

UIT-R

Sector de Radiocomunicaciones de la UIT

Recomendación UIT-R M.1472-1
(01/2010)

Metodología para evaluar las repercusiones de la interferencia causada por sistemas del servicio móvil por satélite (SMS) con acceso múltiple por división en el tiempo/acceso múltiple por división en frecuencia (AMDT/AMDF) que funcionan en la gama de 1-3 GHz sobre la calidad de funcionamiento en banda de base de los receptores de sistemas del servicio fijo con visibilidad directa analógicos con multiplexión por división de frecuencia/modulación de frecuencia (MDF/MF)

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.1472-1*

Metodología para evaluar las repercusiones de la interferencia causada por sistemas del servicio móvil por satélite (SMS) con acceso múltiple por división en el tiempo/acceso múltiple por división en frecuencia (AMDT/AMDF) que funcionan en la gama de 1-3 GHz sobre la calidad de funcionamiento en banda de base de los receptores de sistemas del servicio fijo con visibilidad directa analógicos con multiplexión por división de frecuencia/modulación de frecuencia (MDF/MF)

(Cuestiones UIT-R 201/4 y UIT-R 118/5)

(2000-2010)

Cometido

Esta Recomendación proporciona una metodología para evaluar las repercusiones de la interferencia causada por sistemas del servicio móvil por satélite (SMS) con acceso múltiple por división en el tiempo/acceso múltiple por división en frecuencia (AMDT/AMDF) que funcionan en la gama de 1-3 GHz sobre la calidad de funcionamiento en banda de base de los receptores de sistemas del servicio fijo con visibilidad directa analógicos con multiplexión por división de frecuencia/modulación de frecuencia (MDF/ MF). Esta metodología puede utilizarse para la coordinación SMS/SF detallada para lograr mayor precisión en los resultados obtenidos aplicando la metodología que se describe en la Recomendación UIT-T M.1319.

La Asamblea de Radiocomunicaciones de la UIT,

considerando

- a) que la banda de frecuencias 1 518-1 525 MHz está atribuida al servicio móvil por satélite (SMS) (espacio-Tierra) y al servicio fijo (SF) a título primario con igualdad de derechos en todas las Regiones;
- b) que la banda de frecuencias 1 525-1 559 MHz también está atribuida al SMS (espacio-Tierra) a título primario en todas las regiones;
- c) que la banda de frecuencias 1 525-1 530 MHz también está atribuida al servicio fijo a título primario en las Regiones 1 y 3 y la banda de frecuencias 1 550-1 559 MHz también está atribuida al servicio fijo a título primario en algunos países;
- d) que las bandas de frecuencias 2 170-2 200 MHz en todas las Regiones y 2 160-2 170 MHz en la Región 2 están atribuidas al SMS (espacio-Tierra) del servicio fijo a título primario con igualdad de derechos;
- e) que las transmisiones procedentes de satélites del SMS podrían causar interferencia a los receptores del servicio fijo con visibilidad directa que funcionan en estas bandas;

* Se trata de una Recomendación conjunta de las Comisiones de Estudio 4 y 5 y toda revisión deberá realizarse también conjuntamente.

- f) que dicha interferencia implica fenómenos variables en el tiempo tales como geometría de la interferencia, condiciones de propagación y tráfico del SMS;
- g) que la simulación por computadora es el único método para evaluar con precisión dicha interferencia;
- h) que el resultado de dichas simulaciones reviste típicamente la forma de estadísticas de C/I , C/N y $C/(N+I)$ en los sistemas del servicio fijo establecidos;
- i) que la repercusión y aceptación de dicha interferencia pueden evaluarse en la mayoría de los casos en coordinación bilateral detallada estudiando a través de simulaciones por ordenador los valores estadísticos de C/I , C/N y $C/(N+I)$, como se describe en la Recomendación UIT R M.1319;
- j) que, en algunos casos críticos, puede que durante la coordinación bilateral detallada sea necesario evaluar mediante simulaciones informáticas la repercusión de la interferencia en los objetivos de calidad de funcionamiento en banda de base del servicio fijo analógico MDF-MF,

recomienda

1 que se utilice la metodología descrita en el Anexo 1 para realizar la coordinación bilateral detallada entre las partes correspondientes a fin de evaluar con precisión las repercusiones de la interferencia causada por los satélites del SMS con AMDT/AMDF con atribuciones en la banda de frecuencias de 1-3 GHz sobre la calidad de funcionamiento en banda de base de los receptores de sistemas del servicio fijo con visibilidad directa analógicos MDF-MF, en los casos en que los resultados obtenidos por la metodología descrita en la Recomendación UIT-R M.1319 necesiten más precisión (véanse las Notas 1, 2 y 3).

NOTA 1 – La aplicación de la metodología de esta Recomendación exigirá el desarrollo de algoritmos o procedimientos de cálculo para contemplar todas las consideraciones descritas. La utilización o adaptación de estos algoritmos o procedimientos en toda coordinación bilateral deberá ser objeto de acuerdo entre las partes correspondientes.

