

RECOMENDACIÓN UIT-R SA.1158-1*

COMPARTICIÓN DE LA BANDA 1 675-1 710 MHz ENTRE EL SERVICIO DE METEOROLOGÍA POR SATÉLITE (ESPACIO-TIERRA) Y EL SERVICIO MÓVIL POR SATÉLITE (TIERRA-ESPACIO)

(Cuestión UIT-R 204/7)

(1995-1997)

La Asamblea de Radiocomunicaciones de la UIT,

considerando

- a) que la Conferencia Administrativa Mundial de Radiocomunicaciones para examinar la atribución de frecuencias en ciertas partes del espectro (Málaga-Torremolinos, 1992) (CAMR-92) ha atribuido la banda 1 675-1 710 MHz a título primario en la Región 2 al servicio móvil por satélite (SMS) (Tierra-espacio) y ha mantenido la categoría primaria del servicio de meteorología por satélite (METSAT) (espacio-Tierra);
- b) que cada uno de estos dos servicios puede ser proporcionado por sistemas de satélites geoestacionarios y no geoestacionarios;
- c) que durante más de 20 años el grupo internacional de operadores del servicio METSAT (CGMS) ha acordado dividir la banda 1 675-1 710 MHz en tres sub-bandas que se utilizan, y se espera que sigan siendo utilizadas, de la forma siguiente:
 - 1 675-1 690 MHz: estaciones terrenas principales en emplazamientos fijos para la recepción de señales relativas a datos de imágenes sin procesar, a la recopilación de datos y a la telemida de vehículos espaciales procedentes de satélites meteorológicos geoestacionarios;
 - 1 690-1 698 MHz: estaciones de usuario para servicios de presentación directa desde satélites meteorológicos geoestacionarios. (Actualmente, algunos operadores del servicio METSAT utilizan frecuencias inferiores a 1 690 MHz para proporcionar servicios de presentación directa desde satélites meteorológicos geoestacionarios);
 - 1 698-1 710 MHz: estaciones de usuario para servicios de presentación directa y datos de imágenes previamente grabadas en las estaciones terrenas principales desde satélites meteorológicos no geoestacionarios;
- d) que la banda 1 675-1 690 MHz es y va a seguir siendo utilizada sobre todo, pero no de manera exclusiva, por un número limitado de estaciones terrenas meteorológicas principales (TAD – telemando y adquisición de datos);
- e) que existen miles de estaciones terrenas METSAT en la banda 1 690-1 710 MHz, muchas de las cuales utilizan antenas de pequeño tamaño;
- f) que para las distintas funciones proporcionadas por el servicio METSAT, las estaciones terrenas meteorológicas en la banda 1 690-1 710 MHz pueden ser fijas, móviles o transportables;
- g) que en la Recomendación UIT-R SA.1027 aparecen criterios de compartición para los actuales sistemas METSAT que utilizan satélites en órbita terrestre baja (LEO);
- h) que en la Recomendación UIT-R SA.1161 aparecen criterios de compartición para los actuales sistemas METSAT que utilizan satélites geoestacionarios OSG;
- j) que se espera la instalación de transmisores de estación terrena del SMS cerca o en el interior de la zona de servicio METSAT;
- k) que algunos operadores de satélites meteorológicos tienen previsto aumentar las anchuras de banda de canal y revisar los planes de asignaciones de frecuencia para las nuevas generaciones de satélites METSAT, lo que podría hacer impracticable la intercalación de canales de satélite meteorológico y móvil;
- l) que las estaciones espaciales geoestacionarias METSAT que dan servicio inicialmente a una cierta zona pueden ser reubicadas, de vez en cuando, para ofrecer cobertura a otra zona;
- m) que en los Anexos 1, 2 y 3 aparecen consideraciones sobre aspectos técnicos de la compartición en el servicio METSAT y el SMS que funcionan en la banda 1 675-1 710 MHz;

* Esta Recomendación debe señalarse a la atención de la Organización Meteorológica Mundial (OMM) y de las Comisiones de Estudio 8 y 9 de Radiocomunicaciones.

n) que para el servicio móvil por satélite ya se dispone de técnicas, o pueden desarrollarse, que impiden de forma automática y dinámica las transmisiones procedentes de estaciones terrenas situadas en las proximidades de las estaciones terrenas de recepción METSAT, y que tales técnicas se describen en el Anexo 3,

reconociendo

1 que la Resolución 46 (Rev.CMR-95) de la Conferencia Mundial de Radiocomunicaciones (Ginebra, 1995) estipuló que en la banda 1 675-1 710 MHz las estaciones del SMS no deberán causar interferencia perjudicial a los servicios de METSAT y de ayudas a la meteorología, ni obstaculizarán su desarrollo y que la utilización de esta banda estará sujeta a las disposiciones de dicha Resolución (véase también la Nota S5.377 del Reglamento de Radiocomunicaciones (RR));

2 que ciertos estudios (véase el Anexo 1) han indicado que la posible interferencia causada a las estaciones terrenas meteorológicas por las estaciones terrenas del SMS funcionando en la misma frecuencia sería aceptable cuando las estaciones terrenas meteorológicas estén protegidas mediante zonas de exclusión con radios de hasta 55 km para satélites LEO del SMS y 70 km para satélites OSG del SMS y se apliquen medidas técnicas apropiadas para evitar las transmisiones de estaciones terrenas móviles dentro de esas zonas de exclusión;

3 que el control de las estaciones terrenas móviles se llevará a cabo con un sistema de determinación de la localización que forma parte de la red móvil por satélite; este sistema de determinación de la localización puede requerir un canal de señalización de banda estrecha transmitido desde la estación terrena móvil al satélite del servicio móvil,

reconociendo además

4 que la mayoría de las estaciones terrenas meteorológicas funcionan en la banda 1 690-1 710 MHz y que su densa ocupación por los canales de datos meteorológicos, así como la interferencia causada sobre todo por satélites meteorológicos no estacionarios a los satélites de los servicios móviles haría impracticable el funcionamiento en esta banda de estaciones terrenas móviles,

recomienda

1 que las estaciones terrenas móviles que funcionen en la banda 1 675-1 690 MHz no transmitan, salvo en un canal de señalización de banda estrecha, dentro de las zonas de exclusión en torno a las estaciones terrenas meteorológicas principales (telemando y adquisición de datos), teniendo en cuenta los radios indicados en el *reconociendo* 2, aumentadas en la precisión (km) de los sistemas de determinación de la localización a los que se hace referencia en el *reconociendo* 3 (véase la Nota 1); se requiere un estudio adicional para determinar los criterios de coordinación entre las estaciones del SMS y del GVAR en esta banda.

NOTA 1 – Se invita a la OMM a que informe a la UIT, periódicamente, de la posición geográfica de las estaciones terrenas meteorológicas principales;

2 que los sistemas móviles por satélite se equipen con capacidad de determinación de la localización demostrada, permitiendo la determinación de la posición de las estaciones terrenas móviles, para asegurar el cumplimiento del *recomienda* 1;

3 que el canal de señalización de banda estrecha, que puede ser necesario a escala mundial por ciertos sistemas de determinación de la localización, se asigne de acuerdo con los operadores meteorológicos interesados;

4 que la banda 1 690-1 698 MHz no sea utilizada por las estaciones terrenas móviles;

5 que la banda 1 698-1 710 MHz no sea utilizada por las estaciones terrenas móviles a menos que se demuestre mediante estudios que la compartición es viable y practicable sobre la base de una separación temporal.

ANEXO 1

Compartición de las bandas de frecuencias 1 670-1 710 MHz entre el servicio de meteorología por satélite y el servicio móvil por satélite

1 Introducción

En la CAMR-92, se atribuyó la banda 1 675-1 710 MHz al servicio móvil por satélite (SMS) a título primario (Tierra-espacio) en la Región 2. El servicio de meteorología por satélite (METSAT) ya tenía categoría primaria en el sentido espacio-Tierra en las tres Regiones. Se ha establecido la posibilidad de compartir esta banda. En base a la

Resolución N.º 213, se ha invitado al UIT-R a que estudie con carácter de urgencia los asuntos técnicos y operacionales relativos a la compartición de esta banda entre los servicios anteriores. La Resolución N.º 213 ha sido modificada por la CMR-95 para resaltar la importancia de las técnicas de protección de las estaciones terrenas del METSAT.

La Nota S5.377 del RR se aplica a la atribución al SMS en la Región 2 y establece que las «estaciones del servicio móvil por satélite no causarán interferencia perjudicial a los servicios de meteorología por satélite y ayudas a la meteorología ni obstaculizarán su desarrollo (véase la Resolución 213 (Rev.CMR-95)) y la utilización de esta banda estará sujeta a la coordinación a tenor de la Resolución 46 (Rev.CMR-95)/número S9.11A». La Resolución 46 (Rev.CMR-95) define procedimientos provisionales de coordinación y notificación de asignaciones de frecuencia a redes de satélites no geoestacionarios de ciertos servicios espaciales y de otros servicios a los que están atribuidas las ondas.

Este estudio investiga la utilización de la banda 1 670-1 710 MHz por los servicios de meteorología con miras a una posible compartición con los sistemas móviles por satélite. El CGMS ha acordado dividir la banda 1 675-1 710 MHz en tres sub-bandas diferentes que se utilizan de la forma siguiente:

- 1 675-1 690 MHz: estaciones terrenas principales de alta ganancia en relativamente pocos emplazamientos fijos para la recepción de señales relativas a datos de imágenes sin procesar y a la recopilación de datos procedentes de satélites meteorológicos geoestacionarios;
- 1 690-1 698 MHz: estaciones de usuario para servicios de presentación directa, recopilación de datos y teledata de vehículos espaciales desde satélites meteorológicos geoestacionarios con miles de estaciones en todo el mundo;
- 1 698-1 710 MHz: estaciones de usuario para servicios de presentación directa y datos de imágenes previamente grabadas en las estaciones terrenas principales desde satélites meteorológicos no geoestacionarios con cientos de estaciones en todo el mundo.

Actualmente se utilizan tanto los satélites OSG como los de LEO del sistema METSAT con sólidos planes de una futura ampliación de los servicios proporcionados. El SMS tiene diversos planes de utilización de la banda en los que intervienen satélites OSG y satélites en LEO del servicio móvil (MOBSAT).

