

UIT-R

Sector de Radiocomunicaciones de la UIT

Recomendación UIT-R M.1748
(03/2006)

**Protección del servicio de radioastronomía
en la banda 1 400-1 427 MHz contra
emisiones no deseadas de los enlaces
de conexión del servicio móvil por satélite
en las bandas 1 390-1 392 MHz
(Tierra-espacio) y 1 430-1 432 MHz
(espacio-Tierra)**

Serie M

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



Prólogo

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

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

Política sobre Derechos de Propiedad Intelectual (IPR)

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

Series de las Recomendaciones UIT-R

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

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

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

Publicación electrónica
Ginebra, 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.1748*

**Protección del servicio de radioastronomía en la banda 1 400-1 427 MHz
contra emisiones no deseadas de los enlaces de conexión del servicio
móvil por satélite en las bandas 1 390-1 392 MHz (Tierra-espacio)
y 1 430-1 432 MHz (espacio-Tierra)**

(2006)

Cometido

En la presente Recomendación se especifican los valores de densidad de flujo de potencia equivalente (dfpe) para la protección del servicio de radioastronomía en la banda 1 400-1 427 MHz contra emisiones no deseadas de los enlaces de conexión del servicio móvil por satélite (SMS) (espacio-Tierra) en las bandas 1 430-1 432 MHz, y se describe una metodología para determinar la distancia de separación necesaria entre las estaciones de radioastronomía que funcionan en la banda 1 330-1 427 MHz y los enlaces de conexión del SMS (Tierra-espacio) que funcionan en la banda 1 390-1 392 MHz.

La Asamblea de Radiocomunicaciones de la UIT,

considerando

- a) que la CMR-03 atribuyó provisionalmente las bandas 1 390-1 392 MHz y 1 430-1 432 MHz al servicio fijo por satélite (SFS) a título secundario para los enlaces de conexión de sistemas de satélites no geostacionarios del servicio móvil por satélite (SMS) que funcionan por debajo de 1 GHz en los sentidos Tierra-espacio y espacio-Tierra, respectivamente (véase el número 5.339A del Reglamento de Radiocomunicaciones (RR)) y que es aplicable la Resolución 745 (CMR-03);
- b) que en la Resolución 745 (CMR-03) se pide efectuar estudios, incluidas las mediciones de las emisiones de los equipos que se emplearán en los sistemas operacionales, para validar el cumplimiento de los sistemas con todos los requisitos de protección de los servicios pasivos en la banda 1 400-1 427 MHz contra las emisiones no deseadas procedentes de los enlaces de conexión del SMS;
- c) que la banda 1 400-1 427 MHz está atribuida a los servicios de exploración de la Tierra por satélite (SETS) (pasivo), radioastronomía (SRA) e investigación espacial (pasivo) a título primario en todas las regiones, y que el número 5.340 del RR es aplicable a esta banda;
- d) que la banda 1 400-1 427 MHz es utilizada ampliamente por los radioastrónomos en todo el mundo para observar la línea espectral del hidrógeno neutro, así como para observaciones del continuum;
- e) que los niveles de umbral de interferencia perjudicial para las observaciones de radioastronomía figuran en los Cuadros 1 y 2 del Anexo 1 a la Recomendación UIT-R RA.769;

* La presente Recomendación fue preparada conjuntamente por las Comisiones de Estudio 7 y 8 de Radiocomunicaciones, por lo que toda futura revisión se realizará también de consuno.

f) que en la Recomendación UIT-R RA.1513 se especifican los criterios para los niveles recomendados de pérdida de datos aplicables al SRA causada por cualquier red y que los enlaces ascendente y descendente de dicha red pueden contribuir a la pérdida de datos en el SRA en la banda 1 400-1 427 MHz;

g) que la pérdida de datos causada por las estaciones terrenas que funcionan en la banda 1 390-1 392 MHz al SRA en la banda 1 400-1 427 MHz puede minimizarse si se mantiene una distancia de separación relativamente modesta, del orden de 100 km o menos;

h) que en la Recomendación UIT-R RA.1631 se describe el diagrama de la antena de radioastronomía que debe utilizarse en los estudios de compatibilidad relativos a constelaciones de satélites, que en la Recomendación UIT-R M.1184 se especifican las características técnicas de los sistemas móviles por satélite en las bandas de frecuencias inferiores a 3 GHz que han de utilizarse al elaborar los criterios de compartición entre el SMS y otros servicios, y que en la Recomendación UIT-R M.1583 se presenta la metodología que debe emplearse en los cálculos de interferencia entre el servicio móvil por satélite con satélites no geoestacionarios o los sistemas del servicio de radionavegación y las estaciones de radioastronomía,

observando

a) que, para combinaciones típicas de velocidad de datos y técnicas de modulación, es posible reducir las emisiones no deseadas en la banda 1 400-1 427 MHz a los niveles de interferencia perjudicial causada al SRA especificados en la Recomendación UIT-R RA.769, sin utilizar un filtro específico tras la etapa de amplificación, y empleando para ello las técnicas de procesamiento en banda de base;

b) que cuando el procesamiento al que se refiere el *observando* a) no sea suficiente para satisfacer los niveles de emisión no deseada exigidos, puede emplearse un filtro adicional tras el amplificador;

c) que la banda 1 330-1 400 MHz, utilizada para observar el desplazamiento hacia el rojo de la línea espectral del hidrógeno neutro, también figura en el número 5.149 del RR,

recomienda

1 que las emisiones no deseadas de los enlaces de conexión del SMS no OSG (espacio-Tierra) de una sola red que funcionan en la banda 1 430-1 432 MHz presenten una dfpe inferior a:

