

RECOMENDACIÓN UIT-R IS.1141*

COMPARTICIÓN EN LAS BANDAS DE FRECUENCIAS DE LA GAMA 1-3 GHz ENTRE LAS ESTACIONES ESPACIALES NO GEOESTACIONARIAS QUE OPERAN EN EL SERVICIO MÓVIL POR SATÉLITE Y EL SERVICIO FIJO

(Cuestión UIT-R 202/2)

(1995)

Criterios de umbral de coordinación relativos a la compartición entre los sistemas no geoestacionarios del servicio móvil por satélite (espacio-Tierra) y el servicio fijo en la banda de frecuencias 1-3 GHz

La Asamblea de Radiocomunicaciones de la UIT,

considerando

- a) que en las Resoluciones N.º 46, 113 y 703 y en la Recomendación N.º 717 de la Conferencia Administrativa Mundial de Radiocomunicaciones para examinar la atribución de frecuencias en ciertas partes del espectro (CAMR-92) (Málaga-Torremolinos, 1992) se invita al UIT-R (ex CCIR) a estudiar los criterios de compartición y coordinación entre los sistemas del servicio móvil por satélite (SMS) y los servicios fijo y móvil;
- b) que las bandas 2 170-2 200 MHz, 2 483,5-2 500 MHz y 2 500-2 535 MHz están atribuidas al SMS (espacio-Tierra) y al servicio fijo a título coprimario;
- c) que las bandas 1 492-1 525 MHz, 1 525-1 530 MHz y 2 160-2 170 MHz están atribuidas al SMS (espacio-Tierra) y al servicio fijo en ciertas regiones o por algunas administraciones, a título coprimario;
- d) que para ciertas bandas sometidas al procedimiento de coordinación de la Resolución N.º 46 (CAMR-92) la CAMR-92 aprobó y aplicó los niveles de densidad de flujo de potencia (dfp) estipulados en el número 2566 del Reglamento de Radiocomunicaciones (RR) como umbral de coordinación para proteger las estaciones receptoras del servicio fijo contra las estaciones espaciales de transmisión del SMS;
- e) que durante varias décadas un gran número de administraciones ha explotado sistemas del servicio fijo en las bandas recientemente atribuidas al SMS;
- f) que en muchos países los organismos de radiodifusión explotan servicios auxiliares con características de sistema fijo y móvil en ciertas bandas compartidas con el SMS;
- g) que habrá que tener presente la calidad de funcionamiento de los sistemas del servicio fijo (analógicos punto a punto, digitales punto a punto y digitales punto a multipunto, incluidos los sistemas de acceso local) para la compartición en la banda 1-3 GHz;
- h) que habrá que tomar en consideración la calidad de funcionamiento de los sistemas no geoestacionarios del SMS a efectos de la compartición en la banda 1-3 GHz;
- j) que un determinado valor de la densidad de flujo de potencia producida por distintas constelaciones de satélites no geoestacionarios del SMS da lugar a valores diferentes de la degradación fraccionaria de la calidad de funcionamiento (DFC) (Recomendación UIT-R F.1108);
- k) que se han propuesto múltiples sistemas no geoestacionarios del SMS con técnicas de acceso múltiple por división de código (AMDC) para compartir el espectro radioeléctrico en el sentido espacio-Tierra en la banda 2 483,5-2 500 MHz, utilizando la misma frecuencia;
- l) que los análisis realizados aplicando la metodología de la Recomendación UIT-R F.1108 indican que es viable la compartición entre los sistemas no geoestacionarios del SMS y los sistemas de radioenlaces analógicos en las bandas 2 483,5-2 500 MHz (véase el Anexo 1) y 2 160-2 200 MHz, aun cuando se utilicen valores de dfp más elevados del umbral de coordinación que los señalados en el número 2566 del RR;

* Esta Recomendación se aplica únicamente a la compartición en el sentido espacio-Tierra. No se ha preparado Recomendación alguna en lo que concierne al sentido Tierra-espacio.