En este estudio se han considerado todas las posibles constelaciones de interferencias en el suelo y en el segmento espacial. Se han tenido en cuenta siete tipos diferentes de estaciones terrenas del METSAT. El tamaño de las estaciones varía mucho, entre 1,2 y 15 m. Pueden encontrarse ángulos de elevación de 3° y de 90°. Con respecto a la interferencia provocada por los terminales del SMS, se han identificado varios casos típicos. Los terminales con relativamente baja p.i.r.e. que transmiten a satélites LEO (por ejemplo, los sistemas del tipo IRIDIUM) y terminales con p.i.r.e. bastante mayor que comunican con satélites MOBSAT geoestacionarios (por ejemplo, INMARSAT). Para ambos casos se ha estudiado la interferencia en el mismo canal (cocanal) y la interferencia en el canal adyacente.

En el lado segmento espacial, se han investigado cuatro posibles constelaciones de interferencias entre vehículos espaciales LEO y OSG de ambos servicios. En cada uno de los cuatro casos existe una constelación de proximidad y una constelación tangencial (casi antipodal). La Fig. 1 muestra un resumen de todas las constelaciones de interferencia consideradas en el presente estudio. Los terminales del SMS pueden manejarse como unidades portátiles o instaladas en automóviles u otros vehículos móviles. Las estaciones del METSAT se encuentran normalmente a varios metros de elevación con respecto al suelo y, por lo general, están instaladas en edificios.

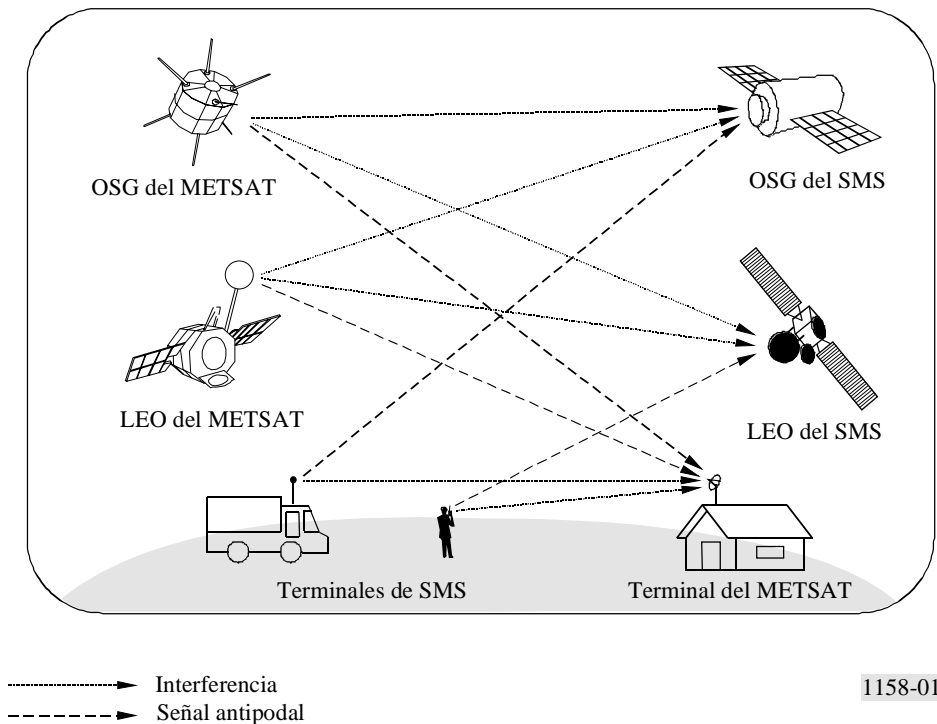
2 Especificaciones técnicas

2.1 Especificaciones del METSAT

2.1.1 Características de las estaciones terrenas

En relación con los tipos de estaciones terrenas, se han estudiado las generaciones actual y futura de estaciones de usuario, así como las estaciones principales. Las estaciones de usuario comprenden las estaciones de usuario de datos primarios (PDUS), las estaciones de usuario de datos secundarios (SDUS), la distribución de datos meteorológicos (MDD), la transmisión de imágenes de alta resolución (HRPT), las estaciones de usuario de alta velocidad (HRUS) y las estaciones de usuario de baja velocidad (LRUS). El Cuadro 1 contiene la lista de las características técnicas fundamentales utilizadas para este estudio.

FIGURA 1
Constelaciones de interferencias investigadas



CUADRO 1

Características típicas de estaciones del METSAT

Estación terrena del METSAT	PDUS	SDUS	MDD	HRPT	HRUS	LRUS	Principal
Frecuencia central del canal (kHz)	1 691 1 694,5	1 694,5 1 691	1 695,74	1 698 1 701 1 702,5 1 704 1 707	1 695,15 1 691	1 691 1 695,15	Todas las frecuencias de usuario excepto la HRPT
Anchura de banda (kHz)	660	26	4 × 31,2	2 668 5 334	2 000	660	30 a 5 400
Polarización	Lineal	Lineal	Lineal	RHC, LHC	Lineal	Lineal	Lineal
Diámetro de antena (m)	3	1,2	2,4	2,4, 15	4	1,8	15
G/T (dB(K ⁻¹))	10,5	2,5	6	6,5	13	5,5	25
Ángulo de elevación mínima (grados)	3	3	3	5	3	3	5

Las distancias de separación requeridas dependen del ángulo de elevación. Dicho ángulo varía entre 5° y 90° para sistemas basados en LEO y entre 3° y 90° para estaciones que reciben datos de satélites OSG. Las estaciones principales tampoco funcionarán a ángulos de elevación de menos de 5°. El número de estaciones del METSAT inscritas actualmente en la OMM es de más de 8 000 estaciones de usuario en la banda 1 690-1 710 MHz y de 15 estaciones principales en la banda 1 675-1 690 MHz.

2.1.2 Características de satélites OSG (serie MOP)

Emplazamiento:	0,0° E
DCP con densidad espectral de p.i.r.e.:	-18,5 dB(W/kHz) a 1 675,281 MHz \pm 100 kHz
TLM1 con densidad espectral de p.i.r.e.:	-9,8 dB(W/kHz) a 1 675,929 MHz \pm 15 kHz
TLM2 con densidad espectral de p.i.r.e.:	-9,8 dB(W/kHz) a 1 676,180 MHz \pm 15 kHz
Imágenes sin procesar con densidad espectral de p.i.r.e.:	-26,7 dB(W/kHz) a 1 686,833 MHz \pm 2,7 kHz
WEFAX 1 con densidad espectral de p.i.r.e.:	7,2 dB(W/kHz) a 1 691,000 MHz \pm 13 kHz
WEFAX 2 con densidad espectral de p.i.r.e.:	7,2 dB(W/kHz) a 1 694,500 MHz \pm 13 kHz
HIRES 1 con densidad espectral de p.i.r.e.:	-6,9 dB(W/kHz) a 1 691,000 MHz \pm 330 kHz
HIRES 2 con densidad espectral de p.i.r.e.:	-6,9 dB(W/kHz) a 1 694,500 MHz \pm 330 kHz
MDD1 con densidad espectral de p.i.r.e.:	-8,0 dB(W/kHz) a 1 695,6938 MHz \pm 16 kHz
MDD2 con densidad espectral de p.i.r.e.:	-8,0 dB(W/kHz) a 1 695,7250 MHz \pm 16 kHz
MDD3 con densidad espectral de p.i.r.e.:	-8,0 dB(W/kHz) a 1 695,7563 MHz \pm 16 kHz
MDD4 con densidad espectral de p.i.r.e.:	-8,0 dB(W/kHz) a 1 695,7874 MHz \pm 16 kHz

2.1.3 Características de satélites OSG (serie MSG)

Emplazamiento:	0° E
DCP con densidad espectral de p.i.r.e.:	-36,1 dB(W/kHz) a 1 675,281 MHz \pm 375 kHz
Imágenes sin procesar con densidad espectral de p.i.r.e.:	-18,8 dB(W/kHz) a 1 683,330 MHz \pm 3,0 kHz
LRIT/HRIT con densidad espectral de p.i.r.e.:	-14,5 dB(W/kHz) a 1 692,000 MHz \pm 2,0 kHz
HRIT/LRIT con densidad espectral de p.i.r.e.:	-14,5 dB(W/kHz) a 1 696,000 MHz \pm 2,0 kHz

2.1.4 Características de satélites LEO (METOP)

Altura de la órbita:	827 km
Inclinación:	98,7°
Frecuencia central nominal:	1 707 MHz
Frecuencia central de reserva:	1 701 MHz
Nivel de densidad de p.i.r.e.:	-20,7 dB(W/kHz)
Anchura de banda:	4,5 MHz
Diagrama de radiación de la antena:	Apéndice 28 al RR

Además, EUMETSAT, Francia, Japón, China y Rusia tienen planes inmediatos para sistemas similares.

2.2 Especificaciones de sistemas del SMS

Para la evaluación de la interferencia se han supuesto características típicas en los terminales del SMS pequeños. Los Cuadros que siguen muestran parámetros de sistema que han sido publicados, entre otros, por el Grupo de Tareas Especiales 8/3 de Radiocomunicaciones. Estos datos se han señalado a la atención del Grupo de Trabajo 7C de Radiocomunicaciones como orientación en los estudios sobre compartición. Del presente texto se ha sacado un extracto representativo a los efectos de dichos estudios. Con independencia de la ganancia de un MOBSAT en LEO, se ha supuesto que se van a utilizar antenas con una ganancia máxima entre 19 dBi (cobertura global de la Tierra) y 29 dBi (haz estrecho). Para los satélites OSG de sistemas del SMS, se han considerado valores entre 18 y 34 dBi para los fines del estudio.