NOTA 2 – En los países en que funciona un elevado número de sistemas del servicio fijo, puede ser suficiente aplicar el análisis a un conjunto representativo de estos sistemas del servicio fijo existentes, que utilizan parámetros del servicio fijo real, teniendo en cuenta especialmente los sistemas del servicio fijo que probablemente sean más sensibles a la interferencia. Dichos sistemas del servicio fijo normalmente son los que tienen una orientación próxima a la dirección del acimut de caso más desfavorable. Esta dirección puede determinarse basándose en las características orbitales del sistema del SMS. Sin embargo, se trata de un asunto que exigirá un acuerdo entre las partes correspondientes.

NOTA 3 – En el caso de sistemas del SMS OSG, los cálculos se simplifican de manera notable puesto que no es necesario simular los mecanismos orbitales de la constelación de satélites del SMS; sin embargo, al evaluar las repercusiones de la interferencia puede que sea necesario considerar la posible interferencia procedente de los múltiples satélites OSG del SMS.

Anexo 1

Metodología para evaluar las repercusiones de la interferencia causada por sistemas del SMS con AMDT/AMDF que funcionan en la gama de frecuencias de 1-3 GHz sobre la calidad de funcionamiento en banda de base de los receptores de sistemas del servicio fijo con visibilidad directa analógicos MDF-MF

1 Introducción

En la compartición entre el SMS y el servicio fijo intervienen fenómenos variables en el tiempo tales como la geometría de la interferencia, las condiciones de propagación, etc. La simulación normalmente es el único método de evaluar con precisión la interferencia entre los sistemas del SMS y del servicio fijo. Los resultados de tales simulaciones se indican generalmente en forma de valores estadísticos de C/I , C/N y $C/(N + I)$, presentados normalmente como una función de distribución acumulativa.

En la Recomendación UIT-R M.1319 aparece una metodología en la que, entre otras cosas, los objetivos de calidad de funcionamiento en banda de base para los sistemas del servicio fijo de TV-MF y MDF-MF analógicos indicados en la Recomendación UIT-R F.393¹ y en la Recomendación UIT-R F.555² pueden convertirse en requisitos equivalentes de la relación $C/(N + I)$ en radiofrecuencia para un porcentaje de tiempo asociado, realizando las extrapolaciones necesarias para considerar las rutas del servicio fijo reales de longitud más corta que los circuitos de referencia. Esos objetivos de calidad de funcionamiento en radiofrecuencia equivalentes se representan sobre las gráficas de distribución acumulativa de $C/(N + I)$ para determinar si la interferencia procedente de los satélites del SMS es aceptable.

Aunque el método descrito en la Recomendación UIT-R M.1319 requiere una amplia simulación informática, es relativamente fácil de realizar en soporte lógico puesto que todos los cálculos y comparaciones se realizan en el dominio de la radiofrecuencia. La metodología de dicha Recomendación debe utilizarse en la fase de coordinación detallada entre administraciones, cuando es obligado realizar una coordinación y se desencadena ésta en aplicación del RR, a fin de determinar si la interferencia es aceptable o no en el contexto de información de un sistema del servicio fijo real y de los objetivos de disponibilidad y calidad de funcionamiento pertinentes del UIT-R.

En algunos casos, durante la fase de coordinación bilateral puede ser necesario que las partes correspondientes examinen detenidamente las repercusiones de la interferencia del SMS sobre los objetivos de calidad de funcionamiento de los sistemas analógicos del servicio fijo. Puede ser el caso cuando los resultados del método de simulación descrito en la citada Recomendación UIT-R M.1319 no son lo suficientemente definitivos como para llegar a la conclusión de que es necesario realizar una coordinación de frecuencias.

¹ La Recomendación UIT-R F.393 fue suprimida en 2007. Sin embargo, pueden continuar existiendo algunos sistemas fijos para los cuales sería aplicable esta Recomendación.

² La Recomendación UIT-R F.555 fue suprimida en 2007. Sin embargo, pueden continuar existiendo algunos sistemas fijos para los cuales sería aplicable esta Recomendación.

El objetivo de este Anexo es presentar metodologías para evaluar de forma más precisa las degradaciones de la calidad de funcionamiento en banda base en las portadoras analógicas del servicio fijo MDF-MF teniendo en cuenta los efectos de las separaciones de frecuencias que se producirían para múltiples portadoras interferentes de banda estrecha y reconociendo que el factor de reducción de la interferencia, o factor B , y los requisitos de relación de protección de la Recomendación UIT-R SF.766 indican una fuerte dependencia de la separación de frecuencias entre las portadoras deseada e interferente.

La metodología presentada en este Anexo implica necesariamente la existencia de unos instrumentos de simulación más sofisticados que los descritos en la Recomendación UIT-R M.1319 que, lógicamente, exigirán mayores capacidades informáticas para su ejecución.

2 Metodología para los sistemas del servicio fijo con MDF-MF

2.1 Sistema de referencia del servicio fijo con MDF-MF para simulación

En la fase de coordinación detallada cabe esperar que se disponga de los parámetros reales de la ruta del servicio fijo analógico para evaluar las repercusiones de la interferencia del SMS. Debe señalarse que en la gama de 1-3 GHz, las estaciones del servicio fijo intermedias en una sección módem del servicio fijo normalmente van equipadas con repetidores de FI. La demodulación a banda base se produce en la estación terminal. Como esta demodulación no se realiza en los repetidores intermedios, sólo es necesario calcular la interferencia de banda base en el último repetidor (o repetidor terminal) de la sección del módem o de la ruta del servicio fijo real.