m) que los análisis sobre los sistemas de radioenlaces digitales de diseño actual, aplicando la metodología de la Recomendación UIT-R F.1108, indican que los criterios de protección DFC se excederían en la banda 2 483,5-2 500 MHz, si los sistemas no geoestacionarios del SMS utilizan los valores de dfp establecidos en el número 2566 del RR (véase el Anexo 1);

n) que la aparición de la interferencia ocasionada por las aplicaciones ISM y RLAN en la banda 2 483,5-2 500 MHz hace que, en muchos países esta banda sea poco interesante para la utilización de sistemas de radioenlace digitales,

recomienda

1 que se utilicen los criterios indicados a continuación (véase el Cuadro 1) para los valores del umbral de coordinación entre los sistemas no geoestacionarios del SMS (espacio-Tierra) y los sistemas del servicio fijo en las bandas precitadas. Se dan valores de dfp y de DFC, respectivamente, para fijar el nivel de protección aplicable a los sistemas analógicos y a los sistemas digitales, salvo lo indicado en el § 2;

2 que para encajar los sistemas no geoestacionarios del SMS en la banda 2 483,5-2 500 MHz, puede resultar necesario diseñar y explotar nuevos sistemas de radioenlaces digitales punto a punto y punto a multipunto compatibles con los valores de dfp señalados en el § 1;

CUADRO 1

Valores del umbral de coordinación para determinadas bandas utilizadas por los sistemas no geoestacionarios del SMS (espacio-Tierra) y los sistemas del servicio fijo

Banda de frecuencias (MHz)	Densidad de flujo de potencia (dfp) por estación espacial y ángulo de llegada δ (grados) (dB(W/(m ² .4 kHz)))	Degradación fraccionaria de la calidad de funcionamiento, DFC (%) (1)
1 492-1 525	(2)	25
1 525-1 530	(2)	25
2 160-2 170	-147 para $0^\circ < \delta < 5^\circ$ -147 + 0,5($\delta - 5$) para $5^\circ < \delta < 25^\circ$ -137 para $25^\circ < \delta < 90^\circ$	25
2 170-2 200	-147 para $0^\circ < \delta < 5^\circ$ -147 + 0,5($\delta - 5$) para $5^\circ < \delta < 25^\circ$ -137 para $25^\circ < \delta < 90^\circ$ (3)	25
2 483,5-2 500	-150 para $0^\circ < \delta < 5^\circ$ -150 + 0,65($\delta - 5$) para $5^\circ < \delta < 25^\circ$ -137 para $25^\circ < \delta < 90^\circ$ (4)	Los valores de la dfp de la columna anterior se aplican a los sistemas de radioenlaces digitales en esta banda (4)
2 500-2 535	(2)	25

(1) El método para calcular la DFC de una red del servicio fijo se expone en la Recomendación UIT-R F.1108.

(2) El valor de la dfp necesario para proteger los sistemas analógicos ha de determinarse, basándose en la Recomendación UIT-R SF.357, para esta banda y cada una de las constelaciones de satélites no geoestacionarios del SMS propuestas. Mientras no se disponga de los nuevos valores, se aplicarán los valores de la dfp estipulados en el número 2566 del RR.

(3) Los valores de la dfp fijados para la banda 2 160-2 200 MHz proporcionan plena protección a los sistemas radioeléctricos analógicos que utilizan los criterios de compartición establecidos en la Recomendación UIT-R F.357, para el funcionamiento con un sistema no geoestacionario del SMS que aplique técnicas de acceso múltiple por división en el tiempo (AMDT) y de acceso múltiple por distribución de frecuencia (AMDF) de banda estrecha.

(4) Los valores de la dfp definidos para la banda 2 483,5-2 500 MHz proporcionan plena protección a los sistemas de radioenlaces analógicos que utilizan los criterios de compartición establecidos en la Recomendación UIT-R F.357, para el funcionamiento con múltiples sistemas no geoestacionarios del SMS que empleen técnicas AMDC (véase el Anexo 1). Los valores de la dfp especificados no proporcionan plena protección a los sistemas fijos digitales existentes en todos los casos. No obstante, se considera que estos valores permiten una protección adecuada de los sistemas fijos digitales diseñados para su explotación en esta banda, cuando se prevea que las aplicaciones ISM de elevada potencia y, posiblemente, de baja potencia, generarán un entorno de interferencia relativamente elevada.