2.2.1 Características de terminales terrenos para sistemas de satélites OSG del SMS

El Cuadro 2 muestra algunas características de transmisión típicas de los terminales de baja ganancia que comunican con un MOBSAT geostacionario. Dadas las grandes distancias con las que se funciona, se necesita una potencia relativamente alta para transmitir una señal a la OSG. Para el mismo tipo de servicio, la p.i.r.e. requerida es normalmente 20 a 30 dB más alta en comparación con las transmisiones a un satélite en órbita baja. Se ve que los sistemas de ganancia media provocan una interferencia más fuerte debido a su mayor ganancia y, en consecuencia, p.i.r.e. máxima más alta. En la práctica, no obstante, estos terminales tienen algún tipo de puntería aproximada hacia la posición del satélite. Puesto que la interferencia a las estaciones del METSAT viene determinada principalmente por la cantidad de energía radiada hacia el horizonte, se producirá un cierto grado de discriminación de antena. A menos que el terminal del SMS funcione de hecho con un ángulo de elevación bajo, el efecto global será muy similar al de los sistemas que utilizan antenas omnidireccionales.

CUADRO 2

Características típicas de terminales terrenos de baja ganancia de INMARSAT

Tipo de estación terrena del SMS	C	M	Aeronáutica de alta ganancia	Aeronáutica de baja ganancia
Ganancia de antena (dBi)	0	14	12	0
p.i.r.e. por canal (dBW)	11	27	26	12
Velocidad de datos de canal (bit/s)	600	2 400	9 600	300
p.i.r.e. por kbit/s (dB(W/kHz))	13,2	23,2	16,2	17,2
Esquema de modulación	MDP-2	MDP-4 O	MDP-4 O	MDP-2
Separación de canales (kHz)	5	10	17,5	2,5
p.i.r.e. media en dirección horizontal (dBW)	11	13	14	12
Densidad de p.i.r.e. (dB(W/kHz)) basada en la separación de canales	4	3	1,6	8

2.2.2 Características de terminales terrenos de sistemas de satélite LEO del SMS

Se ha publicado información sobre diversos sistemas de satélite LEO del SMS que se hallan en una etapa de planificación más o menos avanzada y cuyas características varían ampliamente. Uno de los sistemas representativos más avanzados es el sistema IRIDIUM. Las características que se muestran en el Cuadro 3 se considera que son típicas de los sistemas de satélite LEO del SMS y se han utilizado para el presente estudio.

CUADRO 3

Características típicas del sistema IRIDIUM

Ganancia de antena máxima hacia el horizonte (dBi)	0
p.i.r.e. por canal (dBW)	-4 a 6
Velocidad de datos de canal (kbit/s)	50
p.i.r.e. por kbit/s (dB(W/kHz))	-21 a -11
Esquema de modulación	MDP-4
Polarización	RHCP
Ángulo de elevación mínimo (grados)	8,3
Separación de portadoras en RF (kHz)	41,67
Anchura de banda de modulación (kHz)	31,5
Altitud	780
Inclinación	86
Planos orbitales	6
Densidad de p.i.r.e. (dB(W/kHz))	-20 a -10

3 Criterios de protección y aspectos relativos a la reglamentación de las radio- comunicaciones

La Recomendación UIT-R SA.1027 ha establecido los criterios de compartición y coordinación para sistemas de transmisión de datos espacio-Tierra en los servicios de exploración de la Tierra por satélite y de meteorología por satélite que utilizan satélites LEO. La Recomendación UIT-R SA.1161 se aplica a los sistemas de distribución de datos y presentación directa en el servicio METSAT que utilizan satélites OSG. El Cuadro 4 indica las partes correspondientes de estas Recomendaciones aplicables a los sistemas investigados en el presente estudio. Los valores de interferencia aceptable se indican por anchura de banda de referencia (BW_r) y como una densidad (kHz).

CUADRO 4

Criterios de compartición para sistemas meteorológicos

Banda de frecuencias (MHz)	Tipo de estación terrena	Ángulo de elevación mínimo, ϵ (grados)	Densidad de potencia (dB(W/BW _r)) de la señal de interferencia durante el 20% del tiempo	Densidad de potencia (dB(W/kHz)) de la señal de interferencia durante el 20% del tiempo
1 675-1 690	Estación principal	5	-150,7 por 2 600 kHz	-184,8
1 690-1 698	SDUS	3	-150,1 por 50 kHz	-167
1 690-1 698	PDUS MDD	3	-145,4 por 2 110 kHz	-178,6
1 700-1 710	HRPT	5	-145,0 por 2 668 kHz	-179,3

La UIT sólo ha establecido hasta ahora criterios de compartición para sistemas existentes. La Nota S5.377 del RR estipula que la introducción de sistemas SMS no obstaculizará el desarrollo de los servicios meteorológicos. Actualmente está en proceso de desarrollo el sistema Segunda Generación de METEOSAT (MSG) y se han tenido en cuenta los nuevos tipos de estaciones que se indican a continuación. Se ha supuesto una relación señal/interferencia (C/I) de 20 dB para los criterios de protección correspondientes.

CUADRO 5

Interferencia aceptable para sistemas de segunda generación

Banda de frecuencias (MHz)	Tipo de estación terrena	Ángulo de elevación mínimo, ϵ (grados)	Densidad de potencia (dB(W/BW _r)) de la señal de interferencia durante el 20% del tiempo	Densidad de potencia (dB(W/kHz)) de la señal de interferencia durante el 20% del tiempo
1 690-1 698	LRUS	3	-165 por 2 000 kHz	-186
1 690-1 698	HRUS	3	-158 por 4 000 kHz	-188

4 Análisis de la interferencia

4.1 Evaluación de la interferencia de terminales terrenos del SMS a estaciones terrenas del METSAT

Un terminal del SMS terrenal transmisor puede provocar interferencia a una estación terrena del METSAT receptora si la transmisión se efectúa en su proximidad. Se requiere por ello una distancia de separación entre la estación terrena del SMS y cualquiera de las estaciones del METSAT para reducir la señal interferente recibida de modo que no se rebase un

umbral de protección. La distancia de separación es la distancia límite por debajo de la cual se causará interferencia perjudicial con toda probabilidad a la estación del METSAT receptora a menos que se produzca un bloqueo adicional del trayecto de la señal provocado, por ejemplo, por edificios o colinas. A la pérdida en el espacio libre hay que añadir la atenuación de la señal debida a los efectos atmosféricos, los obstáculos del trayecto y la difracción provocada por la curvatura de la Tierra y las variaciones del terreno. La contribución adicional más importante procede de las pérdidas por difracción. La atenuación atmosférica es irrelevante a 1,7 GHz. La atenuación principal de la señal L_t es la suma de la pérdida en el espacio libre L_s y la pérdida por difracción L_d :

$$L_t = L_s + L_d$$

La pérdida en el espacio libre viene dada por $L_s \cong 20 \log(42 d f)$. La Recomendación UIT-R P.526 propone una estimación de las pérdidas por difracción basada en las ecuaciones:

$$L_d = - (F(X) + G(Y_1) + G(Y_2))$$

$$F(X) = 11 + 10 \log X - 17,6 X$$

$$G(Y) = 20 \log (Y + 0,1 Y^3) \quad \text{para } 10 K < Y < 2$$

$$X = 2,2 \beta f^{1/3} a_e^{-2/3} d$$

$$Y = 9,6 \times 10^{-3} \beta f^{2/3} a_e^{-1/3} h$$

donde:

- d : longitud del trayecto (km)
- h : altura de la antena (m)
- f : frecuencia (MHz)
- a_e : radio de la Tierra equivalente ($\cong 8500$ km)
- β : parámetro de polarización ($\cong 1$)
- K : factor de admitancia de la superficie ($<0,01$).

La atenuación total de la señal depende de la distancia (km) y de las alturas de antena de los terminales transmisor y receptor. Para las estaciones del METSAT, se ha supuesto una altura media de 10 m ya que la mayoría de los terminales se instalan en edificios o en tejados. La altura de los terminales móviles varía dependiendo de si son manuales portátiles o están instalados en automóviles, camiones, barcos o incluso aeronaves. Se ha supuesto una altura media de 3 m. La ecuación que se ha de resolver para obtener la atenuación total de la señal con alturas de antena de 10 m y 3 m, respectivamente, es como sigue:

$$L_t = 115,05 + 10 \log d + 1,11 d$$

Se han calculado y presentado gráficamente las distancias necesarias de separación resultantes. Para tener en cuenta la atenuación adicional a la señal interferente causada por árboles, edificios, colinas, etc., se ha utilizado un factor de bloqueo de la señal de 6 dB para la mitad de los terminales del SMS. Con esto se obtiene una atenuación media de 2 dB para la interferencia cumulativa procedente de todos los terminales del SMS dentro de la anchura de banda de referencia del receptor de la estación terrena del METSAT.

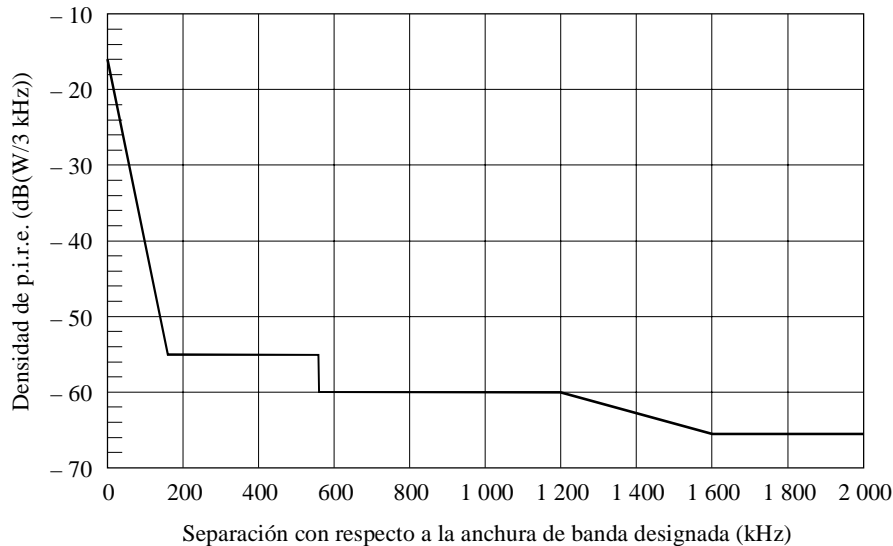
Además, la probabilidad de que varios terminales del SMS reciban con ganancia de antena máxima hacia el horizonte disminuye a medida de que disminuye el ángulo de elevación. Cuanto menor es el ángulo de elevación, menor es la probabilidad de que varios terminales se hallen en el haz principal. Se ha tenido en cuenta, por ello, un factor de corrección de 2 dB para ángulos de elevación medios y de 5 dB para ángulos de elevación bajos.

