antena direccional mal orientada con una p.i.r.e. de 1 W hacia el haz principal de la antena de los SAR2-3, habrá un margen positivo para los transmisores WAS mal orientados, exceptuando el caso de interferencia a 20° desde el nadir en el SAR3. Esto implica que puede haber entre uno y seis transmisores de exteriores direccionales mal orientados en la huella sin que se sobrepase el nivel máximo admisible de interferencia, excepto en el caso poco probable de interferencia a 20° respecto al nadir en el SAR3 (ángulo de elevación del WAS de 69°).

También se examinó la interferencia procedente de los SAR a bordo de vehículos espaciales en los WAS, incluyendo las RLAN, en la banda 5 470-5 570 MHz. Para los SAR examinados en este estudio, la interferencia de cresta que experimenta el WAS se produciría durante el paso del satélite por el haz principal del SAR, que es de unos 0,5-1,0 s. Como el periodo de repetición del SAR es de 8-10 días y dicho SAR no está necesariamente activo durante cada paso, una zona determinada de la Tierra estaría iluminada por el haz principal del SAR con una periodicidad inferior a 0,5-1,0 s cada 8-10 días.

El análisis indica que la compartición es factible entre la configuración WAS/RLAN del *recomienda* 3 de esta Recomendación y el SETS (activo). Estos resultados son completamente aparte de los de la banda 5 250-5 350 MHz y no son transferibles.

CUADRO 22

Recomienda 2 y 3 de esta Recomendación

recomienda	Subparte 1	Subparte 2	Notas
2	WAS incluyendo las RLAN, con funcionamiento en interiores o exteriores y limitación de la p.i.r.e. máxima de 1 W o densidad espectral de 17 dB(mW/MHz)	No aplicable	Técnicas de reducción para disminuir aún más la interferencia procedente de los WAS, incluyendo las RLAN (Notas: TPC o reducción de potencia de 3 dB y DFS)
3	WAS incluyendo las RLAN, con funcionamiento en interiores o exteriores y limitación a una potencia máxima de transmisor de 250 mW (24 dBm) o a $11 + 10 \log B$ dBm, si este valor es menor. La densidad espectral de potencia no debe exceder de 11 dB(mW/MHz) por transmisor. La p.i.r.e. máxima no debe exceder 1,0 W (0 dBW) o $-13 + 10 \log B$ dBW, si este valor es menor	La densidad espectral de la p.i.r.e. de una RLAN de exteriores no debe rebasar lo siguiente para el ángulo de elevación θ sobre el plano del horizonte local: -13 dB(W/MHz) para $0^\circ \leq \theta < 8^\circ$ $-13 - 0,716(\theta - 8) \text{ dB(W/MHz)}$ para $8^\circ \leq \theta < 40^\circ$ $-35,9 - 1,22(\theta - 40) \text{ dB(W/MHz)}$ para $40^\circ \leq \theta \leq 45^\circ$ -42 dB(W/MHz) para $\theta > 45^\circ$	Requiere nuevos estudios para limitar la aplicación de la máscara de emisión de la densidad espectral de la p.i.r.e. a las estaciones de base de exteriores únicamente y la potencia máxima del transmisor de 250 mW a las estaciones de abonado únicamente

CUADRO 23

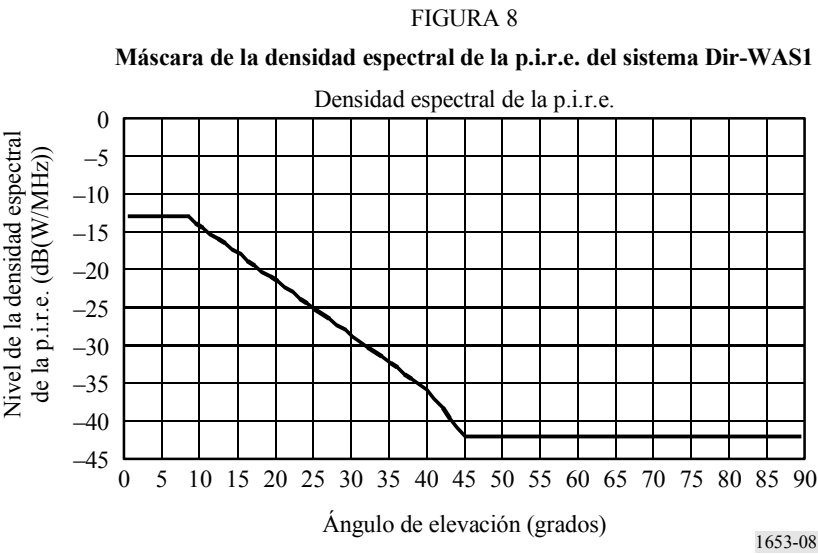
Características técnicas del sistema Dir-WAS1 en las proximidades de 5,3 GHz