- $-259 \text{ dB(W/m}^2\text{)}$ en cualquier anchura de banda de 20 kHz de la banda 1 400-1 427 MHz durante más del 98% de los periodos de integración de 2 000 s para observaciones de la línea espectral; y
- $-243 \text{ dB(W/m}^2\text{)}$ en toda la banda 1 400-1 427 MHz durante más del 98% de los periodos de integración de 2 000 s para observaciones del continuum (banda ancha);

2 que se utilice la metodología descrita en la Recomendación UIT-R M.1583 para calcular la máxima dfp por satélite a partir de los límites de dfpe de las redes del SMS indicados en el *recomienda* 1 anterior;

3 que las estaciones terrenas que funcionan en la banda 1 390-1 392 MHz junto con una determinada red del SMS no OSG estén separadas de las estaciones de radioastronomía que realizan observaciones en la banda 1 400-1 427 MHz, una distancia lo suficientemente grande para que la pérdida total de datos debida al enlace ascendente y descendente no supere el 2%;

4 que se utilice la metodología descrita en el Anexo 2 para calcular la distancia de separación entre la estación de radioastronomía y la estación terrena del enlace de conexión del SMS en cada caso.

Anexo 1

Ejemplo de cálculo de la dfp por satélite con el fin de respetar los límites de dfpe necesarios para proteger el servicio de radioastronomía que funciona en la banda 1 400-1 427 MHz de las emisiones no deseadas de los enlaces de conexión del SMS que pueden funcionar en la banda 1 430-1 432 MHz

1 Metodología

En la Recomendación UIT-R S.1586 (o la Recomendación ITU-R M.1583) se describe una metodología para evaluar los niveles de emisiones no deseadas producidos por un sistema de satélites no geoestacionarios en un emplazamiento de radioastronomía. El método consiste en dividir el cielo en células de tamaño prácticamente idéntico y realizar un análisis estadístico, en el que la dirección a la que apunta la antena del SRA y el momento inicial de la constelación de satélites son variables aleatorias. Para cada ensayo, el nivel de emisiones no deseadas (expresado en términos de la dfpe) se promedia a lo largo de un periodo de 2 000 s.

Por otra parte, en el Anexo 1 a la Recomendación UIT-R RA.769 se especifican los umbrales de interferencia perjudicial para el SRA y en la Recomendación UIT-R RA.1513 se indica como criterio una pérdida de datos admisible del 2% como máximo en el SRA debido a la interferencia causada por cualquier red, valor que se determina como el porcentaje de periodos de integración de 2 000 s en los cuales el valor medio de la densidad espectral de flujo de potencia (dfp) en el radiotelescopio supera los niveles estipulados en la Recomendación UIT-R RA.769.

El objetivo del presente estudio es determinar el máximo nivel de dfp necesario para que las emisiones no deseadas de los enlaces de conexión del sistema SMS no OSG en la banda 1 430-1 432 MHz cumplan los criterios de protección de las observaciones de radioastronomía en la banda 1 400-1 427 MHz que figuran en la Recomendación UIT-R RA.769 y la Recomendación UIT-R RA.1513, utilizando la metodología descrita en la Recomendación UIT-R S.1586, en la que se tiene en cuenta la naturaleza no geoestacionaria de estos sistemas al evaluar sus niveles emisión no deseada en los emplazamientos de radiotelescopios.

2 Características del sistema del SMS

En el Cuadro 1 se describen las características del sistema del SMS. Se supone que los satélites van equipados con una antena isoflux, capaz de generar una dfp constante a nivel del suelo.

CUADRO 1

Características del sistema del SMS

Altitud orbital	1 000 km
Inclinación orbital	50° (y 83° para cobertura polar)
Número de planos	6 (+ 1 para cobertura polar)
Número de satélites por plano	4

3 Características de las estaciones del SRA y criterios de protección

Para este análisis se seleccionó el radiotelescopio Effelsberg, en Alemania. Sus coordenadas geográficas son: latitud: N 50,7°, longitud: E 7,0°.

El diagrama de radiación de la antena y la ganancia de cresta en el eje de puntería utilizados se indican en la Recomendación UIT-R RA.1631.

CUADRO 2

Niveles de dfp perjudicial para el SRA

Banda de frecuencias (MHz)	Nivel de interferencia (dB(W/m ²))	Anchura de banda de referencia (MHz)	Tipo de observación
1 330-1 400	-196 ⁽¹⁾	0,02	Línea espectral
1 400-1 427	-180	27	Continuum
1 400-1 427	-196	0,02	Línea espectral

⁽¹⁾ La Recomendación UIT-R RA.769 no define el umbral de interferencia perjudicial para la banda 1 330-1 400 MHz (véase el número 5.149 del RR). Los criterios de protección indicados para esta banda se obtuvieron a partir de los utilizados en la banda 1 400-1 427 MHz para el caso de observaciones de la línea espectral.

Se realizaron simulaciones para ángulos de elevación mínimos del telescopio de 0° y 3°.