La polarización de la señal de la mayoría de las aplicaciones del METSAT es lineal mientras que la mayoría de los terminales del SMS transmiten con polarización circular. Se ha incluido por ello un factor de discriminación de la polarización de 3 dB en los cálculos de la interferencia múltiple.

Un aspecto importante, que no se debe pasar por alto, es la interferencia causada por los terminales del SMS que transmiten por frecuencias fuera de la anchura de banda de referencia. Es lo que se denomina interferencia de canal adyacente o interferencia no cocanal. Es evidente que el espectro de señales moduladas no cae a cero fuera del canal principal, sino que sigue una cierta plantilla determinada por la modulación y el método de conformación de los

impulsos, así como el posible filtrado adicional. En la CMR-95, representantes del SMS entregaron una plantilla espectral para emisiones no deseadas según lo definido por el Instituto Europeo de Normas de Telecomunicaciones (ETSI). La plantilla correspondiente se muestra en la Fig. 2. Se advierte que esta plantilla todavía no ha sido aprobada, pero es la mejor información de que se dispone en estos momentos.

FIGURA 2
Norma del ETSI sobre emisiones no deseadas para terminales S-PCN



1158-02

La envolvente de las crestas de los lóbulos de la ganancia de antena se necesita para determinar la interferencia recibida. El diagrama de radiación se ha tomado del Apéndice 28 al RR. Para mostrar la obtención de las distancias de separación, se da un ejemplo relativo a la interferencia de terminales terrenos del SMS a PDUS. La ganancia de antena típica de una PDUS es del orden de 32 dBi. Los ángulos de elevación de estas antenas varían entre 3° y 90° . La ganancia de antena en la dirección horizontal varía normalmente entre -2 y 26 dB, dependiendo del ángulo de elevación y del ángulo de acimut de la estación. En la Fig. 3 se indican las distancias de separación necesarias a causa de la interferencia provocada por múltiples estaciones del SMS, para una amplia gama de niveles de densidad de p.i.r.e.

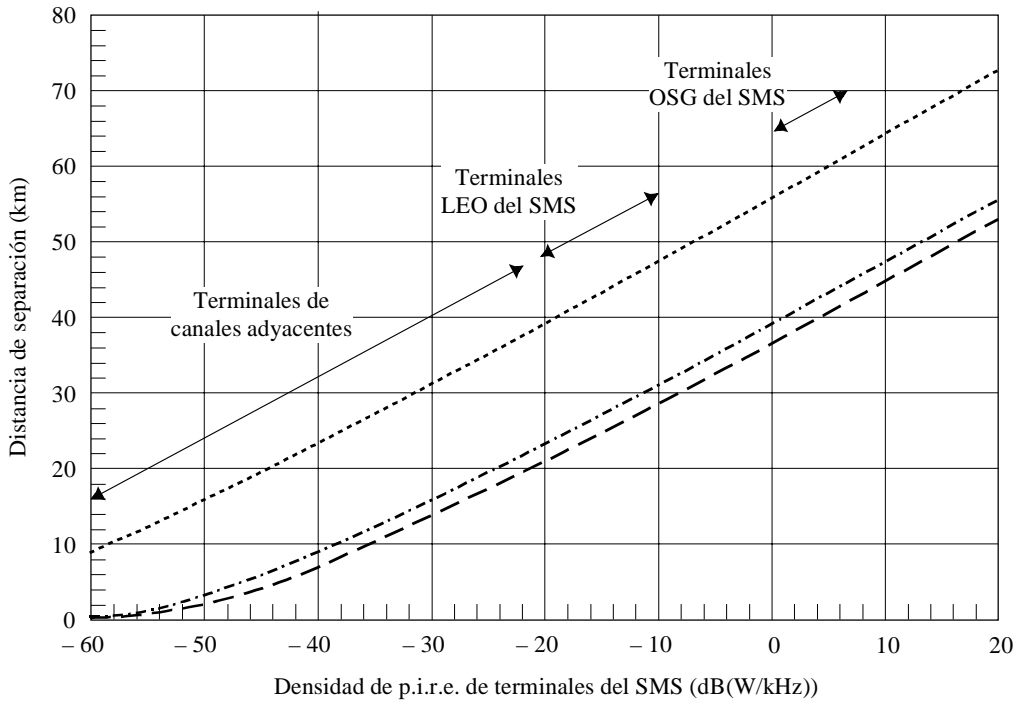
Se ha elegido el ángulo de elevación como parámetro. El modelo matemático para el cálculo de esta distancia considera una distribución uniforme de los terminales del SMS a lo largo de la anchura de banda del receptor y una discriminación de polarización de 3 dB. Se ha tenido en cuenta la escasa probabilidad de recibir desde varios terminales del SMS con ángulos de elevación bajos, así como el bloqueo de la señal debido a los árboles, los edificios y otros obstáculos.

Por lo que se refiere a la interferencia múltiple, se ha supuesto que la reutilización de frecuencias para terminales del SMS no es viable dentro de la gama de distancias de separación típicas de una estación del METSAT, ya que las aberturas de los haces de los satélites son normalmente mucho más anchas que las zonas de exclusión. Se ha supuesto por ello que la interferencia múltiple se limita al número de canales del SMS que caben dentro de la anchura de banda de referencia del receptor METSAT específico. En consecuencia, se han comparado los valores correspondientes de p.i.r.e. de los terminales del SMS con la densidad de potencia de interferencia aplicable definida por los criterios de protección.

4.2 Evaluación de la interferencia de un satélite LEO del sistema METSAT a un satélite OSG o LEO del MOBSAT

Hay cuatro constelaciones orbitales que tienen una mayor probabilidad de interferencia en comparación con todas las demás posiciones. Las dos primeras son posiciones tangenciales (casi antipodales) entre los dos satélites y las otras dos se producen cuando los puntos de proyección de los satélites son similares y, en consecuencia, la distancia de separación es mínima. La Fig. 4 muestra estas constelaciones. En todos los demás casos comprendidos entre los anteriores, la situación de interferencia será menos crítica. A medida que los satélites se desplacen alejándose de estas posiciones, se hará efectiva la discriminación de antena adicional.

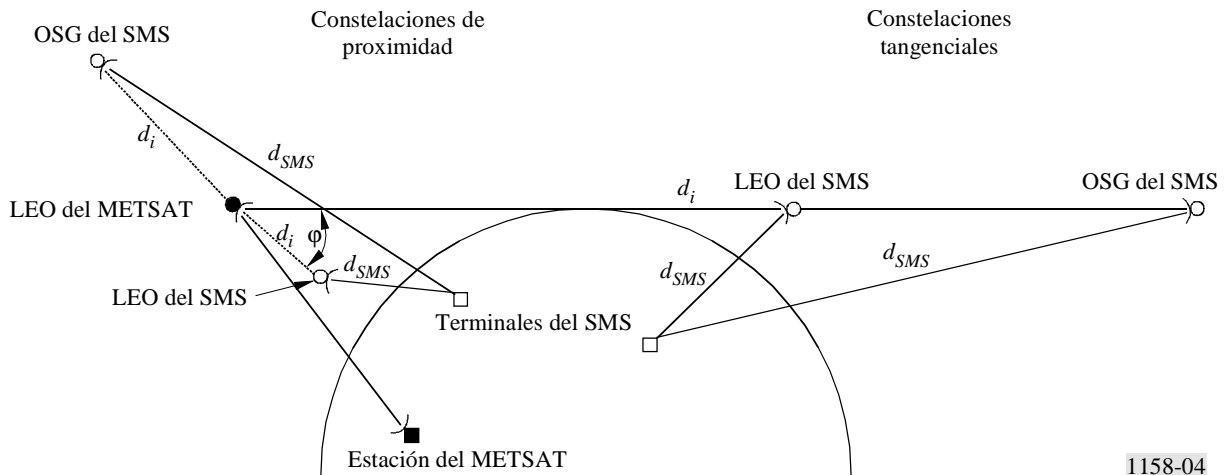
FIGURA 3
Distancias de separación acumulativas para terminales PDUS



Ángulos de elevación
 - - - - - 3°
 ······ 30°
 - · - · - 90°

1158-03

FIGURA 4
Constelaciones de interferencias de un satélite LEO del sistema METSAT a un MOBSAT



1158-04

La relación entre la señal deseada y la señal interferente viene dada por la siguiente ecuación:

$$C/I = Dp.i.r.e.SMS - Dp.i.r.e.METSAT + G_{SMS} - G_{SMS(METSAT)} - (d_{SMS} / d_i)^2 + D_\phi \quad \text{dB}$$

donde:

- $Dp.i.r.e.SMS$: densidad de p.i.r.e. de terminal del SMS
- $Dp.i.r.e.METSAT$: densidad de p.i.r.e. del METSAT
- G_{SMS} : ganancia de antena del MOBSAT hacia terminal del SMS
- $G_{SMS(METSAT)}$: ganancia de antena del MOBSAT hacia el METSAT
- d_{SMS} : distancia entre terminal del SMS y el MOBSAT
- d_i : distancia entre el METSAT y el MOBSAT
- D_ϕ : discriminación de antena del METSAT hacia el MOBSAT.

La gama apropiada de valores de los parámetros anteriores se indica en el Cuadro 6 y es la que se ha utilizado en los § 4.2 y 4.3.

CUADRO 6

Características de sistema aplicable típico

	LEO del SMS	OSG del SMS
$Dp.i.r.e.SMS$ (dB(W/kHz))	-21 a -11	13 a 23
$Dp.i.r.e.METSAT$ (dB(W/kHz))	-25 a -21	-25 a -21
G_{SMS} (dBi)	19 a 29	18 a 34
$G_{SMS(METSAT)}$ (dBi)	0 a 26	15
d_{SMS} (km)	780 a 2 000	36 000 a 40 000
d_i (km)	47 a 6 600	45 000
D_ϕ (dB)	0 a 10	3 a 10

4.2.1 Interferencia de un satélite LEO del sistema METSAT a un MOBSAT en LEO

4.2.1.1 Constelación de proximidad

Partiendo de la ecuación indicada más arriba, se obtienen los resultados siguientes para la interferencia recibida por el MOBSAT en LEO en la constelación de proximidad.