Parámetros	Dir-WAS1
Banda de frecuencia (GHz)a	5,47-5,57
Modo de funcionamiento	Punto a multipunto
Densidad máxima de la p.i.r.e. (dB(W/MHz))	-13 (máscara de la p.i.r.e. de la Fig. 1)
Densidad de cresta del transmisor WAS (dB(mW/MHz))	11
Ganancia de cresta de la antena del WAS (dBi)	Implícita en la máscara de la p.i.r.e., como se representa en la Fig. 8
Ganancia media en elevación de la antena (dBi)	-9,8 a -23
La anchura de banda del transmisor (MHz)	20,0
Polarización	Vertical u horizontal
Inclinación de la antena (grados)	-5 a 0
Radio de la célula (km)	1-3,5
Relación activa	90% estación de base en exteriores 10% unidad de abonado

CUADRO 24

Características operativas técnicas de la RLAN1 omnidireccional en las proximidades de 5,3 GHz

Parámetro	Valor
	Omni-RLAN1
Directividad de la antena	Ominidireccional
Potencia radiada de cresta (W)	0,250
Despliegue	Interiores/exteriores
Atenuación media de los edificios (dB)	0 exteriores/17 interiores
Polarización	Aleatoria
Anchura de banda (MHz)	20/canal (4 canales/100)
Ciclo de trabajo de la interferencia al SAR (%)	100
Actividad operativa (relación activa/pasiva, %)	No disponible
Número de transmisores por zona	No disponible



CUADRO 25

Interferencia procedente del sistema Dir-WAS1/Omni-RLAN1 en los SAR2-3

Dir-WAS1/Omni-RLAN1 al SAR2							Dir-WAS1/Omni-RLAN1 al SAR3						
Parámetro			20° desde el nadir		38° desde el nadir		Parámetro			20° desde el nadir		55° desde el nadir	
			Valor	dB	Valor	dB				Valor	dB	Valor	dB
p.i.r.e. interferente debida al lóbulo lateral de la antena del WAS	Procedente del punto de acceso	Potencia de cresta transmitida (W)	0,251	-6,00	0,251	-6,00	p.i.r.e. interferente debida al lóbulo lateral de la antena del WAS	Procedente del punto de acceso	Potencia de cresta transmitida (W)	0,251	-6,00	0,251	-6,00
		Ganancia de la antena de transmisión (dBi)		-23,00		-23,00			Ganancia de la antena de transmisión (dBi)		-23,00		-9,80
		Relación activa (%)	90,00	-0,46	90,00	-0,46			Relación activa (%)	90,00	-0,46	90,00	-0,46
		p.i.r.e. (dBW)		-29,46		-29,46			p.i.r.e. (dBW)		-29,46		-16,26
	Procedente del terminal móvil	Potencia de cresta transmitida (W)	0,251	-6,00	0,251	-6,00	Procedente del terminal móvil	Potencia de cresta transmitida (W)	0,251	-6,00	0,251	-6,00	
		Ganancia de la antena de transmisión (dBi)		0,00		0,00		Ganancia de la antena de transmisión (dBi)		0,00		0,00	
		Relación activa (%)	10,00	-10,00	10,00	-10,00		Relación activa (%)	10,00	-10,00	10,00	-10,00	
		p.i.r.e. (dBW)		-16,00		-16,00		p.i.r.e. (dBW)		-16,00		-16,00	
	p.i.r.e. debida al lóbulo lateral (dBW)			-15,81		-15,81	p.i.r.e. debida al lóbulo lateral (dBW)			-15,81		-13,12	

CUADRO 25 (Continuación)

Dir-WAS1/Omni-RLAN1 al SAR2							Dir-WAS1/Omni-RLAN1 al SAR3						
Parámetro			20° desde el nadir		38° desde el nadir		Parámetro			20° desde el nadir		55° desde el nadir	
			Valor	dB	Valor	dB				Valor	dB	Valor	dB
Potencia de interferencia debida a la dispersión de la superficie	Procedente del punto de acceso	Potencia de cresta transmitida (W)	0,251	−6,00	0,251	−6,00	Potencia de interferencia debida a la dispersión de la superficie	Procedente del punto de acceso	Potencia de cresta transmitida (W)	0,251	−6,00	0,251	−6,00
		Relación activa (%)	90,00	−0,46	90,00	−0,46			Relación activa (%)	90,00	−0,46	90,00	−0,46
		Potencia transmitida (dBW)		−6,46		−6,46			Potencia transmitida (dBW)		−6,46		−6,46
	Procedente del terminal móvil	Potencia de cresta transmitida (W)	0,251	−6,00	0,251	−6,00		Procedente del terminal móvil	Potencia de cresta transmitida (W)	0,251	−6,00	0,251	−6,00
		Relación activa (%)	10,00	−10,00	10,00	−10,00			Relación activa (%)	10,00	−10,00	10,00	−10,00
		Potencia transmitida (dBW)		−16,00		−16,00			Potencia transmitida (dBW)		−16,00		−16,00
	Número de haces superpuestos		1,00	0,00	1,00	0,00		Número de haces superpuestos		1,00	0,00	1,00	0,00
	Potencia total transmitida (dBW)			−6,00		−6,00		Potencia total transmitida (dBW)			−6,00		−6,00
	Coeficiente de dispersión (dB)			−18,00		−18,00		Coeficiente de dispersión (dB)			−18,00		−18,00
	p.i.r.e. total dispersa (dBW)			−24,00		−24,00		p.i.r.e. total dispersa (dBW)			−24,00		−24,00
p.i.r.e. interferente total procedente de una célula (dBW)			0,0302	−15,20	0,0302	−15,20	p.i.r.e. interferente total procedente de una célula (dBW)			0,0302	−15,20	0,0528	−12,78