De acuerdo con la Recomendación UIT-R F.393, los máximos valores admisibles de potencia de ruido en el punto de nivel relativo cero de cualquier canal telefónico sobre un circuito ficticio de referencia de 2 500 km para los sistemas de radioenlaces con MDF no deben rebasar los niveles indicados a continuación, que se han elegido teniendo en cuenta unas condiciones de propagación adversas:

- 7 500 pW_{0p}, potencia sofométrica ponderada media, durante un minuto y más del 20% de cualquier mes;
- 47 500 pW_{0p}, potencia sofométrica ponderada media, durante un minuto y más del 0,1% de cualquier mes;
- 1 000 000 pW₀, potencia no ponderada (con un tiempo de integración de 5 ms) durante más del 0,01% de cualquier mes.

2.2 Estimación de los valores estadísticos de la interferencia en banda de base y del ruido térmico

2.2.1 Descripción general

Las repercusiones de la interferencia causada por sistemas de satélites del SMS que utilizan esquemas de modulación/acceso en banda estrecha a canales telefónicos en banda de base MDF-MF pueden evaluarse de la forma siguiente.

Utilizando los métodos de simulación descritos en la Recomendación UIT-R M.1319, en cada intervalo de tiempo del periodo de simulación para cada receptor del servicio fijo en una ruta del servicio fijo pueden estimarse los valores de C/I y C/N , calculándose los niveles de C/I debidos a cada una de las portadoras del SMS con AMDT/AMDF situada dentro de la anchura de banda del receptor del servicio fijo con MDF-MF.

La potencia de interferencia de radiofrecuencia en el receptor k -ésimo puede obtenerse como el término k -ésimo de la ecuación (1) del Anexo 1 a la Recomendación UIT-R M.1143. La potencia de la portadora recibida en el receptor k -ésimo incluye las pérdidas debidas al desvanecimiento por trayecto múltiple en el salto k -ésimo de la ruta de radioenlaces.

Una vez conocido el valor de C/I para cada portadora del SMS de banda estrecha en cada intervalo de tiempo, el siguiente paso consiste en convertir dicho valor de C/I en la potencia de ruido en banda de base. El método de cálculo de la potencia de ruido de interferencia en banda de base figura en la Recomendación UIT-R SF.766. El factor de reducción de la interferencia, B (dB) se expresa de la forma siguiente:

$$B = 10 \log \frac{2(\delta f)^2 p(f/f_m)}{b f^2 D(f, f_0)} \quad (1)$$

$$D(f, f_0) = \int_{-\infty}^{+\infty} S(F) P_1(f + f_0 - F) dF + \int_{-\infty}^{+\infty} S(F) P_1(f - f_0 - F) dF + S(f + f_0) P_{10} + S(f - f_0) P_{10} + S_0 P_1(f + f_0) + S_0 P_1(f - f_0) + \frac{S_0 P_{10}}{b} \delta(f - f_0) \quad (2)$$

$$P_1(f) = P(f) A^2(f) \quad (3)$$

$$P_{10} = P_0 A^2(0) \quad (4)$$

$$\begin{aligned} \delta(f - f_0) &= 1 && \text{cuando } f = f_0 \\ \delta(f - f_0) &= 0 && \text{cuando } f \neq f_0 \end{aligned} \quad (4a)$$

siendo:

- δf : valor eficaz de la desviación del tono de prueba (sin preacentuación) de la señal deseada (kHz)
- f : frecuencia central del canal correspondiente, dentro de la banda de base de la señal deseada (kHz)
- f_m : frecuencia superior de la banda de base de la señal deseada (kHz)
- $p(f/f_m)$: factor de preacentuación para la frecuencia central del canal correspondiente, dentro de la banda de base de la portadora deseada
- b : anchura de banda del canal telefónico (3,1 kHz)
- f_0 : separación entre portadoras de las señales deseada e interferente (kHz)
- $S(f)$: parte continua de la densidad espectral de potencia normalizada de la señal deseada con preacentuación (Hz^{-1})
- S_0 : potencia de portadora residual normalizada de la señal deseada
- $P(f)$: parte continua de la densidad espectral de potencia normalizada de la señal interferente (Hz^{-1})
- P_0 : potencia de portadora residual normalizada de la señal interferente
- $A(f)$: respuesta amplitud-frecuencia del filtro de recepción de la señal deseada, siendo el origen de frecuencias la frecuencia central de la portadora de la señal interferente.

Las densidades espectrales de potencia se normalizan a la unidad y se suponen únicamente positivas.

La expresión de N_p en términos de la relación C/I se obtiene a partir de las expresiones (5) y (6). Para calcular N_p es necesario determinar:

- el espectro de la señal deseada (telefonía analógica),
- el espectro de la señal interferente.

La potencia de interferencia ponderada (N_p) se obtiene como la potencia sin ponderar en 1,75 kHz, lo que da lugar a la expresión:

$$N_p = 10^{0,1(87,5-B-C/I)} \quad (5)$$

siendo C/I la relación portadora/interferencia (dB).