La relación entre el umbral de dfp perjudicial y el nivel de dfpe viene dado por la expresión:

$$dfpe_{lim} = dfp_{lim} - G_{m\acute{a}x}$$

CUADRO 3

Niveles de dfpe perjudicial para el SRA

Banda de frecuencias (MHz)	Nivel de dfpe interferente (dB(W/m ²))	Anchura de banda de referencia (MHz)	Tipo de observación
1 330-1 400	-259	0,02	Línea espectral
1 400-1 427	-243	27	Continuum
1 400-1 427	-259	0,02	Línea espectral

4 Determinación del nivel de dfp máxima por satélite necesario para proteger el servicio de radioastronomía

4.1 Procedimiento

El método utilizado es el siguiente (véase la Recomendación UIT-R S.1586):

Paso 1: Se selecciona un valor de dfp por satélite. Como primera aproximación (y suponiendo el caso más desfavorable) este valor puede considerarse constante para todos los ángulos de elevación.

En este ejemplo particular, se toma como hipótesis que el satélite está equipado con una antena isoflux.

Paso 2: Se selecciona una estación de radioastronomía.

Paso 3: Se divide el cielo en 2 334 células con un ángulo sólido de unos 9° cuadrados cada uno (véase el Cuadro 1 del Anexo 3 a la Recomendación UIT-R S.1586).

Paso 4: Para cada célula t que puede observar la estación de radioastronomía (habida cuenta del ángulo de elevación mínimo θ_{min} al que la estación es capaz de realizar observaciones en la banda de frecuencia, como se define en el Apéndice 4 del RR), se apunta el radiotelescopio en una dirección seleccionada arbitrariamente dentro de la célula, y se inician las transmisiones del satélite en un instante de tiempo también aleatorio. A continuación, se calcula la dfpe para cada muestra temporal a lo largo de un periodo de integración de 2 000 s, con intervalos de tiempo de 1 s. Por último, se calcula la dfpe media correspondiente a este ensayo.

Paso 5: Si el nivel de dfpe promediado en el periodo de integración de 2 000 s es mayor que el umbral de interferencia, se considera que esa determinada observación de 2 000 s está afectada.

Paso 6: Se repiten los Pasos 4 y 5 hasta obtener un número representativo de ensayos (100 ensayos son suficientes desde el punto de vista estadístico).

Paso 7: Se determina el porcentaje de periodos de integración de 2 000 s afectados para todo el cielo observable por el radiotelescopio según la definición dada en el Paso 4.

Paso 8: Se modifica el nivel de dfp del sistema del SMS no OSG hasta que este porcentaje sea inferior al 2%.

4.2 Resultados

En el Cuadro 4 se indican los límites de dfp por satélite del SMS obtenidos por simulación.

CUADRO 4

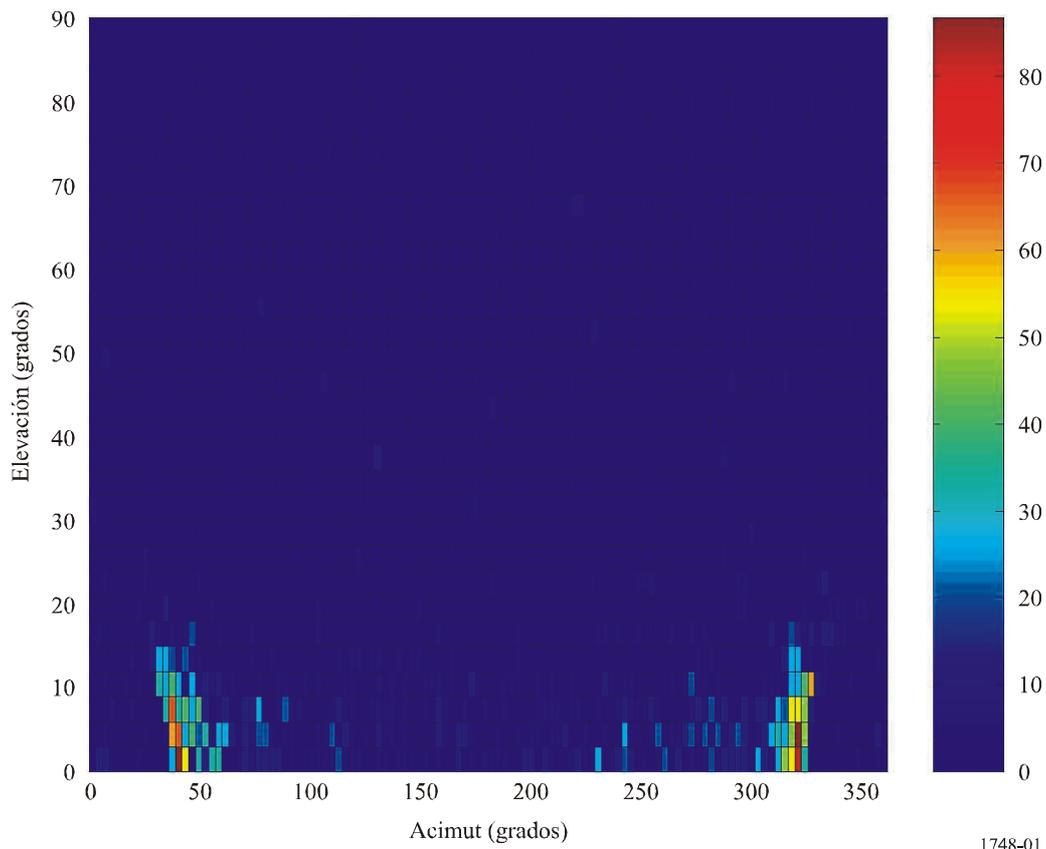
Máximos niveles de dfp por satélite del SMS necesarios para proteger una estación de radioastronomía