CUADRO 25 (Continuación)

Dir-WAS1/Omni-RLAN1 al SAR2						Dir-WAS1/Omni-RLAN1 al SAR3					
Parámetro		20° desde el nadir		38° desde el nadir		Parámetro		20° desde el nadir		55° desde el nadir	
		Valor	dB	Valor	dB			Valor	dB	Valor	dB
Potencia de interferencia recibida en el SAR	Ganancia de la antena del receptor (dBi)		42,90		42,90	Potencia de interferencia recibida en el SAR	Ganancia de la antena del receptor (dBi)		42,70		42,70
	Pérdidas de polarización (dB)		-3,00		-3,00		Pérdidas de polarización (dB)		-3,00		-3,00
	Longitud de onda (m)	0,0565	-24,97	0,0565	-24,97		Longitud de onda (m)	0,0565	-24,97	0,0565	-24,97
	$1/(4\pi)^2$	0,006	-21,98	0,006	-21,98		$1/(4\pi)^2$	0,006	-21,98	0,006	-21,98
	Distancia (km)	642,54	-116,16	784,66	-117,89		Distancia (km)	427,45	-112,62	748,94	-117,49
	Potencia recibida (dBW)		-138,40		-140,14		Potencia recibida (dBW)		-135,06		-137,51
Sensibilidad del receptor SAR	Factor de ruido (dB)		4,62		4,62	Sensibilidad del receptor SAR	Factor de ruido (dB)		4,62		4,62
	$k T$	1×4^{-21}	-203,98	1×4^{-21}	-203,98		$k T$	1×4^{-21}	-203,98	1×4^{-21}	-203,98
	Anchura de banda del receptor (MHz)	320,00	85,05	320,00	85,05		Anchura de banda del receptor (MHz)	320,00	85,05	320,00	85,05
	Potencia de ruido (dBW)		-114,31		-114,31		Potencia de ruido (dBW)		-114,31		-114,31
	Umbral de interferencia del SAR ($I/N = -6$ dB)		-120,31		-120,31		Umbral de interferencia del SAR ($I/N = -6$ dB)		-120,31		-120,31

CUADRO 25 (Continuación)

Dir-WAS1/Omni-RLAN1 al SAR2						Dir-WAS1/Omni-RLAN1 al SAR3					
Parámetro		20° desde el nadir		38° desde el nadir		Parámetro		20° desde el nadir		55° desde el nadir	
		Valor	dB	Valor	dB			Valor	dB	Valor	dB
Número de células WAS	Margen (dB)		18,10		19,83	Número de células WAS	Margen (dB)		14,76		17,21
	Número máximo de células WAS que utilizan el mismo canal de RF en la huella del SAR2	64,51		96,20			Número máximo de células WAS que utilizan el mismo canal de RF en la huella del SAR3	29,89		52,57	
	Número máximo de células WAS suponiendo un factor de reutilización de frecuencias de 4	258,02		384,78			Número máximo de células WAS suponiendo un factor de reutilización de frecuencias de 4	119,57		210,29	
	Número máximo de células WAS en un radio de 1,5 km en la huella de los SAR2-3	9,08		14,47			Número máximo de células WAS en un radio de 1,5 km en la huella de los SAR2-3	7,40		28,28	
Margen (dB)			14,53		14,25	Margen (dB)			12,09		8,71
Número de WAS para 5 dB de margen		79,99		119,28		Número de WAS para 5 dB de margen		37,07		65,19	

CUADRO 25 (*Fin*)

Dir-WAS1/Omni-RLAN1 al SAR2						Dir-WAS1/Omni-RLAN1 al SAR3					
Parámetro		20° desde el nadir		38° desde el nadir		Parámetro		20° desde el nadir		55° desde el nadir	
		Valor	dB	Valor	dB			Valor	dB	Valor	dB
p.i.r.e. total para 5 dB de margen (W)		0,6167		0,9197		p.i.r.e. total para 5 dB de margen (W)		0,2858		0,8773	
Potencia total de interferencia recibida en el SAR con 5 dB de margen (dBW)			-125,31		-125,31	Potencia total de interferencia recibida en el SAR con 5 dB de margen (dBW)			-125,31		-125,31