CUADRO 7

Resultados para constelación de proximidad LEO/LEO

Caso	Servicio METSAT	$Dp.i.r.e.SMS$ (dB(W/kHz))	$Dp.i.r.e.METSAT$ (dB(W/kHz))	G_{SMS} (dBi)	$G_{SMS(METSAT)}$ (dBi)	d_{SMS} (km)	d_i (km)	D_ϕ (dB)	C/I (dB)
Más desfavorable	HRPT	-21	-21	19	0	2 000	47	0	-13,6
Más favorable	HRPT	-11	-25	29	0	780	47	0	18,6
Intermedio	HRPT	-16	-23	24	0	1 400	47	0	1,5

Para esta constelación se requiere una importante distancia de separación. En el caso más desfavorable es posible que se necesite una separación de unos 700 km entre los dos satélites LEO. La probabilidad de que ocurra tal cosa es de aproximadamente el 0,2% con dos satélites, y el evento de interferencia más largo puede durar cerca de 3 min. Hay que tener en cuenta además que la probabilidad de interferencia se multiplicará por el número de satélites LEO del SMS y por el número de satélites LEO del sistema METSAT. Suponiendo 66 LEO del SMS y 10 LEO del METSAT, la probabilidad global de interferencia podría ser, en el caso más desfavorable, de prácticamente el 100%. Esto significa que siempre hay un cierto número de canales del SMS que van a recibir interferencia inaceptable.

Para solucionar este problema se ha propuesto en el pasado la coordinación mediante selección dinámica de la frecuencia. En la práctica, puede resultar difícil ya que las transmisiones de imágenes de alta resolución (HRPT) son de banda ancha, abarcando varios MHz, y quizá exijan que se interrumpa un gran número de canales del SMS a intervalos de tiempo periódicos.

4.2.1.2 Constelación tangencial

El Cuadro 8 muestra los resultados para la interferencia recibida por el MOBSAT en LEO en la constelación tangencial. La distancia entre los dos satélites LEO es lo suficientemente grande como para conseguir una relación C/I superior a 20 dB en todos los casos.

CUADRO 8
Resultados para la constelación tangencial LEO/LEO

Caso	Servicio METSAT	$D_{p.i.r.e. SMS}$ (dB(W/kHz))	$D_{p.i.r.e. METSAT}$ (dB(W/kHz))	G_{SMS} (dBi)	$G_{SMS(METSAT)}$ (dBi)	d_{SMS} (km)	d_i (km)	D_ϕ (dB)	C/I (dB)
Más desfavorable	HRPT	-21	-21	19	13	2 000	6 600	6	22,4
Más favorable	HRPT	-11	-25	29	23	780	6 600	6	44,5
Intermedio	HRPT	-16	-23	24	18	1 400	6 600	6	32,5

4.2.2 Interferencia de un satélite LEO del sistema METSAT a un MOBSAT en OSG

4.2.2.1 Constelación de proximidad

En ambas constelaciones, de proximidad y tangencial, se consigue siempre una relación C/I superior a 20 dB.

4.3 Interferencia de un satélite OSG del sistema METSAT a MOBSAT en LEO y OSG

Los satélites OSG del sistema METSAT han sido fundamentales para las previsiones meteorológicas en todo el mundo durante muchos años. Se ha llegado a acuerdos internacionales con respecto a los canales de frecuencias y los formatos de transmisión. En la órbita geoestacionaria se pueden encontrar varios de ellos. Hay cuatro constelaciones orbitales con una probabilidad máxima de interferencia. Dos de esas constelaciones son tangenciales y las otras dos son de proximidad. La Fig. 5 muestra estas constelaciones.

Se aplican la misma ecuación y características de sistema del § 4.2. Habrá que tener en cuenta el hecho de que el METEOSAT transmite a niveles de p.i.r.e. que normalmente son varios dB inferiores a los de otros satélites OSG del METSAT, por ejemplo, el GOES. Esto da lugar a niveles de interferencia más altos en el MOBSAT en comparación con los resultados a los que se llega en el presente estudio. El Anexo 2 contiene datos relativos a la compartición con otros satélites. Dado el elevado número de comunicaciones posibles, sólo se han considerado casos típicos, basados principalmente en un valor medio de la p.i.r.e. del SMS.

4.3.1 Interferencia de un satélite OSG del sistema METSAT a un MOBSAT en LEO

En la constelación de proximidad, se supera en todos los casos una relación C/I de 20 dB. La situación es similar a la de la constelación tangencial. Salvo en el caso de transmisiones WEFAX, en todos los demás se sobrepasa la relación C/I de 20 dB, si bien algunos niveles se cumplen con justeza. El servicio WEFAX ocupa dos ranuras de 26 kHz en torno a 1 691 y 1 694,5 MHz.

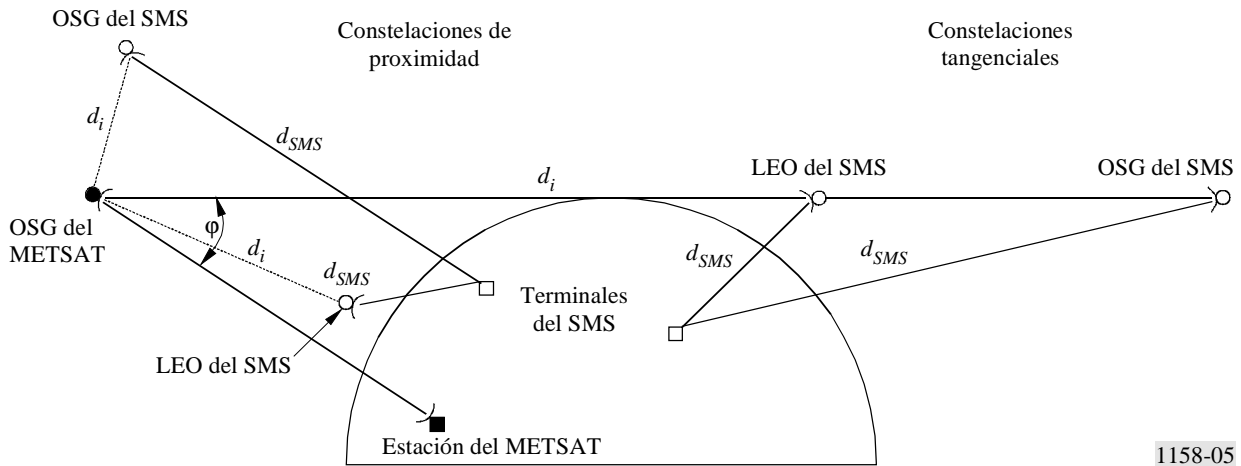
4.3.2 Interferencia de un satélite OSG del sistema METSAT a un MOBSAT en OSG

En la constelación de proximidad es evidente que se necesita alguna distancia de separación en la OSG si la transmisión y la recepción tienen lugar por el mismo canal. Para conseguir la relación C/I deseada se han de mantener distancias

importantes, que varían normalmente entre 1 000 y 1 600 km para la mayoría de las aplicaciones del METSAT. Esto se traduce en un ángulo de separación entre $\pm 1,3^\circ$ y $\pm 2^\circ$, respectivamente. El WEFAX es de nuevo un caso especial que requiere más de 8 000 km o una separación angular de $\pm 11^\circ$ en la OSG. Puesto que la anchura de banda afectada es muy pequeña, puede considerarse que no es un requisito principal.

En la constelación tangencial, el caso WEFAX no cumple el criterio de la relación C/I por unos 2 dB, pero esto no se considera esencial.

FIGURA 5
Constelaciones de interferencias de un satélite OSG del sistema METSAT a un MOBSAT



1158-05

5 Análisis

5.1 Gama de distancias de separación para terminales LEO del SMS

Se prevé que la mayoría de terminales del SMS se utilicen con sistemas LEO. Dado su alto grado de densidad, pueden determinar en la práctica la situación de compartición, incluso si los niveles de p.i.r.e. de los sistemas tipo OSG son superiores. La Fig. 6 muestra las situaciones del caso más favorable, del intermedio y del más desfavorable. El caso más favorable, en relación con la interferencia, es la combinación del mayor ángulo de elevación de antena del METSAT y el nivel más bajo de densidad espectral de p.i.r.e. del SMS. El caso intermedio se basa en una densidad espectral de p.i.r.e. media junto con un ángulo de elevación típico de 30° , mientras que el caso más desfavorable supone la mayor densidad espectral de p.i.r.e. con el ángulo de elevación más bajo.

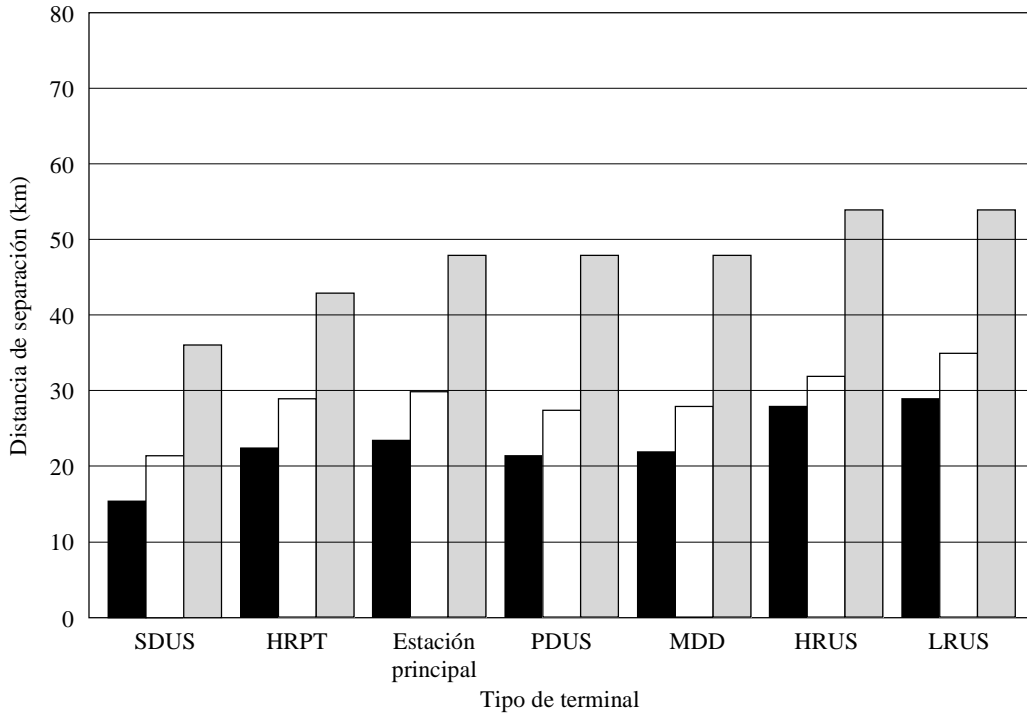
Puede verse que las distancias de separación son relativamente independientes del tipo de estación del METSAT. Distancias de separación normales de entre 30 y 40 km, ocasionalmente con casos más desfavorables en los que se superen los 50 km, hacen prácticamente imposible compartir bandas de frecuencias con la distribución de densidad media de las estaciones del METSAT.