Banda y tipo de observación	Límite de dfp por satélite (dB(W/m ²))	Anchura de banda de referencia (MHz)
1 330-1 400 MHz (línea espectral)	-201	0,02
1 400-1 427 MHz (continuum)	-185	27
1 400-1 427 MHz (línea espectral)	-201	0,02

El volumen total de datos perdidos es el 2,07% para un ángulo de elevación mínimo de 0° y de 1,65% para un ángulo de elevación mínimo de 3° .

En la Fig. 1 se muestra el porcentaje de observaciones que rebasaron los criterios de dfpe para cada una de las células de todo el cielo observadas desde la estación de radioastronomía de Effelsberg. Se realizaron un total de 100 ensayos. La escala de intensidad representa el número de ensayos para los que se rebasaron los criterios de dfpe.

FIGURA 1
Resultados de la simulación para Effelsberg



5 Conclusiones

El estudio muestra que para proteger el servicio de radioastronomía del sistema considerado es suficiente con que el límite de d_{fp} sea igual a $-185 \text{ dB(W/m}^2\text{)}$ por satélite del SMS en toda la banda 1 400-1 427 MHz (para observaciones del continuum) e igual a $-201 \text{ dB(W/m}^2\text{)}$ por satélite del SMS en cualquier anchura de banda de 20 kHz de la banda 1 400-1 427 MHz (para la observación de líneas espectrales).

El límite de d_{fp} para la observación de líneas espectrales también es aplicable a la banda 1 330-1 400 MHz.

Anexo 2

Distancia de separación entre estaciones de radioastronomía que funcionan en la banda 1 400-1 427 MHz y estaciones terrenas de enlaces de conexión del SMS que pueden funcionar en la banda 1 390-1 392 MHz

1 Introducción

El objetivo del presente Anexo es determinar la distancia de separación que debe haber entre una estación de radioastronomía que funciona en la banda 1 400-1 427 MHz y una estación terrena de enlace de conexión del SMS que funciona en la banda 1 390-1 392 MHz, para que no aparezca interferencia perjudicial en la estación de radioastronomía.

La Recomendación UIT-R RA.1513 trata de las cuestiones relativas a los niveles máximos de pérdida de datos y los criterios de porcentaje de tiempos admisibles para las observaciones de radioastronomía que son fundamentales para los estudios de compartición. Los umbrales de interferencia perjudicial para las observaciones radioastronómicas se indican en la Recomendación UIT-R RA.769.

2 Metodología

En radioastronomía, la potencia recibida se integra a lo largo de un periodo de tiempo para obtener mayor precisión. En lo que sigue, el resultado de esta integración se denomina observación.

La potencia recibida de una fuente de interferencia durante una observación puede expresarse del modo siguiente:

$$I = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \frac{P_t(i) \cdot G_t(i) \cdot G_r(i)}{L_b(i)} \quad (1)$$

siendo:

- $L_b(i)$: atenuación por propagación en el instante i
- $P_t(i)$: nivel de potencia de transmisión (W) en la anchura de banda del SRA a la entrada de la antena en el instante i
- $G_t(i)$: ganancia de la antena transmisora en la dirección de la antena de radioastronomía en el instante i
- $G_r(i)$: ganancia de la antena de radioastronomía en la dirección del transmisor en el instante i
- N : número de muestras
- I : potencia interferente (W) en la anchura de banda de referencia a la entrada del receptor y promediada durante el periodo de observación T .

Por regla general (y para ser coherentes con los umbrales de interferencia perjudicial que figuran en la Recomendación UIT-R RA.769) el cálculo se realiza para un periodo de integración T de 2 000 s. Durante este periodo de tiempo pueden variar algunos parámetros. En este caso concreto, P_t se considera constante. Como el transmisor es una estación terrena que sigue a un satélite o a una constelación de satélites, G_t varía durante el periodo de integración y de una observación a otra. Se

supone que las propiedades de la antena de radioastronomía se mantienen constantes durante el periodo de integración (es decir, que G_r no varía en el periodo de 2 000 s), aunque la dirección de puntería de la antena del SRA varíe de una observación a otra.

Las observaciones realizadas durante un determinado periodo de integración se considerarán perdidas si la potencia de la señal interferente recibida, I , promediada en T , rebasa el valor umbral indicado en la Recomendación UIT-R RA.769.