ANEXO 1

Metodología de compartición y criterios de interferencia utilizados para determinar los criterios de umbral de coordinación

1 Descripción de la metodología

Los métodos existentes para determinar el umbral de coordinación entre los enlaces descendentes de los sistemas no geoestacionarios del SMS y el SF se basan en la Recomendación UIT-R F.1108. Esta Recomendación ofrece:

- un método para determinar las estadísticas de visibilidad de satélites no geoestacionarios desde estaciones terrenales. En este método se toman en consideración los parámetros orbitales del sistema no geoestacionario, el movimiento de la tierra y los factores geométricos pertinentes. Se trata de un método tan complejo, que requiere un programa informático para calcular las estadísticas de visibilidad;
- un método para relacionar la interferencia con una degradación fraccionaria de la calidad de funcionamiento (DFC) de las redes digitales del SF;
- un método para relacionar la interferencia con una degradación de la calidad de funcionamiento de las redes analógicas del SF.

En el caso del SF digital, el objetivo de interferencia es una degradación del objetivo de disponibilidad (incremento de la interrupción) y se trata de un valor sencillo (por ejemplo, 10%).

Tratándose del SF analógico, se utiliza un objetivo de interferencia de dos puntos, consistente en un objetivo a largo y a corto plazo.

1.1 Método de simulación

Se utilizó un programa informático para simular la interferencia en la red del SF procedente de una o varias constelaciones de satélites no geoestacionarios que funcionaban en la banda 2 483,5-2 500 MHz. El programa calcula las posiciones orbitales de los satélites en cada instante y la interferencia combinada de todos los satélites visibles desde la estación o estaciones del SF se determina recurriendo a la siguiente ecuación:

$$I = \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^M \rho(\delta_{ij}) A_{iso} G(\theta_{ij}) \quad (1)$$

donde:

i : uno de N satélites visibles

j : uno de M estaciones en una ruta

$\rho(\delta_{ij})$: densidad de flujo de potencia recibida en la estación j del satélite i -ésimo

δ_{ij} : ángulo de elevación de la estación j con respecto al satélite i -ésimo

A_{iso} : área de una antena isótropa

$$= \lambda^2/4\pi$$

$G(\theta_{ij})$: ganancia de la antena de la estación j -ésima en la dirección del satélite i -ésimo

θ_{ij} : ángulo entre el vector de puntería de la antena de la estación j -ésima y el vector de distancia entre la estación j -ésima y el satélite i -ésimo.

Puede suponerse que la dfp incidente en la antena receptora de la estación en función del ángulo de elevación se expresa de la siguiente forma:

$$\rho(\delta) = \begin{cases} \rho(5) & \text{para } 0^\circ \leq \delta < 5^\circ & (2a) \\ \frac{\rho(25) - \rho(5)}{20} (\delta - 5) + \rho(5) & \text{para } 5^\circ \leq \delta < 25^\circ & (2b) \\ \rho(25) & \text{para } 25^\circ \leq \delta < 90^\circ & (2c) \end{cases}$$

donde:

- δ : ángulo de elevación (grados)
- ρ : dfp (dB(W/(m²))) en una anchura de banda de referencia
- $\rho(5)$: valor de la dfp para $\delta \leq 5^\circ$
- $\rho(25)$: valor de la dfp para $\delta \geq 25^\circ$.

Asimismo, a partir de una serie de parámetros del haz del satélite pueden obtenerse los valores conexos de la dfp para varios ángulos de llegada.

La ganancia de antena de la estación del SF punto a punto se ajusta al diagrama de radiación de antena con un nivel medio de lóbulos laterales que se define en la Nota 6 de la Recomendación UIT-R F.699. Puede recurrirse también a un diagrama de radiación de antena adecuado para sistemas punto a multipunto.