CUADRO 26

Interferencia procedente de un transmisor único WAS mal orientado en los SAR2-3

Dir-WAS1 con antena direccional en el SAR2						Dir-WAS1 con antena direccional en el SAR3					
Parámetro		20° desde el nadir		38° desde el nadir		Parámetro		20° desde el nadir		55° desde el nadir	
		Valor	dB	Valor	dB			Valor	dB	Valor	dB
p.i.r.e. interferente debida a la antena del WAS	Potencia de cresta transmitida (W)	0,251	-6,00	0,251	-6,00	p.i.r.e. interferente debida a la antena del WAS	Potencia de cresta transmitida (W)	0,251	-6,00	0,251	-6,00
	Control de potencia del transmisor	1,00	0,00	0,50	-3,01		Control de potencia del transmisor	1,00	0,00	0,50	-3,01
	Pérdidas del trayecto de transmisión (dB)		0,00		0,00		Pérdidas del trayecto de transmisión (dB)		0,00		0,00
	Ganancia de la antena de transmisión (dB)		6,00		6,00		Ganancia de la antena de transmisión (dB)		6,00		6,00
p.i.r.e. total interferente procedente de una RLAN (dBW)		1,0000	0,00	0,5000	-3,01	p.i.r.e. total interferente procedente de una RLAN (dBW)		1,0000	0,00	0,5000	-3,01
Potencia de interferencia recibida en el SAR	Ganancia de la antena del receptor (dB)		42,90		42,70	Potencia de interferencia recibida en el SAR	Ganancia de la antena del receptor (dB)		42,70		42,70
	Pérdidas de polarización (dB)		-3,00		-3,00		Pérdidas de polarización (dB)		-3,00		-3,00
	Longitud de onda (m)	$1 \times 5,65^{-2}$	-24,96	$1 \times 5,65^{-2}$	-24,96		Longitud de onda (m)	$1 \times 5,65^{-2}$	-24,96	$1 \times 5,65^{-2}$	-24,96
	$1/(4\pi)^2$	$1 \times 6,33^{-3}$	-21,98	$1 \times 6,33^{-3}$	-21,98		$1/(4\pi)^2$	$1 \times 6,33^{-3}$	-21,98	$1 \times 6,33^{-3}$	-21,98
	Distancia (km)	642,54	-116,16	784,66	-117,89		Distancia (km)	427,45	-112,62	748,94	-117,49
	Potencia recibida (dBW)		-123,20		-128,15		Potencia recibida (dBW)		-119,86		-127,74

CUADRO 26 (*Fin*)

Dir-WAS1 con antena direccional en el SAR2						Dir-WAS1 con antena direccional en el SAR3					
Parámetro		20° desde el nadir		38° desde el nadir		Parámetro		20° desde el nadir		55° desde el nadir	
		Valor	dB	Valor	dB			Valor	dB	Valor	dB
Sensibilidad del receptor SAR	Factor de ruido (dB)		4,62		4,62	Sensibilidad del receptor SAR	Factor de ruido (dB)		4,62		4,62
	$k T$	1×4^{-21}	-203,98	1×4^{-21}	-203,98		$k T$	1×4^{-21}	-203,98	1×4^{-21}	-203,98
	Anchura de banda del receptor (MHz)	320,00	85,05	320,00	85,05		Anchura de banda del receptor (MHz)	320,00	85,05	320,00	85,05
	Potencia de ruido (dBW)		-114,31		-114,31		Potencia de ruido (dBW)		-114,31		-114,31
	Umbral de interferencia del SAR ($I/N = -6$ dB)		-120,31		-120,31		Umbral de interferencia del SAR ($I/N = -6$ dB)		-120,31		-120,31
Margen (dB)			2,89		7,84	Margen (dB)			-0,45		7,44

CUADRO 27

Número medio de células en la huella de los SAR2-3

Parámetros	SAR2		SAR3	
	20°	38°	20°	55°
Ángulo de incidencia (grados)	21,97	42,34	21,31	60,52
Distancia oblicua (km)	642,54	784,66	427,45	748,94
Apertura del haz en elevación (grados)	1,9		4,9	
Dimensión de la huella (elevación) (km)	14,42	18,25	37,32	75,16
Apertura del haz en acimut (grados)	0,75		0,24	
Dimensión de la huella (acimut) (km)	5,67	7,14	1,78	3,39
Superficie de la huella (km ²)	64,21	102,28	52,28	199,90
Número de células				
0,25 km	327,0	520,9	266,3	1 018,1
0,5 km	81,8	130,2	66,6	254,5
1,0 km	20,4	32,6	16,6	63,6
1,5 km	9,1	14,5	7,4	28,3
2,0 km	5,1	8,1	4,2	15,9
2,5 km	3,3	5,2	2,7	10,2
3,0 km	2,3	3,6	1,8	7,1
3,5 km	1,7	2,7	1,4	5,2