Para calcular el factor de reducción de interferencia es preciso realizar la convolución de los espectros de potencia deseado e interferente. Los espectros de potencia de los sistemas de radioenlaces del servicio fijo para diversas capacidades de canal figuran en la Recomendación UIT-R SF.766. Una vez obtenida una expresión o un valor para el factor de reducción de interferencia, el cálculo del ruido en banda de base es directo.

Los niveles de ruido térmico en banda de base para cada receptor del servicio fijo pueden determinarse a partir de estimaciones de C/N en cada intervalo de tiempo y utilizando la relación normalizada existente entre la relación portadora/ruido, C/N , y la relación señal/ruido, S/N , en banda de base aplicable a los sistemas del servicio fijo con MDF-MF.

El ruido en banda de base total en el extremo de la ruta de radioenlaces de interés para cada intervalo de tiempo puede determinarse de la forma siguiente:

$$(I + N)_{BB} = \sum_k (N_{pk} + N_{Tk} + N_{Ik} L_{MPk}) + N_{otras} \quad (6)$$

siendo:

- $(I + N)_{BB}$: ruido en banda de base total en la ruta del servicio fijo de interés (pW)
- N_{pk} : potencia de interferencia ponderada para el receptor k -ésimo, obtenida de la ecuación (5)
- N_{Tk} : ruido térmico a la entrada del receptor k -ésimo
- N_{Ik} : ruido de interferencia dentro del servicio en banda de base estimado en el receptor k -ésimo
- L_{MPk} : pérdidas por desvanecimiento multitrayecto para el salto k -ésimo
- N_{otras} : ruido del sistema en banda de base procedente de otras fuentes. (En el caso de los sistemas de radioenlaces analógicos con MF utilizados en telefonía, es necesario tener en cuenta algunos factores para considerar el ruido de distorsión por intermodulación y las contribuciones de los componentes de los sistemas tales como multiplexores/demultiplexores y enlaces de entrada.)

Obsérvese que los tres elementos que componen el sumatorio de la ecuación (6) se corresponden con las pérdidas por desvanecimiento multitrayecto en el salto k -ésimo, aunque N_{pk} y N_{Tk} hayan sido tenidos en cuenta en el control automático de ganancia.

Los valores estadísticos del ruido total en banda de base pueden determinarse a partir de estimaciones del ruido total en banda de base en cada intervalo de tiempo.

2.2.2 Metodología específica

El cálculo del ruido de interferencia combinada y de la potencia del ruido térmico en un canal telefónico determinado (normalmente el superior) del sistema MDF-MF supone los siguientes pasos:

Paso 1: Cálculo en cada intervalo de tiempo del nivel de portadora recibido, C , en cada estación receptora del servicio fijo teniendo en cuenta el desvanecimiento multitrayecto en ese salto concreto utilizando un predictor de profundidad de desvanecimiento aleatorio, cuya salida es coherente con la distribución estadística obtenida a partir del modelo de desvanecimiento multitrayecto de la Recomendación UIT-R P.530.

Paso 2: Cálculo en cada intervalo de tiempo de la potencia de señal interferente, I , en cada estación receptora del servicio fijo debida a cada portadora interferente del SMS con AMDT/AMDF producida por cada haz puntual de cada uno de los satélites del SMS visibles, teniendo en cuenta el haz puntual del satélite del SMS y la discriminación de la antena receptora del servicio fijo y la potencia del haz puntual del satélite del SMS/carga de tráfico y los planes de frecuencia.

Paso 3: Cálculo en cada intervalo de tiempo de la relación C/I debida a cada portadora interferente del SMS con AMDT/AMDF producida por cada haz puntual de cada uno de los satélites del SMS visibles y de la relación C/N en cada estación receptora del servicio fijo.

Paso 4: Cálculo en cada intervalo de tiempo de las relaciones C/I combinada y C/N para el sistema del servicio fijo.

Paso 5: Cálculo en cada intervalo de tiempo, en la estación receptora terminal del servicio fijo, del factor de reducción de interferencia en banda de base, o factor B , para diversos intervalos de desplazamiento de frecuencias, utilizando la ecuación (1) y determinación de la potencia de ruido de interferencia en banda de base, utilizando la ecuación (5), basándose en las estimaciones del valor de C/I por portada teniendo en cuenta la anchura de banda atribuida de la portadora del SMS de banda estrecha con AMDT interferente. Puede utilizarse un cuadro sinóptico para los valores del factor B según distintos desplazamientos de frecuencia.

Paso 6: Cálculo en cada intervalo de tiempo, en la estación receptora terminal del servicio fijo, del ruido térmico en banda de base basándose en las estimaciones de C/N utilizando la conversión aplicable de C/N a S/N para el sistema del servicio fijo con MDF-MF determinado.

Paso 7: Cálculo en cada intervalo de tiempo, en la estación receptora terminal del servicio fijo, de la suma de la interferencia en banda de base combinada total procedente de las múltiples portadoras interferentes del SMS con AMDT/AMDF y de la potencia del ruido térmico en el canal en banda de base superior.