1.2 Sistemas SF analógicos

Se supone que hay 51 estaciones analógicas en una ruta centrada en una determinada latitud. En las rutas que tienen una longitud de 2 500 km, las estaciones se encuentran espaciadas exactamente 50 km una de otra. El ángulo acimutal de cada estación viene determinado por un ángulo medio y un ángulo variable uniformemente distribuido entre $\pm 12,5^\circ$. En el análisis se toman en consideración ángulos medios que varían entre 10° y 170° en pasos de 20° . Se supone que cada estación utiliza una antena de elevada ganancia apuntada a la próxima estación con un ángulo de elevación de 0° .

El programa calcula las estadísticas de interferencia basándose en la potencia de ruido de interferencia combinada calculada en cada punto muestreado. Las estadísticas de interferencia indican la probabilidad de que la potencia de ruido de interferencia combinada recibida exceda un determinado nivel de interferencia. A continuación, se hace corresponder al intervalo de interferencia con la potencia de ruido de interferencia en un canal de telefonía de 4 kHz mediante la expresión:

$$N_{ch} = \frac{N_T}{k T B} I \quad (3)$$

donde:

- N_T : potencia de ruido térmico introducida en un canal de telefonía de 4 kHz en una estación = 25 pW ponderados sofométricamente en un punto de nivel relativo cero (pW0p)
- k : constante de Boltzmann
- T : temperatura de ruido del sistema receptor de la estación
- B : anchura de banda de referencia = 4 kHz
- I : potencia de ruido de interferencia combinada en la anchura de banda de referencia.

1.3 Sistema SF digital

Para efectuar el análisis sólo se requiere un receptor SF digital, y no los de una ruta completa. La estación del SF se encuentra ubicada en una determinada latitud, su acimut de puntería varía entre 0° y 180° y se supone que cada estación utiliza una elevada ganancia de antena para un ángulo de elevación de 0° .

En cada instante el programa calcula la interferencia combinada recibida en la estación del SF.

A continuación, evalúa dónde termina la degradación fraccionaria de la calidad de funcionamiento (FDP) para la estación digital utilizando la expresión:

$$FDP = \sum_{I_i = \text{mín}}^{\text{máx}} \frac{I_i f_i}{N_T} \quad (4)$$

donde:

I_i : nivel de potencia de ruido de interferencia

f_i : periodo fraccionario de tiempo en que la potencia interferente es igual a I_i

N_T : nivel de potencia de ruido del sistema receptor de la estación = $k T B$

k : constante de Boltzmann

T : temperatura de ruido efectiva del sistema receptor de la estación

B : anchura de banda de referencia = 1 MHz

La reducción del margen de desvanecimiento (FML – fade margin loss) viene dada por:

$$FML = 10 \log (1 + FDP) \quad \text{dB}$$

Una degradación fraccionaria de la calidad de funcionamiento de un 10% equivale aproximadamente a una reducción del margen de desvanecimiento de 0,4 dB y una degradación fraccionaria de la calidad de funcionamiento de un 25% corresponde a una reducción del margen de desvanecimiento de cerca de 1 dB, mientras que una degradación fraccionaria de la calidad de funcionamiento del 100% equivale a una reducción del margen de desvanecimiento de 3 dB.

1.4 Constelaciones múltiples de satélites no geoestacionarios

1.4.1 Sistemas SF analógicos

Al analizar las repercusiones sobre el SF ocasionadas por una multiplicidad de constelaciones de satélites no geoestacionarios, el programa informático genera la función de densidad de probabilidad discreta de la potencia de ruido de interferencia en un canal del SF para cada sistema no geoestacionario del SMS. En caso de que los intervalos de interferencia sean suficientemente reducidos, la función de densidad de probabilidad discreta se aproximará en gran medida a la función de densidad de probabilidad continua de la interferencia en los sistemas de radioenlaces con visibilidad directa procedente de un determinado tipo de sistema no geoestacionario del SMS. Concretamente, la función de densidad de probabilidad de la potencia interferente I_j del sistema j -ésimo no geoestacionario del SMS puede expresarse del siguiente modo:

$$p_j(I_j) \quad (5)$$

El paso siguiente consiste en obtener la función de densidad de probabilidad de la potencia de ruido de interferencia para dos o más sistemas no geoestacionarios del SMS. La función de densidad de probabilidad de la suma de dos variables aleatorias no correlacionadas puede obtenerse como la convolución de las funciones de densidad de probabilidad individuales. En general, si:

$$z = x + y \quad (6)$$

donde x e y son variables aleatorias no correlacionadas, y las funciones de densidad de probabilidad de x e y vienen dadas por $p_x(x)$ y $p_y(y)$, con lo que la función de densidad de probabilidad de z se obtiene mediante la integral de convolución:

$$p_z(z) = \int_{-\infty}^{\infty} p_x(z - y) p_y(y) dy \quad (7)$$

La hipótesis esencial respecto a la integral de convolución es que las variables aleatorias x e y no están correlacionadas. Éste es el caso de los sistemas no geoestacionarios del SMS, debido a las diferencias existentes en los parámetros orbitales de los distintos sistemas, aunque esto debe confirmarse. En consecuencia, la integral de convolución puede

utilizarse para obtener la función de densidad de probabilidad de la interferencia total $p(I)$ causada a los sistemas de radioenlaces con visibilidad directa por dos sistemas no geoestacionarios j y k del SMS:

$$p(I) = \int_{-\infty}^{\infty} p_j(I - I_k) p_k(I_k) dI_k \quad (8)$$

La ecuación (8) puede aplicarse iterativamente (hasta la convolución n -ésima) con el fin de obtener la función de densidad de probabilidad de la interferencia total para n sistemas no geoestacionarios independientes del SMS.

La función de densidad acumulada se obtiene utilizando la expresión:

$$P(I > x) = \int_x^{\infty} p(I) dI = \sum_x^{\infty} p(I) \quad (9)$$

donde:

$P(I > x)$: función de densidad acumulada de la potencia interferente en el canal de telefonía

$p(I)$: función de densidad de probabilidad discreta o continua.

1.4.2 Sistemas digitales

La degradación fraccionaria de la calidad de funcionamiento, cuyo cálculo se describe en el § 1.3, es igual al primer momento de la potencia interferente normalizada respecto del ruido a la entrada al receptor en la anchura de banda de referencia. Así, pues, la degradación fraccionaria de la calidad de funcionamiento ocasionada por la interferencia procedente de varias constelaciones independientes es la suma de las degradaciones producidas por cada una de esas constelaciones.

En los sistemas digitales se utilizan dos tipos de antena: antenas con simetría circular de ganancia relativamente elevada y antenas de ganancia baja a moderada con ganancia constante en el plano acimutal y diagrama de directividad en el plano de elevación. Se supone que todos los sistemas de radioenlaces digitales con visibilidad directa y los sistemas de acceso local que utilizan antenas de sector emplean antenas con simetría circular. Se supone que el diagrama de radiación de este tipo de antena se ajusta al diagrama de radiación de antena con nivel medio de lóbulos laterales que se define en la Nota 6 de la Recomendación UIT-R F.699.

2 Resultados

Se han realizado varias simulaciones con computador utilizando una metodología común para determinar los valores de la dfp que garantizan el logro de los objetivos de interferencia pertinentes. En este punto se presentan los resultados de esas simulaciones.

Sistemas SF analógicos

Se calcularon los valores de la dfp necesarios para proteger rutas radioeléctricas analógicas de 2 500 km centradas en 15°, 40° y 60° de latitud contra las emisiones de sistemas no geoestacionarios del SMS. Estos valores se calcularon en base a combinaciones de tres constelaciones de satélites no geoestacionarios del SMS seleccionadas de entre cuatro sistemas representativos.