Las estaciones del METSAT de la nueva generación son más sensibles que las que se hallan instaladas en la actualidad. Esto se debe básicamente a la utilización de un nivel de densidad de p.i.r.e. reducido en el satélite, de conformidad con una buena gestión de las frecuencias. El efecto de la potencia reducida consiguientemente en el receptor se compensa utilizando la codificación de canales. Para mantener una relación C/I constante, se ha de reducir el nivel de interferencia aceptable.

5.2 Gama de distancias de separación para terminales OSG del SMS

La Fig. 7 muestra la gama de distancias de separación para terminales del SMS que transmiten a un satélite OSG. Los niveles de densidad espectral de p.i.r.e. son consiguientemente más elevados, dando lugar a unas distancias de separación que son, normalmente, unos 15 km mayores que las del caso LEO. Se han resumido, de nuevo, las situaciones de los casos más favorable, intermedio y más desfavorable en base a las mismas hipótesis que en el caso LEO. Con unas distancias normales de entre 40 y 60 km, es prácticamente imposible compartir una banda de frecuencias utilizada por una aplicación del METSAT, incluso en zonas con densidad de estaciones entre baja a media.

FIGURA 6
Gama de distancias de separación para terminales LEO del SMS



SDUS: estaciones de usuario de datos secundarios
 HRPT: transmisión de imágenes de alta resolución
 PDUS: estaciones de usuario de datos primarios
 MDD: distribución de datos meteorológicos
 HRUS: estaciones de usuario de alta velocidad
 LRUS: estaciones de usuario de baja velocidad

Densidad espectral de p.i.r.e.:

- 20 dB(W/kHz) (elevación máxima)
- 15 dB(W/kHz) (30° de elevación)
- 10 dB(W/kHz) (elevación mínima)

1158-06

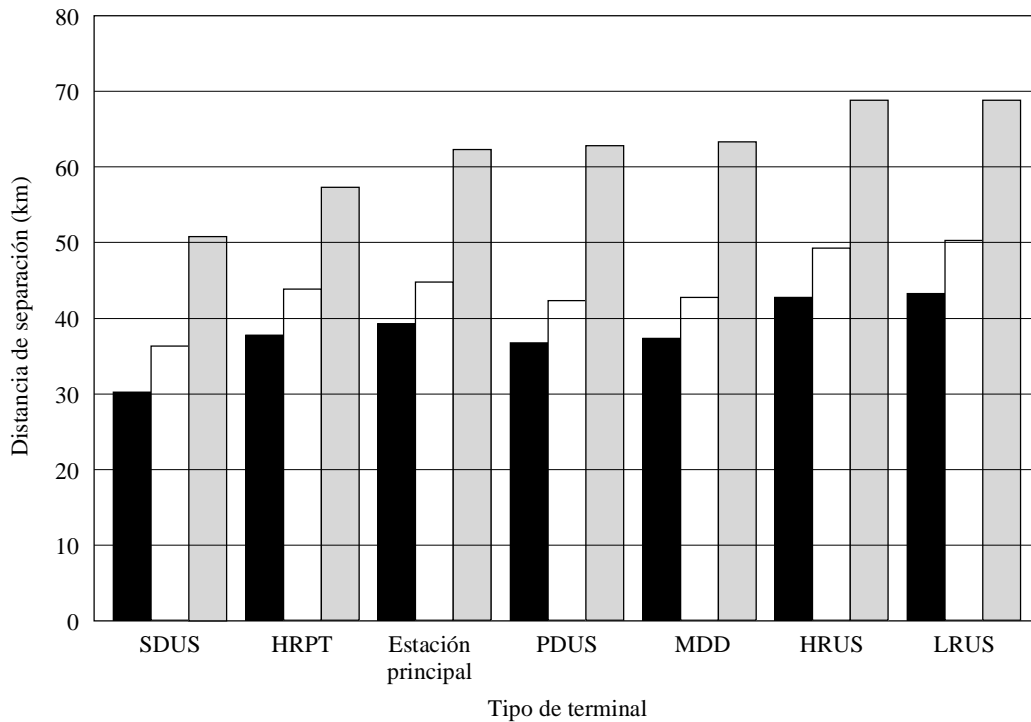
5.3 Gama de distancias de separación para interferencia del canal adyacente

Los dos casos anteriores se basaron en el supuesto de que la estación del METSAT y el terminal del SMS funcionaban por el mismo canal (interferencia cocanal). En la práctica, también los canales adyacentes tendrán un nivel de densidad espectral restante que puede ser lo bastante fuerte como para provocar una interferencia inaceptable en un receptor del METSAT. La Fig. 8 muestra de manera resumida los resultados para interferencia de canal adyacente en base a la plantilla que propone actualmente el ETSI.

Dependiendo de la separación espectral con respecto a la frecuencia central del canal, se obtiene una atenuación de entre 6 y 45 dB con respecto al nivel máximo de un terminal del sistema LEO. Es interesante señalar que todavía queda una distancia de separación importante para las transmisiones por canal adyacente. El diseño de los terminales del SMS deberá optimizarse, por tanto, para minimizar la interferencia provocada por emisiones fuera de banda. Sólo con niveles de densidad de p.i.r.e. por debajo de -60 dB(W/kHz) resultaría viable la compartición de una banda de frecuencias común en zonas con densidades entre media y alta de estaciones del METSAT.

FIGURA 7

Gama de distancias de separación para terminales OSG del SMS



Densidad espectral de p.i.r.e.:

- 0 dB(W/kHz) (elevación máxima)
- 4 dB(W/kHz) (30° de elevación)
- 8 dB(W/kHz) (elevación mínima)

1158-07

5.4 Zonas de exclusión alrededor de las estaciones del METSAT

El número y la distribución de las estaciones que están instaladas actualmente, así como las que está previsto instalar en el futuro, es algo que tiene un interés fundamental. El número de estaciones inscritas hasta la fecha en la OMM es superior a 8 000.

Para una breve estimación de la situación en Europa se pueden establecer las hipótesis que a continuación se indican. Los países de la Unión Europea tienen una superficie en su conjunto de unos 3 millones de km². En la actualidad hay más de 3 000 estaciones de esos países inscritas en la OMM, lo que equivale a una densidad media de aproximadamente una estación por 1 000 km². Puesto que la zona de exclusión mínima para proteger las estaciones terrenas del METSAT es mayor en todos los casos considerados es evidente que la coordinación con los terminales del SMS en una banda compartida comúnmente resulta prácticamente imposible.

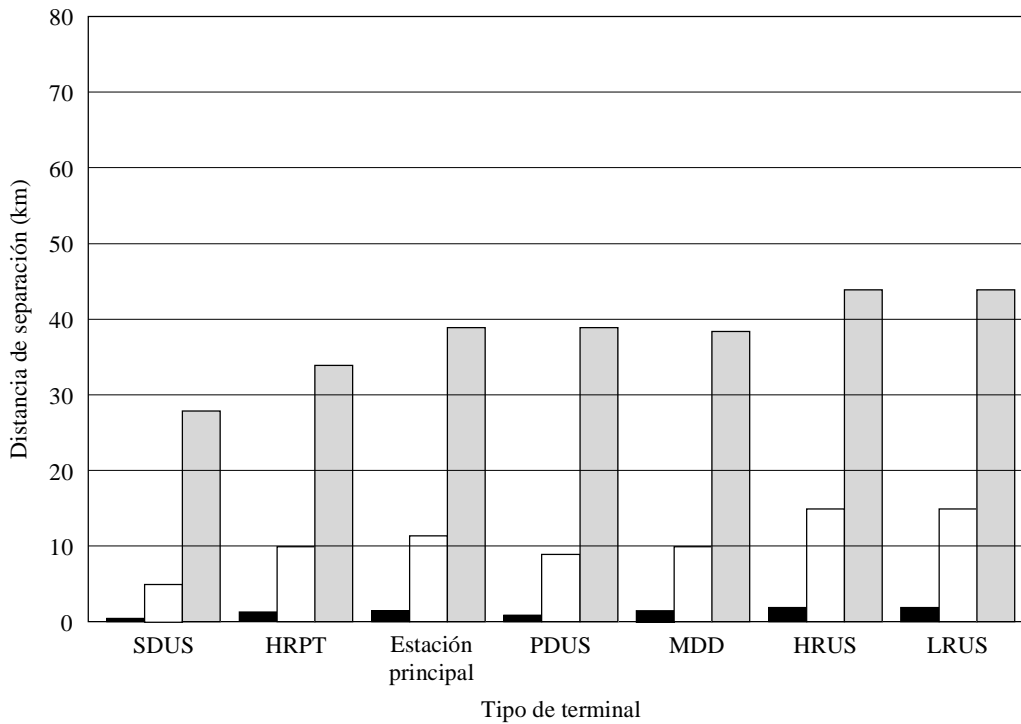
La situación a escala mundial es similar. La densidad mundial de estaciones es más pequeña, pero hay de todos modos grandes zonas en las que los terminales del SMS deberían respetar zonas de protección.