Paso 8: Los pasos anteriores se repiten para cada intervalo de tiempo durante un periodo válido desde el punto de vista estadístico consecuente con un periodo del ciclo orbital completo o equivalente de la constelación de satélites del SMS y un periodo representativo para el comportamiento del desvanecimiento multitrayecto.

Paso 9: Por último, se determina y se representa gráficamente la distribución de probabilidad del ruido en banda de base total comparándolo con los objetivos de la Recomendación UIT-R F.393, adecuadamente distribuidos.

3 Ejemplo

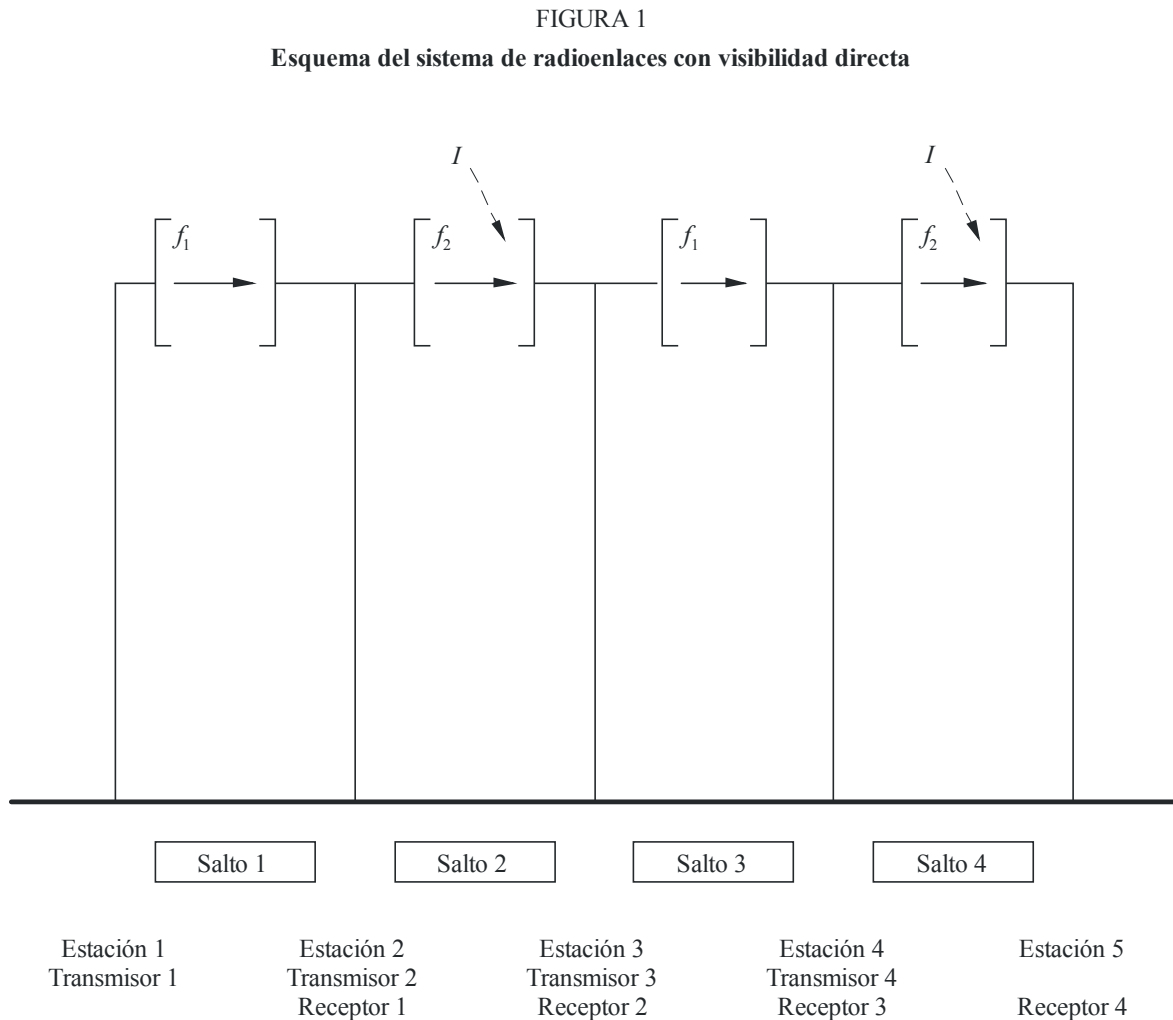
En el Apéndice 1 aparece un ejemplo de aplicación del método anterior.