En el análisis se utilizó un valor de la dfp básico de -150 dB(W/(m² · 4 kHz)) para ángulos de elevación inferiores a 5°, que aumentaba linealmente hasta -137 dB(W/(m² · 4 kHz)) a 25° y permanecía en dicho nivel para ángulos de elevación de hasta 90°. Se vio que, con excepción de una o dos rutas principales centradas en latitudes superiores, la combinación $-150/-137$ dB(W/(m² · 4 kHz)) proporcionaba a los sistemas de radioenlaces analógicos una protección conforme con los valores de la Recomendación UIT-R F.357.

Se supuso que los cuatro sistemas no geoestacionarios utilizaban técnicas AMDC y que todos ellos se habían diseñado de manera que pudieran compartir la misma frecuencia y proporcionar la misma cobertura.

Sistemas SF digitales

Tratándose de sistemas múltiples no geoestacionarios del SMS interferentes con una estación punto a punto digital que utiliza una antena receptora de elevada ganancia, se descubrió que la cifra de dfp necesaria para obtener una DFC media del orden de un 10% con crestas no mucho mayores de un 15 a 20% era de -162 dB(W/(m² · 4 kHz)) para un ángulo de

elevación entre 0° y 5° , aumentaba linealmente a $-149 \text{ dB(W/(m}^2 \cdot 4 \text{ kHz))}$ para un ángulo de elevación de 25° y permanecía en ese nivel hasta un valor del ángulo de elevación de 90° . Con valores de la dfp suficientes para proteger la explotación de sistemas de radioenlaces punto a punto analógicos, esto es, de $-150 \text{ dB(W/(m}^2 \cdot 4 \text{ kHz))}$ aumentando hasta $-137 \text{ dB(W/(m}^2 \cdot 4 \text{ kHz))}$, las estaciones de radioenlaces punto a punto digitales experimentarían una DFC media del orden de 160%, con crestas de un 240% y un 320% y depresiones que podían descender hasta un 80% dependiendo de la latitud de la estación. Una degradación fraccionaria de la calidad de funcionamiento de un 160% equivale a una reducción del margen de protección contra los desvanecimientos de unos 4 dB.

2.1 Tendencias

Basándose en los resultados obtenidos, pueden observarse varias tendencias.

La interferencia recibida puede variar rápidamente con el acimut de puntería del SF para ciertas constelaciones de satélites no geoestacionarios. Las constelaciones con órbitas polares o casi polares también afectan de forma distinta a los diversos acimuts de puntería del SF, pero en este caso el efecto es mucho menos acentuado.

Las estaciones del SF situadas en latitudes más elevadas experimentan en general mayor interferencia a lo largo del tiempo que las estaciones del SF ubicadas en latitudes inferiores. Este efecto es aún más acusado cuando se trata de constelaciones con órbitas polares, aunque, entre otros requisitos reales de explotación, podría resultar necesario desactivar los haces exteriores, debido al solapamiento de coberturas, lo que, a su vez, reduciría el efecto de la interferencia.

Las constelaciones de satélites que funcionan en altitudes más bajas requieren valores de protección del SF distintos de los que exigen las constelaciones explotadas en altitudes más elevadas.

Como estimación de primer orden, cabe señalar que los niveles de interferencia disminuirán a lo largo del tiempo en proporción inversa al cuadrado de la frecuencia de explotación.

2.2 Conclusiones

Resulta difícil seleccionar un solo esquema de valores de dfp que garantice la no protección del SF sin penalizar por ello simultáneamente a otras constelaciones de satélites no geoestacionarios. La elección de un determinado esquema basado en una constelación puede redundar en una protección inadecuada del SF, ya que puede darse el caso de que exista otra constelación que, satisfaciendo esos niveles de dfp, sobrepase los objetivos de interferencia del SF. Dicho de otro modo, dos constelaciones de satélites no geoestacionarios distintas pueden funcionar con diferentes esquemas de dfp que protejan del mismo modo al SF. Lo anterior no se aplica a un esquema obtenido a partir de varias constelaciones de satélites no geoestacionarios diseñadas para compartir una misma frecuencia, proporcionar la misma cobertura y utilizar técnicas AMDC.