La única banda en la que existe un número relativamente bajo de estaciones es la de 1 675-1 690 MHz. El número estimado de estaciones es de unas 15 en todo el mundo. Sin embargo, hay que destacar el hecho de que se trata de las estaciones principales con todas las funciones esenciales de telemando y adquisición de datos. También son las estaciones de distribución para muchos miles de estaciones de usuario y cualquier interferencia que se provoque en ellas tendrá un efecto multiplicador. Además, el método de recogida de datos es tal que normalmente se recibe una trama completa de información dentro de un plazo de tiempo de 20 min. Cualquier interrupción durante ese plazo crearía, en el mejor de los casos, un «agujero negro» en el mapa meteorológico o, en el peor de los casos, provocaría una pérdida total de la imagen si no se consigue la resincronización dentro de un plazo de tiempo razonable.

La Fig. 9 muestra un resumen de los canales de servicio METSAT y los tipos de estación conexos.

FIGURA 8

Gama de distancias de separación para terminales del SMS adyacentes



Densidad espectral de p.i.r.e.:

- 60 dB(W/kHz) (elevación máxima)
- 40 dB(W/kHz) (30° de elevación)
- 21 dB(W/kHz) (elevación mínima)

1158-08

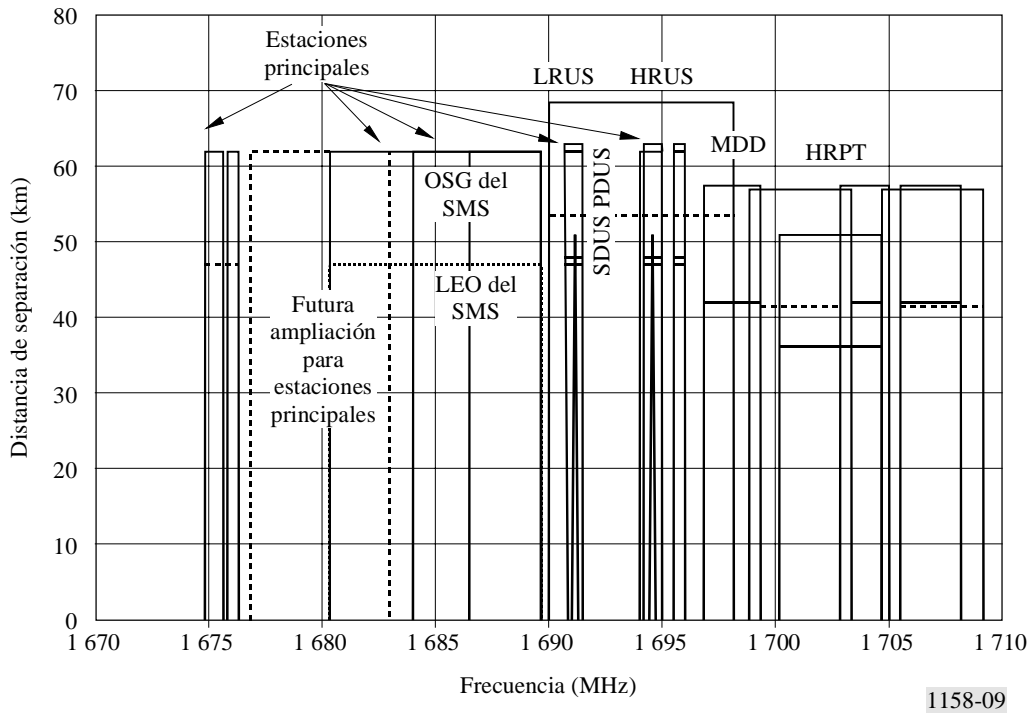
5.5 Constelaciones de interferencias espacio-espacio

El caso de interferencia más grave es el de la constelación satélite LEO del sistema METSAT/MOBSAT en LEO en la que ambos satélites están próximos entre sí. No es posible llegar a una situación libre de interferencias incluso con los mejores valores posibles de los parámetros del sistema. En el caso más desfavorable quizá haga falta una separación de unos 700 km entre las dos LEO. La probabilidad de que se produzca esa situación es de en torno al 0,2%, pero se multiplica por el producto del número de vehículos espaciales del sistema METSAT y de MOBSAT. En una configuración de sistema típica que conste de 66 LEO del SMS y 10 LEO del METSAT, la probabilidad global de interferencia podría ser, en el caso más desfavorable, del 100% para el sistema en su conjunto.

La coordinación mediante selección dinámica de frecuencias puede ser difícil en la práctica, ya que las transmisiones HRPT son de banda ancha abarcando varios MHz. Quizá exija que los operadores de sistemas del SMS interrumpan un gran número de canales a intervalos de tiempo periódicos, lo cual no resulta práctico.

En dos casos en los que interviene un satélite OSG del sistema METSAT no puede conseguirse la relación *C/I* deseada de 20 dB en todas las condiciones posibles. No obstante, la banda de frecuencias afectada es pequeña. La mayoría de las veces, se puede alcanzar la relación *C/I* incluso estableciendo hipótesis pesimistas en cuanto a los parámetros del sistema. El Cuadro 9 muestra un resumen de las constelaciones en las que se produce interferencia en los casos más desfavorable, más favorable e intermedio.

FIGURA 9
Ocupación de la anchura de banda del servicio METSAT



CUADRO 9

Resumen de interferencia de segmento espacial

Banda de frecuencias (MHz)	METSAT	SMS	C/I, caso más favorable	C/I, caso intermedio	C/I, caso más desfavorable
1 696,6-1 709,4	LEO	LEO	18,6	1,5	-13,6
1 690,9-1 691,1	OSG	LEO	14,8	9,8	4,8
1 694,4-1 694,6	OSG	OSG	23,1	18,1	13,1

Además, para cualquier constelación OSG/OSG se necesita una separación en la órbita geoestacionaria si por el mismo canal de radiofrecuencias se produce transmisión y recepción. La separación angular se halla normalmente entre $\pm 1,3^\circ$ y $\pm 2^\circ$. En los canales WEFAX, la separación angular requerida debería ser de unos $\pm 11^\circ$. La anchura de banda utilizada para las transmisiones WEFAX es pequeña, no obstante, por lo que no ha de considerarse éste un requisito esencial.

Obsérvese que la serie de vehículos espaciales METEOSAT transmiten sus servicios con niveles de p.i.r.e. que se halla normalmente 6 dB por debajo de los de la serie GOES. En la práctica se producirán, por tanto, casos en los que los niveles de interferencia sean superiores a los calculados en esta Recomendación.

6 Resumen

- La distancia de separación alrededor de las estaciones del METSAT es normalmente de unos 35 km para un satélite LEO del SMS y de 50 km para terminales OSG del SMS y es relativamente independiente del tipo de estación. Para ángulos de elevación bajos, estos valores pueden ser de hasta 54 y 68 km, respectivamente. Las zonas de exclusión alrededor de las estaciones del METSAT son por ello, normalmente, de varios miles de km^2 , lo que hace que la compartición en esas partes de la banda, con cientos de miles de estaciones en todo el mundo, sea prácticamente imposible.

- La interferencia de canal adyacente provoca todavía una distancia de separación de hasta 14 km para una constelación típica, y de 44 km en el caso más desfavorable. No deberá rebasarse una densidad de p.i.r.e. del SMS de -60 dB(W/kHz). En consecuencia, se requiere una banda de guarda de al menos 200 kHz entre canales de transmisión del SMS y canales de recepción del METSAT.
- Existe una posibilidad de compartición restringida para la banda 1 675-1 690 MHz, en la que funciona un número limitado de estaciones principales. La compartición puede ser viable si se mantiene una distancia de entre 45 a 62 km respecto a estas estaciones en todo momento, lo cual puede no ser una tarea trivial ya que la ubicación de los terminales del SMS habría de determinarse con una precisión razonable en relación con las distancias requeridas. Todavía no se han encontrado soluciones prácticas.
- La compartición no es viable en la banda 1 690-1 698 MHz, porque es muy utilizada por miles de estaciones en todo el mundo.
- Tampoco es viable la compartición en la banda 1 698-1 710 MHz debido a una distribución mundial de cientos de estaciones para la transmisión de imágenes de alta resolución (HRPT).
- En el segmento espacial cabe esperar una interferencia inaceptable a los MOBSAT en la constelación LEO/LEO entre 1 698 y 1 710 MHz. Además, las transmisiones WEFAX vía satélites OSG del sistema METSAT harán inutilizables dos bandas relativamente pequeñas en torno a 1 691 y 1 694,5 MHz. Para la constelación de proximidad OSG/OSG, se requiere una separación angular de $\pm 2^\circ$ por lo menos con respecto a los niveles de p.i.r.e. del METEOSAT. Algunos otros satélites OSG del sistema METSAT (por ejemplo, GOES) necesitarán una separación mayor.