Por consiguiente:

$$L_b = \frac{P_t}{\Delta P_H} \cdot \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N G_t(i) \cdot G_r(i) \quad (2)$$

siendo:

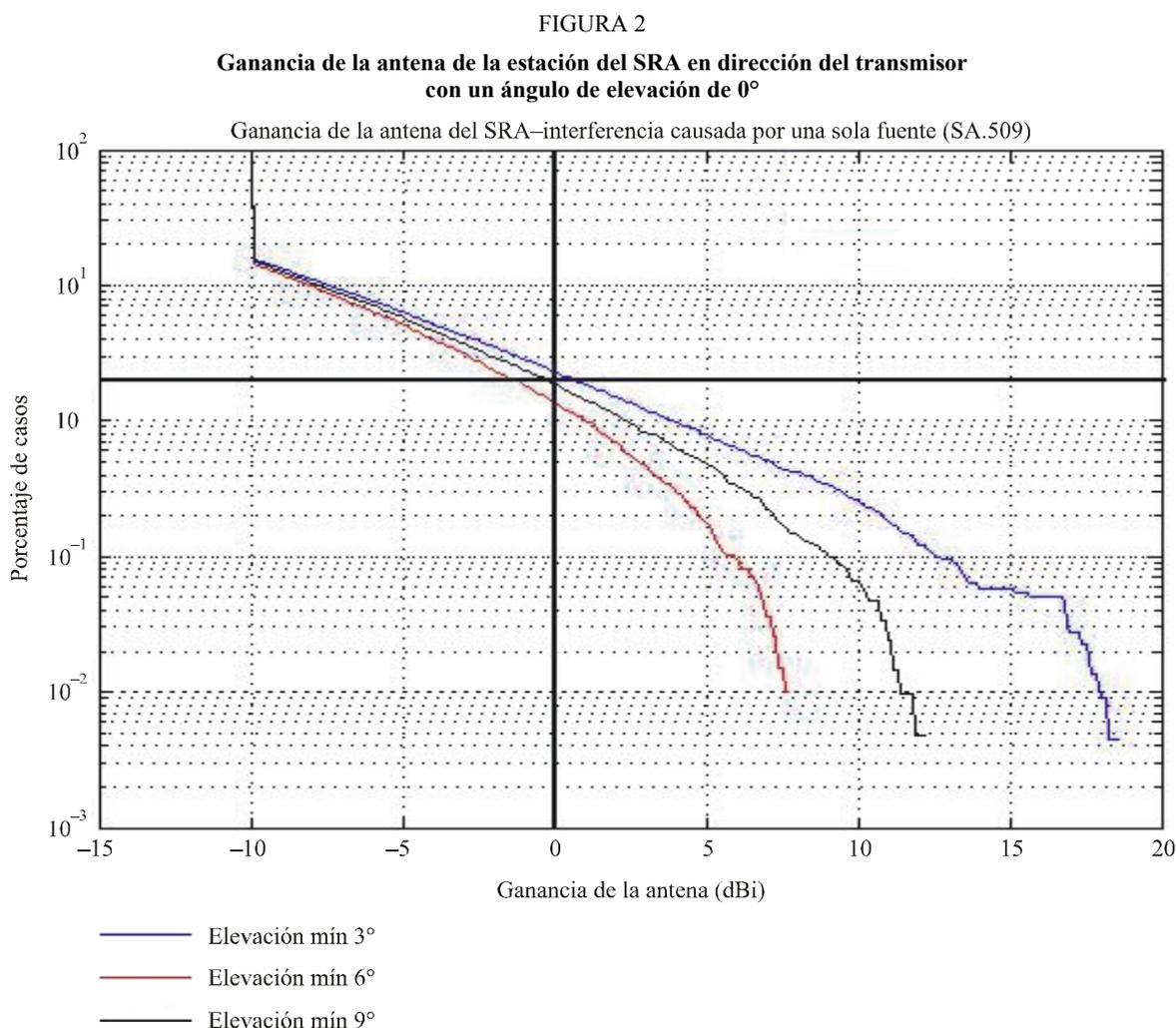
- P_t : nivel de potencia del transmisor (W) en la anchura de banda del SRA a la entrada de la antena (incluida la atenuación del alimentador)
- $G_t(i)$: ganancia de la antena transmisora en la dirección de la antena de radioastronomía en el instante i
- $G_r(i)$: ganancia de la antena de radioastronomía en la dirección del transmisor en el instante i
- N : número de muestras
- ΔP_H : umbral de potencia de la señal interferente (W) indicado en la Recomendación UIT-R RA.769.

Es necesario realizar el cálculo para varios periodos de tiempo, a fin de verificar que el porcentaje de observaciones perdidas es inferior al 2% estipulado en la Recomendación UIT-R RA.1513.

3 Ganancia de la antena de la estación de radioastronomía en dirección de la estación terrena del enlace de conexión del SMS

Para calcular las estadísticas de la ganancia de la antena de la estación de radioastronomía puede aplicarse la metodología que figura en el Anexo 3 al § 1 de la Recomendación UIT-R M.1583. El cielo se divide en 2 334 células con un ángulo sólido de unos 9° cuadrados cada una. Para cada célula puede tomarse una dirección de puntería aleatoria de la antena del telescopio y, a partir de este parámetro y del diagrama de la antena, calcular la ganancia de ésta en la dirección de la estación terrena para un ángulo de elevación de 0°.

Las curvas en la Fig. 2 se obtuvieron para una frecuencia de 1,4 GHz para el diagrama de antena de la Recomendación UIT-R SA.509 y con una antena de 100 m de diámetro. Se ha tomado un ángulo de elevación del transmisor visto desde el radiotelescopio de 0°. Estas curvas permanecen invariables aunque se consideren otras bandas de frecuencias y otro diámetro de la antena, dado que el diagrama de radiación indicado en la Recomendación UIT-R SA.509 no depende de la frecuencia ni de la máxima ganancia de la antena.