Se comprobó que la dfp requerida para proteger sistemas SF analógicos con circuito ficticio de referencia de 2 500 km contra emisiones simultáneas de tres constelaciones de satélites no geoestacionarios del SMS era de $-150 \text{ dB(W/(m}^2 \cdot 4 \text{ kHz))}$ para ángulos de elevación comprendidos entre 0° y 5° , y que aumentaba linealmente hasta $-137 \text{ dB(W/(m}^2 \cdot 4 \text{ kHz))}$ para un ángulo de elevación de 25° . La dfp permanecía constante en ese valor para ángulos de elevación superiores a 25° . La interferencia causada al circuito ficticio de referencia era conforme con los valores establecidos en la Recomendación UIT-R SF.357.

Se determinó que la dfp requerida para garantizar que la degradación fraccionaria de la calidad de funcionamiento (Recomendación UIT-R F.1108) de los sistemas digitales del SF no rebasa un 10% aproximadamente era un requisito más estricto en unos 9 dB a 10 dB que los valores de la dfp necesaria para proteger la calidad de funcionamiento de los sistemas analógicos del SF. En caso de que se adoptasen esos valores más bajos, se inhibiría la introducción de sistemas no geoestacionarios viables del SMS.

Se llegó a la conclusión de que la compartición con estos sistemas se efectuaría más fácilmente, si se fijaran valores de la dfp que, aunque dieran lugar a una degradación fraccionaria de la calidad de funcionamiento por encima del valor establecido en la Recomendación UIT-R F.1108, no penalizaran indebidamente el diseño y explotación de sistemas SF o no geoestacionarios del SMS en la banda 2 483,5-2 500 MHz.

Compartición de bandas de frecuencias en la gama 1-3 GHz entre estaciones transmisoras del servicio fijo y estaciones espaciales no geostacionarias del servicio móvil por satélite (Tierra-espacio)

1 Introducción

Se vio la necesidad de realizar estudios sobre el escenario de compartición entre las estaciones de transmisión del SF y los receptores de las estaciones espaciales no geostacionarias del SMS en las bandas de frecuencias del SMS Tierra-espacio comprendidas entre 1-3 GHz, esto es, 1 610-1 626,5 MHz, 1 675-1 710 MHz, 1 970-2 010 MHz y 2 655-2 690 MHz. No obstante, los estudios de compartición efectuados se limitaron a las bandas 1 610-1 626,5 MHz y 1 970-2 010 MHz, ya que dichas bandas son de interés inmediato para la entrada en servicio de los sistemas no geostacionarios del SMS. No se recibieron contribuciones con respecto a otras bandas. Se examinó también un estudio sobre el escenario de compartición específico de los enlaces de dispersión troposférica del SF con sistemas no geostacionarios del SMS. Además de los estudios de compartición, se examinan las opciones reglamentarias respecto de los sistemas del SF.

Los estudios de compartición efectuados han demostrado que por regla general, no es posible la explotación cocanal de las estaciones de transmisión del nuevo servicio fijo y los receptores de las estaciones espaciales no geostacionarias del SMS en la banda 1 980-2 010 MHz.

En los estudios de compartición efectuados en la banda 1 610-1 626,5 MHz (véase el número 730 del RR) se ha descubierto que la pérdida de capacidad de tráfico puede resultar aceptable en el caso de una densidad del SF muy baja (por ejemplo, una estación en 230 000 km²).

Una alternativa para mejorar las condiciones de compartición sería reducir considerablemente los límites de la p.i.r.e. admisible fijados en el Artículo 27 del RR para los transmisores del SF. Esos límites dependen en gran medida de las hipótesis respecto a la densidad de transmisores del nuevo SF, que se basarían en el supuesto de una elevada densidad del SF. Esto llevaría a fijar límites muy estrictos a las estaciones del nuevo SF que no serían prácticos desde el punto de vista de su explotación.