CUADRO 28

Diagramas de ganancia relativa en acimut de la antena de los SAR2-3

Ecuación de la ganancia relativa en acimut u horizontal del SAR2	
$G_h(\theta_h) = 0,0 - 20,8 (\theta_h^2)$ dB	$0^\circ < \theta_h < 0,76^\circ$
$G_h(\theta_h) = -12,0 - 0,44 (\theta_h)$ dB	$0,76^\circ < \theta_h < 82^\circ$
$G_h(\theta_h) = -47,9$ dB	$82^\circ < \theta_h$
Ecuación de la ganancia relativa en acimut u horizontal del SAR3	
$G_h(\theta_h) = 0,0 - 212 (\theta_h^2)$ dB	$0^\circ < \theta_h < 0,24^\circ$
$G_h(\theta_h) = -11,7 - 2,03 (\theta_h)$ dB	$0,24^\circ < \theta_h < 17,7^\circ$
$G_h(\theta_h) = -477$ dB	$17,7^\circ < \theta_h$

Apéndice 2 al Anexo 4

Ejemplos de tecnologías para la implementación de máscaras de radiación que permiten la coexistencia entre los WAS incluyendo las RLAN y los sistemas de SETS en la gama de 5 GHz

1 Introducción

Los estudios anteriores (véanse los Anexos 3 y 4) han demostrado que la compartición entre los WAS, incluyendo las RLAN (WAS/RLAN) en la gama de 5 GHz es factible siempre que los WAS/RLAN funcionen según ciertas restricciones técnicas.

En particular, se ha propuesto una máscara de radiación de la p.i.r.e. (véase el § 2) para los WAS/RLAN de exteriores. Esta máscara, si se aplica, reduciría significativamente la interferencia producida por los WAS/RLAN al SETS en los sistemas de banda ancha (SAR2 y SAR3) identificados por la comunidad del SETS.

Desde la introducción de la máscara, se han planteado salvedades en cuanto a las posibilidades prácticas de ella. En particular, se duda de la posibilidad de desarrollar antenas prácticas. También ha habido inquietud en cuanto a las medidas para asegurar una orientación adecuada de la antena, ya que la instalación y utilización de los dispositivos correspondería al público en general.

Esta Recomendación aborda estos temas y propone una serie de tecnologías y técnicas que pueden utilizarse para asegurar el mantenimiento de las máscaras de radiación de la p.i.r.e. de los terminales WAS, en cualquier condición de instalación y despliegue.

2 Antenas prácticas que cumplen la máscara propuesta de la p.i.r.e.

Se propone, tras los estudios mencionados en el § 1, una máscara de la p.i.r.e. con la que la densidad espectral de un terminal WAS que funcione en el exterior no rebase los valores indicados a continuación para un ángulo de elevación θ por encima del plano del horizonte local:

-13 dB(W/MHz)	para $0^\circ \leq \theta < 8^\circ$
$-13 - 0,716(\theta - 8)$ dB(W/MHz)	para $8^\circ \leq \theta < 40^\circ$
$-35,9 - 1,22(\theta - 40)$ dB(W/MHz)	para $40^\circ \leq \theta \leq 45^\circ$
-42 dB(W/MHz)	para $\theta > 45^\circ$

Las antenas que cumplan este diagrama en elevación variarán considerablemente en su diseño y aspecto. Las antenas utilizadas para aplicaciones de estación de base suelen instalarse en estructuras fijas, torres o edificios, y en general iluminan sectores azimutales (típicamente de 20 a 120° de anchura). Con este tipo de antena, el tamaño y el aspecto exterior no plantean generalmente problemas de diseño y es relativamente fácil lograr el mantenimiento del perfil indicado a continuación, siempre que haya un mecanismo que asegure el mantenimiento de la orientación en elevación durante la instalación y tras ésta.

El tamaño y el aspecto estético tienen importancia primordial en las antenas utilizadas en aplicaciones nómadas, tales como las de los computadores portátiles. Estas antenas han de recibir y transmitir señales omnidireccionalmente en azimut. El mantenimiento del perfil de la p.i.r.e. en función de la elevación sobre el horizonte local que requiere la máscara resulta mucho más complicado con dichas antenas, especialmente previendo que han de trasladarse y ajustarse a

menudo. Ha de otorgarse una consideración especial al diseño de dichas antenas para contrarrestar su movimiento, despliegue y utilización necesarios, si bien, al igual que con las antenas de estación de base, tiene que haber un mecanismo que asegure el mantenimiento en todas las circunstancias del perfil de la p.i.r.e.