ANEXO 2

Información sobre sistemas METSAT mundiales

Sistema METSAT	Función	Frecuencia (MHz)	Anchura de banda de RF (MHz)	p.i.r.e. (dBW)
GMS (OSG)	Sensor	1 681,600	20,000	27,0
	S-VISSR	1 687,100	6,000	25,0
	WEFAX 1	1 691,000	0,260	17,0
	WEFAX 2	1 691,000	0,032	7,0
	Medición de distancias 1	1 684,000	1,000	17,0
	Medición de distancias 2	1 688,200	1,000	-4,5
	Medición de distancias 3	1 690,200	1,000	-4,5
	Informe DCP	1 694,500	0,400	4,0
	Telemetida	1 694,000	0,400	10,0
GOES (OSG)	Sensor W/B	1 676,000	5,000	19,0
	Sensor de imagen sin procesar	1 681,600	25,000	27,9
	Multisensor	1 681,478	0,500	19,0
	Sensor de modo AAA	1 685,700	5,000	19,0
	Medición de distancias 1	1 684,000	1,000	27,9
	Medición de distancias 2	1 688,200	1,000	27,9
	Medición de distancias 3	1 690,200	1,000	27,9
	Presentación directa	1 687,100	3,500	27,9
	WEFAX	1 691,000	0,026	27,9
	Telemetida	1 694,000	0,020	19,0
	Informe DCP 1	1 694,450	0,400	19,0
	Informe DCP 2	1 694,500	0,400	21,1
	Informe DCP 3	1 694,800	0,400	19,0

Información sobre sistemas METSAT mundiales (Continuación)

Sistema METSAT	Función	Frecuencia (MHz)	Anchura de banda de RF (MHz)	p.i.r.e. (dBW)
METEOSAT (OSG)	Informes DCP	1 675,281	0,435	12,5
	Telemedida	1 675,929	0,030	5,0
	Sensor	1 686,833	5,300	10,7
	Medición de distancias 1	1 691,000	0,660	21,3
	Medición de distancias 2	1 694,500	0,660	21,3
	Fax de alta resolución 1	1 691,000	0,660	21,3
	Fax de alta resolución 2	1 694,500	0,660	21,3
	WEFAX 1	1 691,000	0,026	21,3
	WEFAX 2	1 694,500	0,026	21,3
	MDD	1 695,770	0,720	9,0
	HRIT	1 695,150	1,960	18,4
	LRIT	1 691,000	0,660	16,6
GOMS (OSG)	Sensor	1 685,000	5,000	23,0
	WEFAX 1	1 671,48 1 690,8	0,018	18,8
	WEFAX 2	1 674,48 1 691,4	0,018	18,8
	Fax de alta resolución 1	1 672,48 1 691,0	0,0024	12,3
	Fax de alta resolución 2	1 673,48 1 691,2	0,0024	12,3
	DCP 1	1 697,0	2,000 (300 × 3 kHz)	9,7
	DCP 2	1 688,5	1,000 (100 × 10 kHz)	12,0
Satélite LEO típico de METSAT	Caso más desfavorable	–	3,000	9,0

ANEXO 3

Técnicas de compartición para las estaciones terrenas del SMS y las estaciones terrenas del servicio METSAT en la banda de frecuencias 1 675-1 710 MHz

El UIT-R ha estudiado un cierto número de técnicas para mejorar la capacidad de compartición del espectro radioeléctrico entre el sistema móvil o el SMS y los sistemas de otros servicios. El problema básico considerado en estos estudios es que cuando el servicio móvil o el SMS comparte una banda de frecuencias con otro servicio, se supone que la estación móvil o la estación terrena del SMS funcionan en cualquier parte de la zona de servicio del sistema interferido y transmiten en la misma frecuencia a la que recibe la unidad interferida. En consecuencia, estos estudios llegan a la conclusión de que dentro de la zona de servicio la estación terrena móvil o del SMS puede provocar interferencia perjudicial a estaciones del otro servicio.

Se supone que estas estaciones móviles o del SMS son explotadas por personal no acostumbrado a tomar medidas para evitar la interferencia radioeléctrica perjudicial entre estaciones. Por ese motivo, las técnicas empleadas para controlar la magnitud de la interferencia a fin de que ésta se encuentre dentro de los límites acordados, deben activarse sin que ello

exija ninguna acción por parte del usuario de dichas estaciones terrenas. A continuación se describen brevemente algunas de las técnicas que pueden aplicarse para limitar la interferencia causada por una estación terrena transmisora del SMS a una estación terrena receptora del METSAT. Las técnicas que pueden emplearse de forma individual o conjunta son las siguientes:

- asignación de frecuencia por emplazamiento,
- zonas de protección determinadas por radiobalizas,
- prevención de la interferencia mediante selección de frecuencias,
- utilización de frecuencias en una zona de cobertura del haz del SMS únicamente cuando las estaciones terrenas del METSAT no están utilizándolas (es decir, compartición en el tiempo).

1 Asignación de frecuencia por emplazamiento

1.1 Método para asegurar la adecuada separación de frecuencia-distancia (para el caso de zona de exclusión fija)

Utilizando un canal de señalización sin interferencia, la estación terrena móvil informa sobre su emplazamiento al centro de operaciones de la red (esta capacidad es inherente en algunos sistemas planificados de satélites no geoestacionarios del SMS). A continuación se asignan los canales de funcionamiento libres de interferencia basándose en un cuadro visual generado por ordenador que indica las frecuencias cuya utilización no provocará interferencias en el emplazamiento indicado y una lista de frecuencias que aún no han sido asignadas en la zona de cobertura del haz. El Cuadro visual se basa en asignaciones de frecuencia y emplazamientos conocidos de las estaciones terrenas del METSAT.

1.2 Comentarios

- Los canales de señalización del SMS que no causarán interferencia perjudicial deben estar disponibles para su utilización en cada una de las zonas de cobertura del satélite del SMS.
- Las estaciones terrenas del SMS deben contar con dispositivos de determinación de la posición.
- El emplazamiento de la estación terrena del SMS debe ser conocido por el centro de control de la red antes de asignar un canal de servicio.
- El programa informático y la base de datos para la asignación basada en el emplazamiento de la estación terrena del SMS deben integrarse con las disposiciones para otros algoritmos de asignación de canal.
- El sistema informático de control de red debe ser capaz de mantener un valor aceptable del retardo de acceso a la red.

2 Zonas de protección determinadas por radiobalizas

2.1 Método flexible para asegurar la adecuada separación frecuencia-distancia

El transmisor de radiobaliza debe ubicarse en el mismo emplazamiento que cada estación terrena receptora del servicio METSAT que va a protegerse con unos desplazamientos de frecuencia mínimos aceptables entre la radiobaliza y el receptor de la estación terrena METSAT. La estación terrena del SMS utiliza una señal de radiobaliza para determinar si se trata de una zona de frecuencia restringida. Esta información se transmite al centro de operaciones de la red que asigna un canal que no provocará interferencia, para su utilización en la zona de frecuencia restringida cuando sea necesario.

2.2 Comentarios

- Los canales de señalización del SMS que no causarán interferencia perjudicial deben estar disponibles para su utilización en cada una de las zonas de cobertura del satélite del SMS.
- Deben instalarse radiobalizas en cada estación terrena METSAT que va a protegerse (este método es práctico únicamente si debe protegerse un pequeño número de receptores).
- Las estaciones terrenas del SMS deben ir equipadas con dispositivos de procesamiento de la señal de radiobaliza.
- El centro de funcionamiento de la red debe conocer el emplazamiento de las estaciones terrenas del SMS antes de efectuar la asignación de canal (o la zona de radiobaliza específica donde se encuentra situada la estación terrena del SMS).
- El programa informático y la base de datos para la asignación basada en el emplazamiento de la estación terrena del SMS en relación con los radiofaros específicos deben integrarse con las disposiciones para otros algoritmos de asignación de canal.

- El sistema informático de control de red debe ser capaz de mantener un valor aceptable del retardo de acceso a la red.
- Esta técnica debe facilitar igualmente la compartición en el tiempo.

3 Prevención de la interferencia mediante selección de frecuencias

3.1 Método para evitar la interferencia a los tipos de estación terrena METSAT con muchas instalaciones

Las técnicas de prevención de la interferencia descritas anteriormente son adecuadas cuando sólo se utilizan unas pocas estaciones terrenas METSAT para recibir señales procedentes de un satélite de dicho servicio (por ejemplo, datos de imágenes sin procesar). Sin embargo, estas técnicas no son pertinentes cuando existen cientos o miles de pequeñas estaciones terrenas utilizadas en la distribución de los datos meteorológicos; por ejemplo, para WEFAX, HRPT, etc. Estas frecuencias pueden ser distintas en los diferentes sistemas METSAT y además pueden existir algunos servicios de distribución de datos del METSAT que quizás no lleguen a todas partes.

Estos canales de distribución de datos son generalmente bastante estrechos. La interferencia a estas estaciones terrenas METSAT tan distribuidas se evita impidiendo que el sistema del SMS utilice las frecuencias empleadas por los canales de distribución de datos del METSAT y estableciendo una banda de guarda adecuada alrededor de ellos.

3.2 Comentarios

- Los canales de señalización del SMS que no causarán interferencia perjudicial deben estar disponibles.
- Como los canales de distribución de datos tienen una anchura de banda estrecha, probablemente podrá aceptarse la disminución de frecuencias y capacidad en un sistema del SMS.
- Los centros de control de red de los sistemas de satélites no OSG del SMS deben tener la capacidad de reconocer y adoptar protocolos de asignación de frecuencias flexibles, puesto que los distintos sistemas del METSAT con diferentes zonas de cobertura pueden utilizar diversas frecuencias y anchuras de banda en sus canales de distribución de datos.
- En algunas zonas del mundo no se pueden instalar por todas partes pequeñas estaciones terrenas de distribución de datos meteorológicos. En tales zonas puede ser útil el empleo de estaciones terrenas del SMS.

4 Utilización de frecuencias en una zona de cobertura del haz del SMS únicamente cuando las estaciones terrenas del METSAT no están utilizándolas

4.1 Compartición en el tiempo de las frecuencias

Es una antigua idea que ha sido empleada durante algún tiempo en el servicio METSAT por las estaciones espaciales no OSG. Se trata de que una estación espacial no OSG da servicio únicamente a una pequeña parte de la superficie de la Tierra en un instante de tiempo. En consecuencia, las mismas frecuencias utilizadas por la estación espacial en ese instante pueden ser empleadas en el resto de la superficie de la Tierra en ese mismo instante. En otras palabras, los sistemas del METSAT y del SMS con satélites no OSG comparte en el tiempo la utilización de las frecuencias en todos los emplazamientos sobre la superficie de la Tierra.

4.2 Comentarios

- Los canales de señalización del SMS que no causarán interferencia perjudicial deben estar disponibles.
 - En este caso, es posible la aparición de interferencia causada por las estaciones espaciales METSAT a los receptores de las estaciones espaciales del SMS. Esta posibilidad se discute en el Anexo 2.
 - El centro de control de red del SMS debe guardar un registro de las posiciones orbitales y cobertura de sus propias estaciones espaciales así como de las estaciones espaciales no OSG METSAT.
 - Esta técnica puede utilizarse junto con los métodos de zona de exclusión fija y determinada por radiobaliza descritos anteriormente.
 - Deben establecerse buenos canales de coordinación entre los organismos de explotación de los sistemas del SMS y del METSAT.
 - En el caso de sistemas multihaz del SMS, este método puede utilizarse haz a haz.
-