4 Ganancia de la antena de la estación terrena del enlace de conexión del SMS en dirección de la estación de radioastronomía

La curva de distribución acumulativa de la ganancia de la antena en la Fig. 3 se obtuvo para una estación terrena de enlace de conexión del SMS que seguía la trayectoria de una constelación formada por 24 satélites a un altitud de 1 000 km, con un diagrama de antena conforme a lo indicado en el Anexo III al Apéndice 8 del RR y una máxima ganancia de la antena de 30 dBi.

5 Cálculo de la atenuación por propagación mediante el método de Monte-Carlo

En la Fig. 4 se muestra la curva de la función de distribución acumulativa para la atenuación por propagación que resulta de realizar la simulación de Monte-Carlo, teniendo en cuenta la variación de la ganancia de la antena transmisora durante el periodo de 2 000 s, una potencia de emisión de -60 dBW en la banda 1 400-1 427 MHz, y un umbral de protección del SRA de -205 dBW.

FIGURA 3

Ganancia de la antena de la estación terrena del enlace de conexión del SMS en dirección de una estación del SRA con un ángulo de elevación de 0°

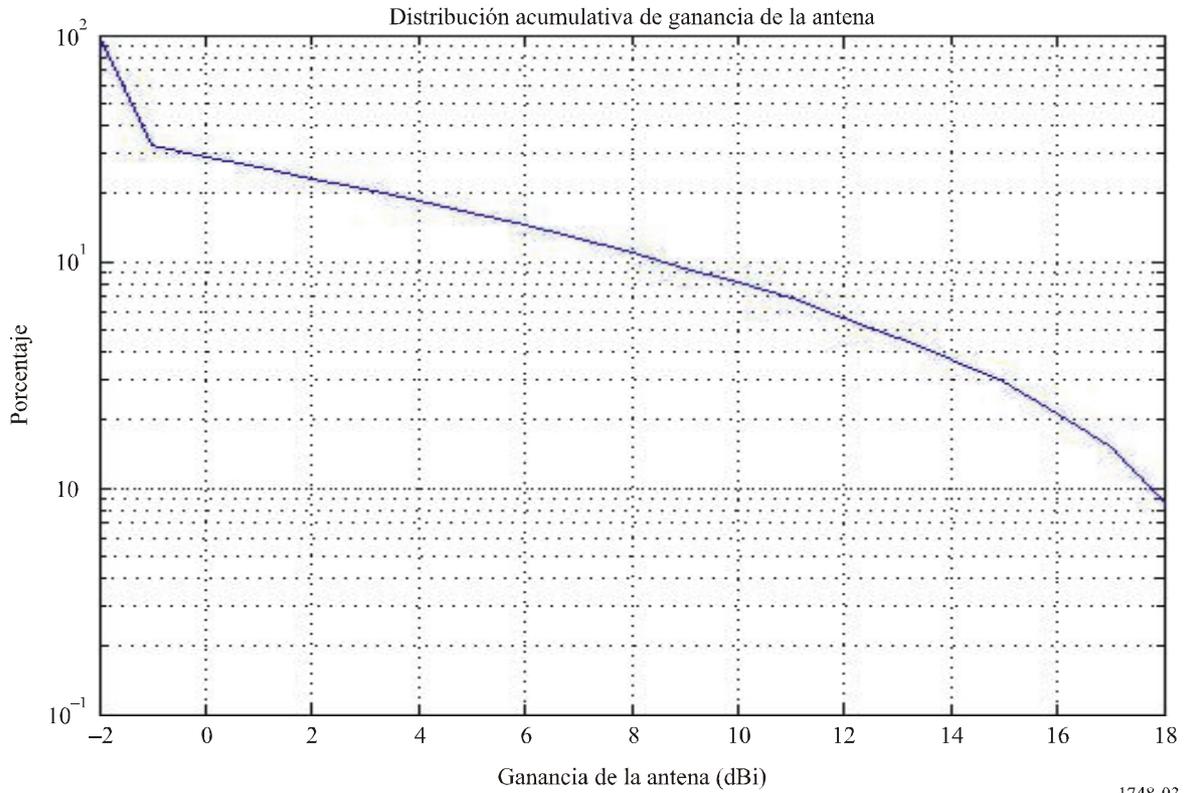
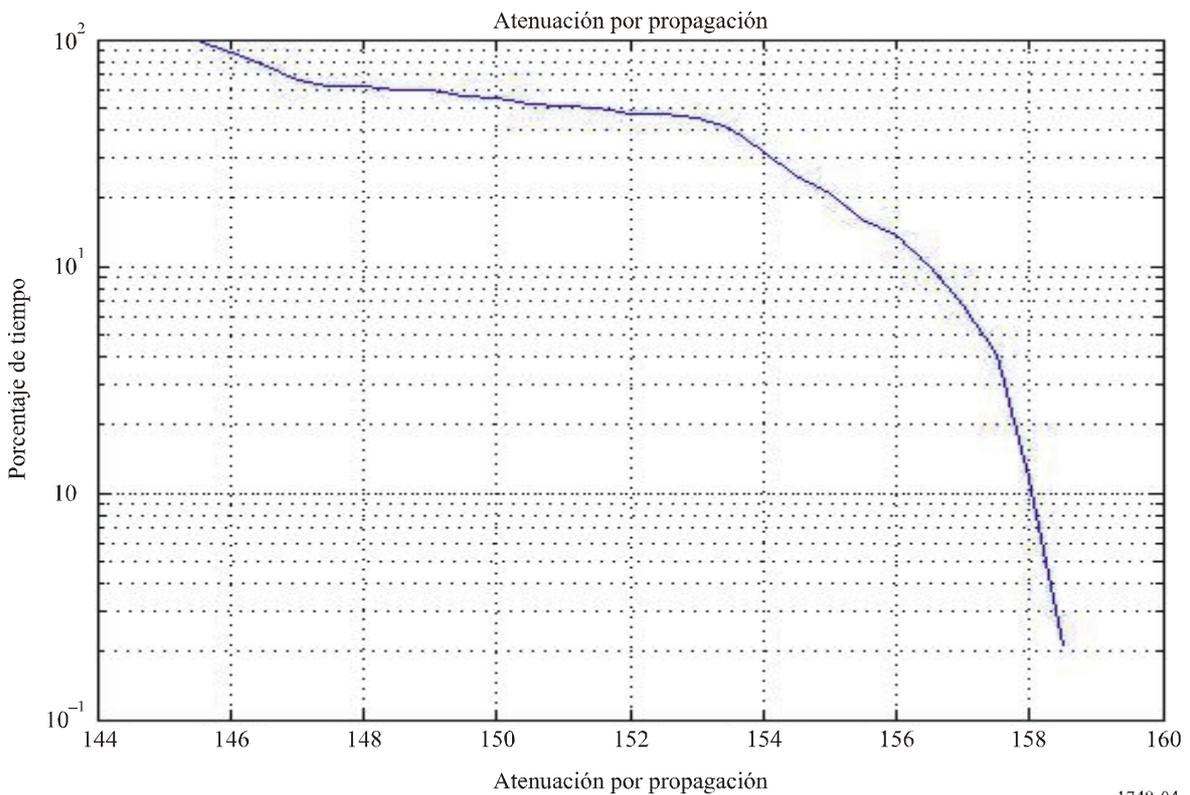