2.1 Antenas de estación de base o de punto de acceso para aplicaciones WAS/RLAN en 5 GHz

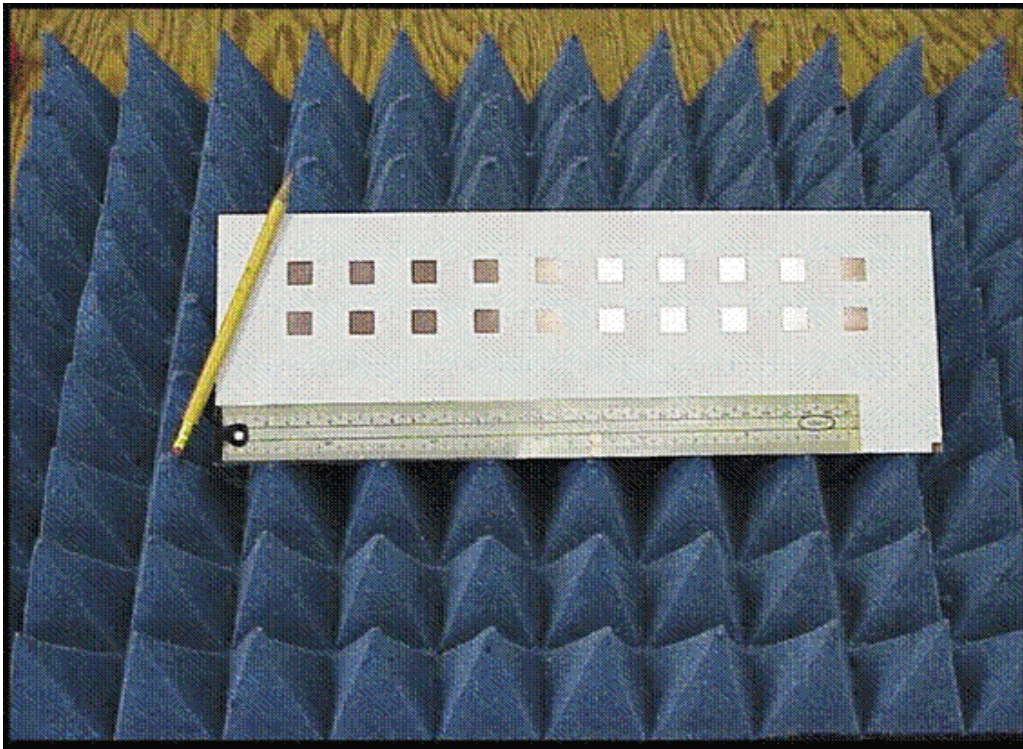
La realización de una antena de estación de base en 5 GHz que cumpla los requisitos anteriores de la p.i.r.e. responde generalmente a un diseño ajustado y supone una tarea de producción. Al prever anchuras de banda relativamente estrechas para los sistemas WAS/RLAN (por ejemplo, en la gama 5 250-5 350 MHz, se dispone de un total de 100 MHz en una frecuencia central de 5,3 GHz para los WAS/RLAN), y al ser direccionales las antenas de estación de base, puede utilizarse una amplia gama de tecnologías de antena para implementar diseños efectivos. Antenas de microbandas, de reflector óptico pequeño, de hilo resonante, de hélice, dipolo y de dieléctrico, son algunas de las múltiples tecnologías que pueden utilizarse. Independientemente de la tecnología que se emplee, la física de radiación impone una antena con una apertura de al menos 4-5 longitudes de onda en el plano vertical o unos 23-30 cm (en 5 GHz) para generar un diagrama de radiación capaz de cumplir la máscara propuesta de la p.i.r.e. Sería difícil utilizar aperturas más pequeñas porque los niveles de los lóbulos laterales serían elevados y probablemente también sería necesario inclinar hacia abajo el diagrama de antena por debajo del horizonte para cumplir el perfil propuesto de la p.i.r.e.

Con un diseño de antena equilibrado es posible garantizar el cumplimiento. No obstante, siempre existe la posibilidad de que la antena se instale de forma incorrecta e incumpla en el despliegue la máscara de la p.i.r.e. Para prever esta posibilidad debe haber siempre un mecanismo que esté físicamente acoplado a la antena y que controle el ángulo de instalación de la antena en dos ejes. Dicho dispositivo se examina a continuación.

La Fig. 9 muestra una antena típica de estación de base que cumple la máscara de la p.i.r.e. Tal como se muestra en la Fig. 10, la antena forma un sector de 45° de amplitud en azimut. Esta antena cumple la máscara propuesta de la p.i.r.e. cuando se instala con su ganancia máxima orientada hacia el horizonte. Esta antena responde a uno de los múltiples diseños que actualmente se producen y comercializan para atender a las demandas de un mercado creciente de dispositivos RLAN en 5 GHz. Muchas de estas antenas cumplen la máscara propuesta de la p.i.r.e.