Apéndice 1 al Anexo 1

Ejemplo de aplicación de la metodología para el cálculo de la interferencia en banda de base causada por un sistema LEO-F a sistemas de radioenlaces con MDF-MF de 960 canales y 4 saltos

1 Introducción

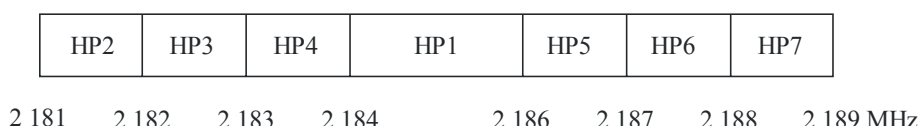
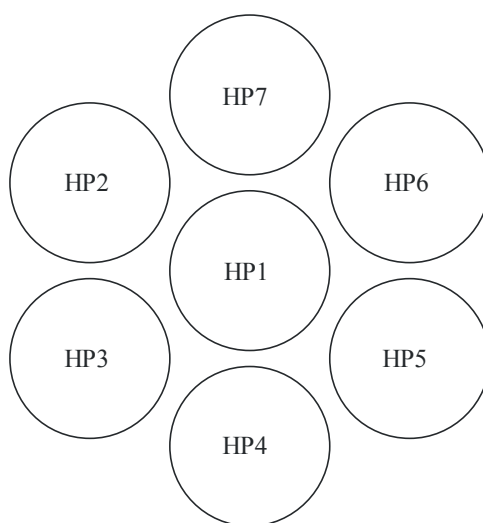
En este Apéndice se aplica la metodología explicada en el Anexo 1 para calcular la interferencia en banda de base más el ruido térmico provocados por un sistema LEO-F a un sistema de radioenlaces con MDF-MF de 960 canales y 4 saltos que funciona en la banda de 2 GHz (véase la Fig. 1).



2 Planes de frecuencia del sistema LEO-F y del sistema de radioenlaces con MDF-MF

Se ha considerado un patrón de reutilización de frecuencias de siete células. Se suponen 6 haces puntuales (HP2, HP3, HP4, HP5, HP6 y HP7) cada uno de ellos con una anchura de banda de 1 MHz y 1 haz puntual (HP1) con una anchura de banda de 2 MHz. Para la simulación del sistema con MDF-MF se ha supuesto la gama de frecuencias 2 181-2 189 MHz (véase la Fig. 2). Para el canal de MDF-MF se ha supuesto una frecuencia central de 2 185 MHz y una anchura de banda de 20 MHz.

FIGURA 2
Plan de frecuencias de los haces puntuales del sistema LEO-F y del sistema con MDF-MF de 960 canales



1472-02

3 Parámetros de transmisión del sistema del servicio fijo con MDF-MF

El diagrama de ganancia fuera del eje de la antena del servicio fijo es el que aparece en la Recomendación UIT-R F.1245. Los parámetros del sistema con MDF-MF figuran en el Cuadro 1. El espectro de potencia normalizado para el sistema del servicio fijo de 960 canales se ha extraído de los gráficos de la Recomendación UIT-R SF.766 (véase la Fig. 3a). Se ha supuesto un diagrama de la forma $(\text{sen } x/x)^2$ para la portadora MDP-4 con AMDT de banda estrecha (véase la Fig. 3b). Las características de la estación y las frecuencias de transmisión de los sistemas del servicio fijo con MDF-MF utilizados en la simulación aparecen en el Cuadro 2.

CUADRO 1

Parámetros del sistema con MDF-MF

Parámetro	Sistema del servicio fijo de 960 canales
Anchura de banda de radiofrecuencia (MHz)	20
Frecuencia en banda de base del canal superior (kHz)	4 028
Frecuencia en banda de base del canal inferior (kHz)	60
Valor eficaz de la desviación del tono de prueba (kHz)	200
Factor de carga	5,5
Valor eficaz de la desviación multicanal (kHz)	1 100
Índice de modulación multicanal	0,273
Portadora residual normalizada (dB)	-9,21
Ganancia de la antena del receptor con visibilidad directa (dBi) (3,7 m de diámetro)	34
Pérdidas en el multiplexor del alimentador (dB)	3
Nivel máximo de potencia de salida del transmisor (dBW)	7
Nivel nominal de potencia de entrada del receptor (dBW)	-64
Factor de ruido del receptor (dB) ⁽¹⁾	10

⁽¹⁾ Si bien en el cálculo de este ejemplo se ha utilizado un factor de ruido de 10 dB, un valor representativo más adecuado de este parámetro en esta gama de frecuencias sería de 8 dB.

CUADRO 2

Detalles sobre la estación y la frecuencia portadora del sistema MDF-MF

Estación (EST)	Latitud	Longitud	Longitud del salto (km)	Frecuencia de transmisión (MHz)	Frecuencia de recepción (MHz)
EST 1	29,66° N	122,50° E	48,5	2 166	–
EST 2	29,94° N	122,12° E	48,4	2 185	2 166
EST 3	30,22° N	121,73° E	48,4	2 166	2 185
EST 4	30,50° N	121,35° E	48,3	2 185	2 166
EST 5	30,78° N	120,96° E	–	–	2 185

Puntería del acimut de caso más desfavorable: 49,9° con respecto al receptor 4.