FIGURA 4

Atenuación por propagación necesaria para proteger las estaciones del SRA de las emisiones de las estaciones terrenas del enlace de conexión del SMS en bandas de frecuencias cercanas, para un ángulo de elevación mínimo del telescopio de 0°



La pérdida de datos del 2% causada a una estación de radioastronomía por el sistema del SMS ha de repartirse entre el enlace ascendente y el descendente. Por ejemplo, si la estación del SRA no pierde datos en el sentido descendente, la atenuación por propagación correspondiente al enlace ascendente (promediada en 2 000 s) debe ser igual a 157,9 dB. Si la pérdida de datos en el enlace descendente es de un 1,8%, la atenuación por propagación correspondiente a una pérdida de datos del 0,2% debe ser 158,5 dB, es decir, superior en sólo 0,6 dB.

La misma atenuación por propagación puede calcularse fácilmente a partir de este valor para otras potencias de emisión o umbrales de interferencia perjudicial, mediante la siguiente ecuación:

$$L_2 = L_1 + (P_{t2} - P_{t1}) - (P_{r2} - P_{r1})$$

El Cuadro 5 contiene los valores obtenidos para varias potencias de emisión de la estación terrena del enlace de conexión del SMS y diferentes bandas y tipos de observación del SRA.

CUADRO 5

Atenuación por propagación necesaria para no rebasar el umbral de interferencia perjudicial

Tipo de observación	Banda de frecuencias	Anchura de banda	P_t (dBW)	P_r (dBW)	L_b (dB)	Observaciones
Continuum	1 400-1 427 MHz	27 MHz	-60	-205	158	Hipótesis para el cálculo anterior
Continuum	1 400-1 427 MHz	27 MHz	-63	-205	155	Nuevo límite de potencia para la protección del SETS
Continuum	1 400-1 427 MHz	27 MHz	-107,5	-205	111	Potencia real de emisiones no deseadas de un sistema del SMS
Línea espectral	1 400-1 427 MHz	20 kHz	-94	-220	139	Suponiendo un espectro uniforme en la banda pasiva
Línea espectral	1 400-1 427 MHz	20 kHz	-127	-220	106	Potencia real de emisiones no deseadas de un sistema del SMS
Línea espectral	1 330-1 400 MHz	20 kHz	3	-220	236	Potencia de emisión de una estación terrena del SMS en 20 kHz

Cabe observar que si el porcentaje de pérdidas de datos fuera el 0,2% en lugar del 2%, la atenuación resultante sería 0,6 dB mayor que la indicada en el Cuadro 5.