FIGURA 9

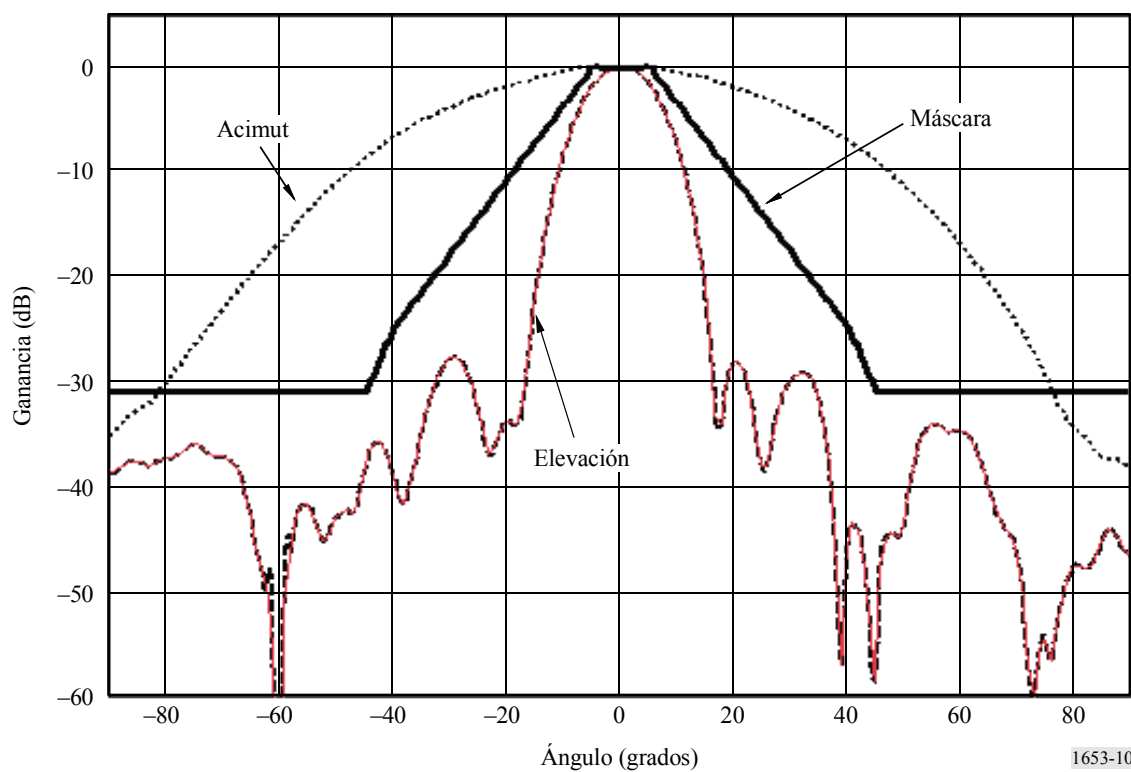
Antena típica de microbanda para estación de base/acceso en 5 250-5 350 MHz
que cumple la máscara de la p.i.r.e.



1653-09

FIGURA 10

Diagrama de radiación de la antena de la Fig. 9



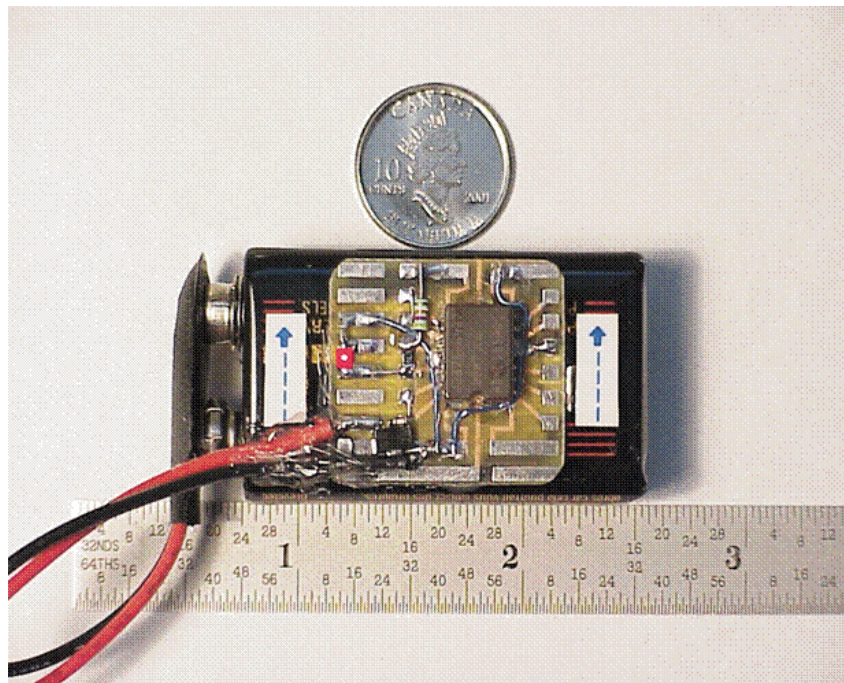
1653-10

3 Sensores de inclinación y su aplicación a las antenas de WAS/RLAN en 5 GHz

Los sensores de inclinación más modernos se fabrican con componentes de silicio micromecanizados (MEMS). Estos dispositivos han sido objeto de un desarrollo y una comercialización significativos durante el último decenio y actualmente se producen en masa y se utilizan para diversas aplicaciones. Los dispositivos suelen funcionar en una gama de temperaturas comprendida entre -55 y $+125^{\circ}\text{C}$; pueden detectar cambios angulares de menos de 1° en 2 ejes. Son económicos y un dispositivo simple de 2 ejes vale 5 dólares de los Estados Unidos para 100 000 unidades. Los dispositivos son pequeños, con una superficie generalmente inferior a un cm^2 y pueden instalarse fácilmente en una antena. La Fig. 11 muestra el tamaño y simplicidad de los circuitos para un sensor de inclinación que puede utilizarse en aplicaciones de control de la p.i.r.e.