A la vista de lo anterior, no se ha preparado ninguna Recomendación para facilitar la compartición desde un punto de vista técnico. Para un análisis de las dificultades que plantea la compartición, véase en el presente Anexo.

2 Simulación de interferencia entre enlaces del SF y receptores de satélites del SMS

2.1 Enlaces SF punto a punto

En los estudios realizados sobre la interferencia ocasionada por múltiples transmisores típicos del SF (cerca de 6 000 en todo el mundo) a las estaciones espaciales no geostacionarias del SMS (órbita terrestre media) en la banda 1 980-2 010 MHz se descubrió que se causaría una interferencia inaceptable a los receptores de dichas estaciones espaciales. El criterio objetivo de *C/I* de interferencia equivalente supuesto no se satisfizo durante casi el 100% del tiempo. Basándose en dichos estudios, cabe concluir que la compartición cocanal de los enlaces ascendentes del SMS con los satélites no geostacionarios del SMS en los segmentos de la banda 1 980-2 010 MHz que son o continúan siendo muy utilizados por el servicio fijo no es posible. Hay que señalar que una evaluación preliminar basada en interpolaciones de los datos reales de utilización del SF en varios países reveló que el número de transmisores del SF punto a punto podría superar al que se había supuesto en el estudio precitado y se traduciría únicamente en un incremento adicional del nivel de interferencia.

Otros estudios sobre la interferencia ocasionada por múltiples transmisores típicos del SF (entre 700 y 3 000 en todo el mundo) a los receptores de las estaciones espaciales no geostacionarias del SMS (órbita terrestre baja) en la banda 1 610-1 626,5 MHz revelaron que la pérdida de capacidad de tráfico puede resultar aceptable sólo en el caso de una densidad del SF muy baja (por ejemplo, una estación en 230 000 km²).

2.2 Enlaces SF de dispersión troposférica

En el caso de la compartición entre los sistemas de dispersión troposférica del servicio fijo y los sistemas no geostacionarios del SMS (órbita terrestre media), se efectuó un estudio en el cual se mostró que la compartición cocanal entre ambos sistemas no sería viable. En el haz principal de un transmisor de dispersión troposférica que funcione a su potencia de salida máxima, el receptor del satélite SMS podría experimentar niveles de interferencia de hasta 60 dB por

encima del límite admisible. En la región del lóbulo lateral siguen excediéndose los niveles de interferencia admisible. Así, pues, sería necesario suspender la explotación de tales sistemas, si se desea explotar los no geoestacionarios del SMS en porciones de bandas donde funcionan sistemas de dispersión troposférica.

2.3 Enlaces SF punto a multipunto

Aunque ciertos sistemas del SF punto a multipunto funcionan con una p.i.r.e. inferior a la de los sistemas del SF punto a punto, en general se utilizan antenas no directivas. La posibilidad de que un determinado número de sistemas del SF punto a multipunto ocasione interferencia a los receptores de satélites no geoestacionarios del SMS puede ser muy inferior a la provocada por el mismo número de estaciones del SF punto a punto. Sin embargo, la interferencia combinada ocasionada al satélite no geoestacionario por un gran número de sistemas del SF punto a multipunto podría provocar un nivel tan elevado de interferencia como el de un número más reducido de sistemas convencionales del SF punto a punto. Se requieren más estudios sobre el particular.

3 Conclusiones

3.1 La explotación en modo cocanal de las estaciones de transmisión del SF en la banda 1980-2010 MHz ocasionará un nivel de interferencia inaceptable a los receptores de las estaciones espaciales no geoestacionarias del SMS.

3.2 Tratándose de sistemas del SF en la banda 1 610-1 626,5 MHz (número 730 del RR), la pérdida de capacidad de tráfico en el caso de un sistema no geoestacionario del SMS podría resultar aceptable únicamente si se registrara una densidad del SF muy baja (por ejemplo, una estación en 230 000 km²).

3.3 Habida cuenta de las dificultades de compartición antes mencionadas, no se preparó Recomendación alguna para facilitar la compartición desde un punto de vista técnico.