FIGURA 3a

Espectro de potencia normalizado de la portadora del sistema con MDF-MF de 960 canales

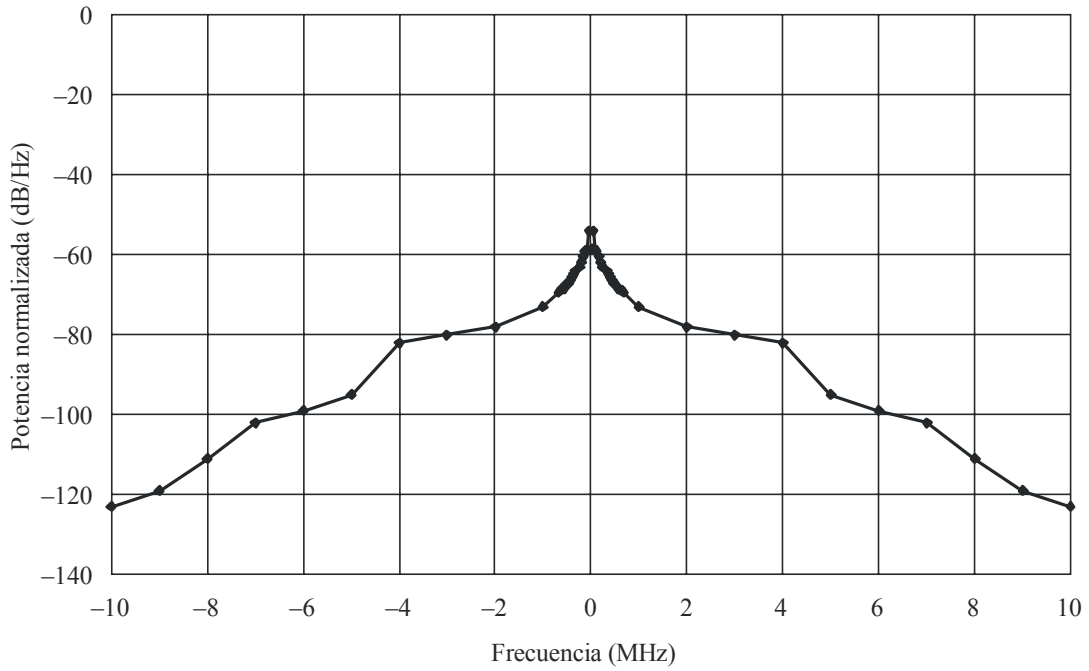
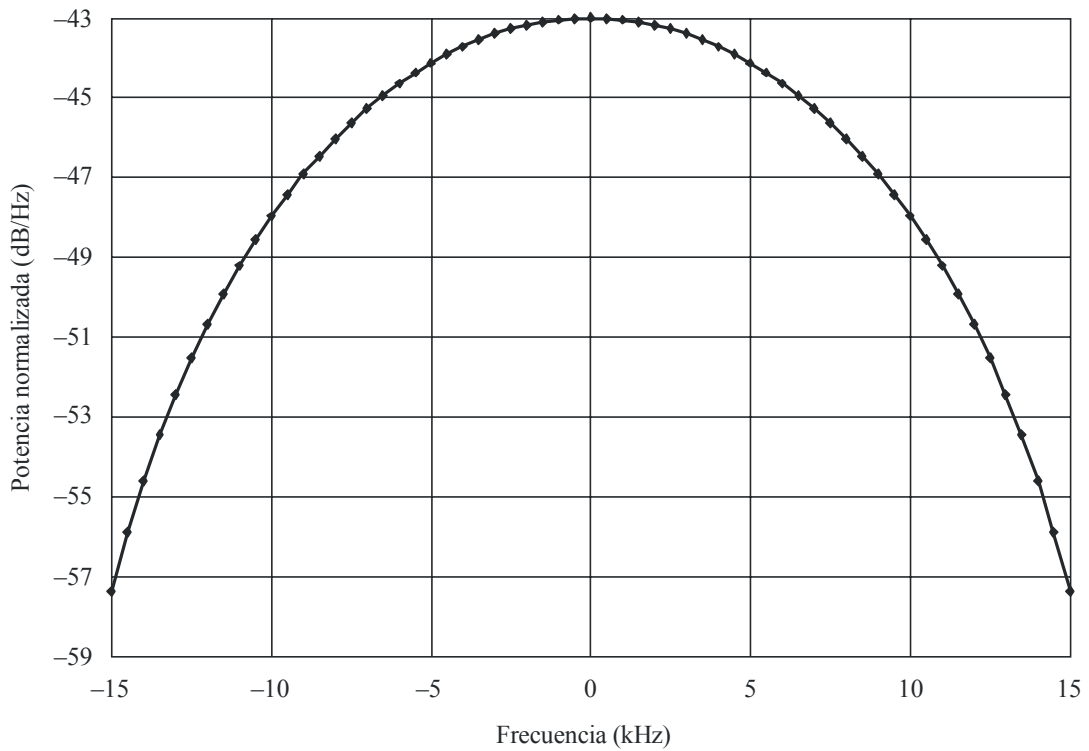


FIGURA 3b

Espectro de potencia normalizado de la portadora con AMDT/MDP-4 del sistema LEO-F de 25 kHz



4 Parámetros del sistema LEO-F

A efectos de simulación, se ha supuesto un haz puntual con una p.i.r.e. de 32,2 dBW, una anchura de haz a 3 dB de 3,4° y un diagrama fuera del eje de $-12 (\theta/\theta_0)^2$ (dB). El resto de parámetros del sistema LEO-F figuran en el Cuadro 3.