FIGURA 11

Sensor de inclinación en funcionamiento basado en la tecnología MEMS, montado en una batería de 9 V



1653-11

Los sensores de inclinación constituyen una forma eficaz de asegurar que el funcionamiento de los WAS/RLAN cumple la máscara de la p.i.r.e. en la gama de 5 GHz. Los dispositivos equipados con dichos sensores de inclinación detectarán condiciones en las que una antena de WAS/RLAN en 5 GHz que cumpla normalmente la máscara de la p.i.r.e. se incline de forma tal que no se produzca el cumplimiento. En dichas circunstancias, será posible aplicar automáticamente una serie de alternativas que limiten la radiación del WAS/RLAN, reduciendo con ello la interferencia potencial al SETS.

Una opción consiste en asociar el sensor direccional o sensor de inclinación al amplificador de potencia que alimenta a la antena o a un conmutador en ésta. El sensor direccional se instalará de forma que toda la potencia de RF del terminal WAS/RLAN se dirija a la antena únicamente cuando está orientada de forma correcta. Las características en dirección de la antena limitarán de esta manera las emisiones a los ángulos definidos por la máscara de la p.i.r.e. Si la antena no está orientada correctamente, haciendo que se rebasen los límites umbral de inclinación del sensor (indicativos de que las emisiones no cumplen la máscara de radiación), el sensor de inclinación

interrumpirá la transmisión. Esta opción es probablemente la más sencilla de aplicar, pero puede debilitar el funcionamiento del terminal WAS/RLAN, especialmente en los casos en que el ángulo hacia la estación de base pueda ser elevado, como cuando el punto de acceso está en una torre alta, al tiempo que el WAS/RLAN está próximo, pero considerablemente más bajo.

Una segunda opción sería utilizar el sensor de inclinación para ajustar la potencia radiada del terminal. Un terminal WAS/RLAN que cumpla la máscara de radiación en su despliegue normal experimentará una reducción de la potencia radiada en función de la inclinación de su antena. La reducción de la potencia de cresta radiada se ajustaría de forma que el terminal permanezca siempre dentro de las limitaciones de la máscara de la p.i.r.e. Dicho control se logra fácilmente, pues el control de potencia radiada es un aspecto común en todas las redes RLAN y WAS actuales y propuestas y, dada la sensibilidad y reacción rápida de los sensores de inclinación MEMS (~ 2 ms), se considera que puede lograrse fácilmente un sistema de control de la potencia radiada preciso y sensible a la orientación. La ventaja de este sistema es que permite inclinar la antena cuando el WAS/RLAN se encuentra muy próximo a un punto de acceso muy superior y también ofrece un terminal WAS/RLAN más fácil de utilizar, con lo que se minimiza el ajuste de la antena.

Otra opción es utilizar antenas que puedan ajustar automáticamente su diagrama de radiación basándose en su orientación. Dichas antenas se utilizan actualmente para aplicaciones móviles por satélite, con lo que la tecnología ha demostrado su viabilidad. Las antenas previstas para las aplicaciones WAS en 5 GHz pueden orientarse electrónicamente y utilizarían automáticamente diagramas de antena adecuados que se escogerían sobre la base de la orientación inmediata de ésta. Dicha solución sería ideal pues haría que el terminal fuese más fácil de usar, al tiempo que se cumplen los requisitos de reducir la interferencia causada al SETS.

4 Resumen de resultados

Es bastante factible desarrollar antenas para aplicaciones de estación de base que cumplan las características de la máscara de la p.i.r.e. propuesta, tal como se demuestra en el § 2. Hay numerosos ejemplos de antenas que pueden cumplir estos requisitos. El mantenimiento de la máscara de radiación en un terminal activo a medida que varía su orientación constituye un problema que puede resolverse utilizando sensores de inclinación MEMS añadidos físicamente a las antenas. Pueden implementarse diversas opciones que limiten las emisiones hacia el SETS apagando la potencia o modificando el diagrama de radiación o la potencia de emisión del WAS/RLAN en 5 GHz, en función de su orientación.

La utilización de estas técnicas evitará el problema de que un único terminal «astuto» mal orientado, por error o intencionalmente, cause interferencia perjudicial al SETS. Además, la utilización de dichas técnicas y de las antenas muy direccionales que éstas exigen mejorará la sensibilidad, la vida de la batería y las características generales de los terminales WAS/RLAN en 5 GHz. El costo para lograrlo es relativamente reducido y se considera que tiene consecuencias menores en el factor de forma y del aspecto estético del terminal WAS/RLAN en 5 GHz.