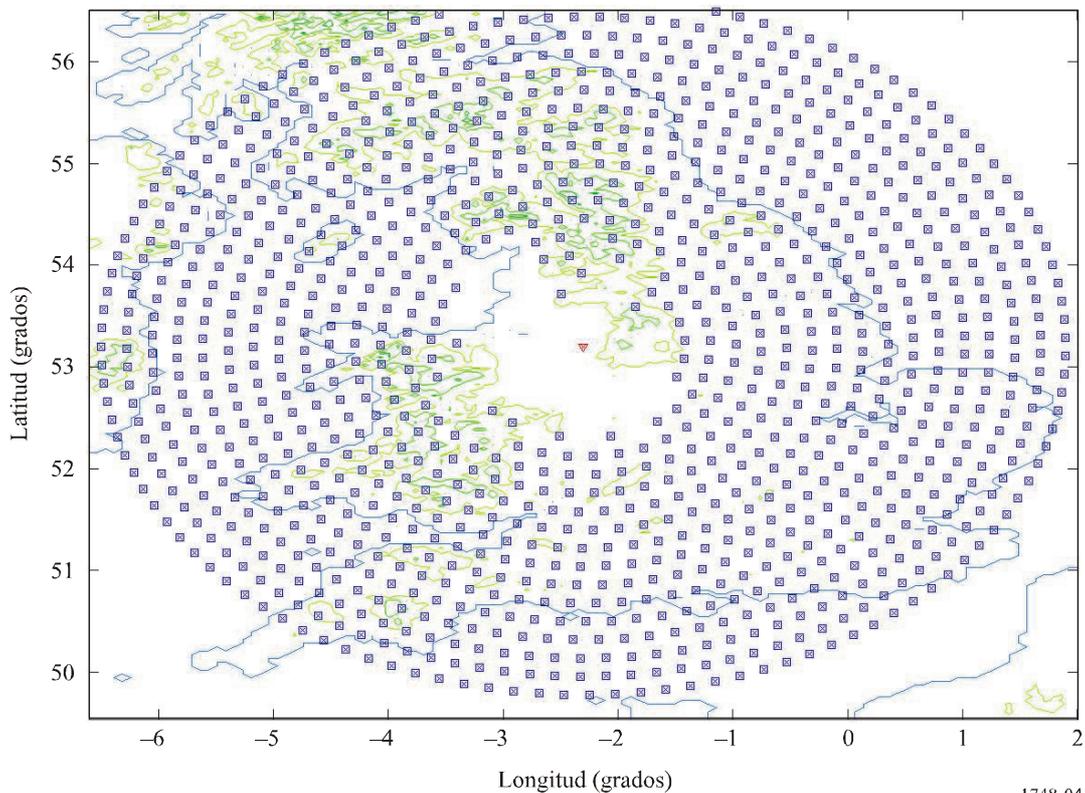
6 Cálculo de la distancia de protección a partir de la atenuación por propagación

La distancia de protección real o el radio de la zona de protección depende de la ubicación del SRA y de las características de sus inmediaciones (en particular, el relieve, la vegetación y los edificios). En la Fig. 5 se muestra el resultado de aplicar la Recomendación UIT-R P.452 a la estación del SRA Jodrell Bank en el Reino Unido (a título de ejemplo), y como puede verse la zona de protección resultante es fácil de conseguir.

Se tuvieron en cuenta varias estaciones terrenas del enlace de conexión del SMS que se encuentran alrededor de la estación de radioastronomía Jodrell Bank, en círculos concéntricos. Se calculó la atenuación por propagación en cada ubicación utilizando para ello la Recomendación UIT-R P.452. Los cuadraditos representan los puntos en los que la atenuación por propagación superaba los 158 dB.

FIGURA 5

Emplazamientos en los que la atenuación por propagación supera los 158 dB alrededor de la estación Jodrell Bank



El Cuadro 6 contiene las distancias de separación para la estación Jodrell Bank calculadas mediante la Recomendación UIT-R P.452 a partir de los valores de atenuación por propagación que figuran en el Cuadro 5.

CUADRO 6

Mínima distancia de separación aproximada

Tipo de observación	Banda de frecuencias	Anchura de banda	P_t (dBW)	Distancia (km)
Continuum	1 400-1 427 MHz	27 MHz	-60	120
Continuum	1 400-1 427 MHz	27 MHz	-63	100
Continuum	1 400-1 427 MHz	27 MHz	-107,5	7
Línea espectral	1 400-1 427 MHz	20 kHz	-94	50
Línea espectral	1 400-1 427 MHz	20 kHz	-127	4,5
Línea espectral	1 330-1 400 MHz	20 kHz	3	> 600

Según estos cálculos, suponiendo un límite de potencia de emisión no deseada de -63 dBW en la banda 1 400-1 427 MHz radiada por estaciones terrenas del enlace de conexión del SMS que funcionan en la banda 1 390-1 392 MHz (impuesto por la protección del SETS), se necesitaría una distancia de separación de un radio de unos 100 km, distancia que se considera factible.

Ahora bien, en el caso de un sistema del SMS real, se ha demostrado que la mínima distancia de separación puede reducirse hasta un valor inferior a 10 km. En consecuencia, resulta necesario calcular la distancia de separación mínima en cada caso alrededor de todas las estaciones de radioastronomía que llevan a cabo observaciones en la banda 1 400-1 427 MHz, para lo cual habrá que tener en cuenta los parámetros reales del sistema del enlace de conexión del SMS (Tierra-espacio).

La protección de las estaciones de radioastronomía que realizan observaciones en la banda 1 330-1 400 MHz pudiera requerir radios de separación mayores de 600 km, lo que podría impedir la instalación de estaciones terrenas de enlace de conexión del SMS en zonas muy extensas de las inmediaciones de dichas estaciones de radioastronomía.