CUADRO 3
Parámetros del sistema LEO-F

a) Detalles de la constelación

Número de satélites	10
Altitud (km)	10 355
Número de planos orbitales	2
Inclinación orbital (grados)	45
Número de satélites por plano	5
Diferencia de fase entre planos (grados)	0
Diferencia de fase dentro del plano (grados)	72

b) Bandas de frecuencias (enlaces de servicio)

Tierra-espacio (MHz)	1 980-2 010
Espacio-Tierra (MHz)	2 170-2 200

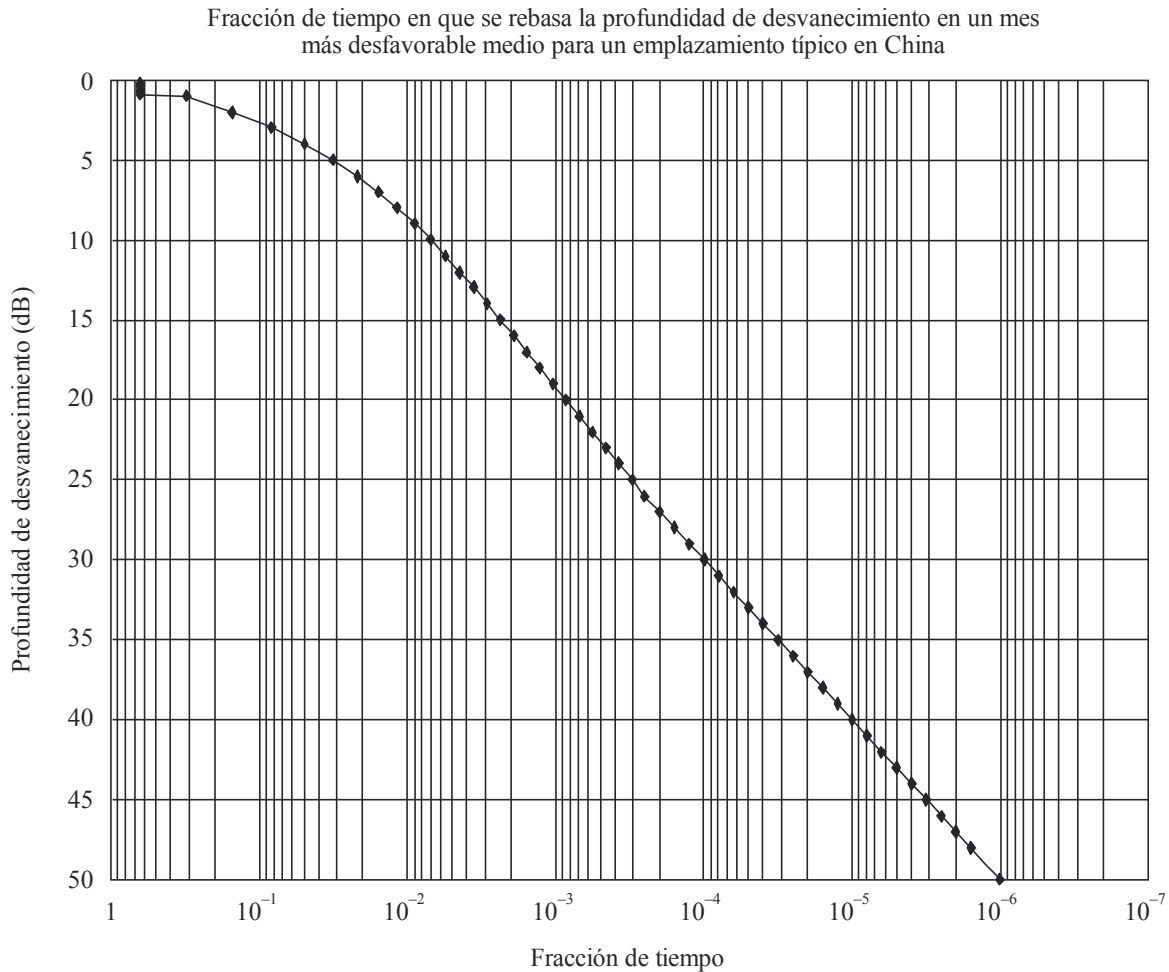
c) Haces por satélite/tráfico por portadora

Número de haces puntuales	163
Tipo de portadora	AMDT/AMDF
Velocidad de símbolos en la portadora (ksímbolos/s)	18
Anchura de banda atribuida a la portadora (kHz)	25
p.i.r.e. de haz/portadora (dBW)	32,2
Número de intervalos de señal vocal/ráfaga AMDT	6
Máxima capacidad del satélite	4 500 canales vocales
Máxima carga de tráfico por haz	1 MHz/2 MHz

5 Distribución del desvanecimiento en el servicio fijo

Se ha utilizado la Recomendación UIT-R P.530 a fin de evaluar la distribución del desvanecimiento para diversos porcentajes de tiempo. En la Fig. 4 aparece la distribución del desvanecimiento típica en el emplazamiento en China a 30,78° N de latitud y 129,96° E de longitud para diversos porcentajes de tiempo.

FIGURA 4
Profundidad de desvanecimiento en función del tiempo



1472-04

6 Valores del factor B

En la Fig. 5 aparecen los valores del factor B para distintos desplazamientos de frecuencia, obtenidos realizando la convolución del espectro de potencia del sistema con MDF-MF de 960 canales con una portadora MDP-4/AMDT de 25 kHz.

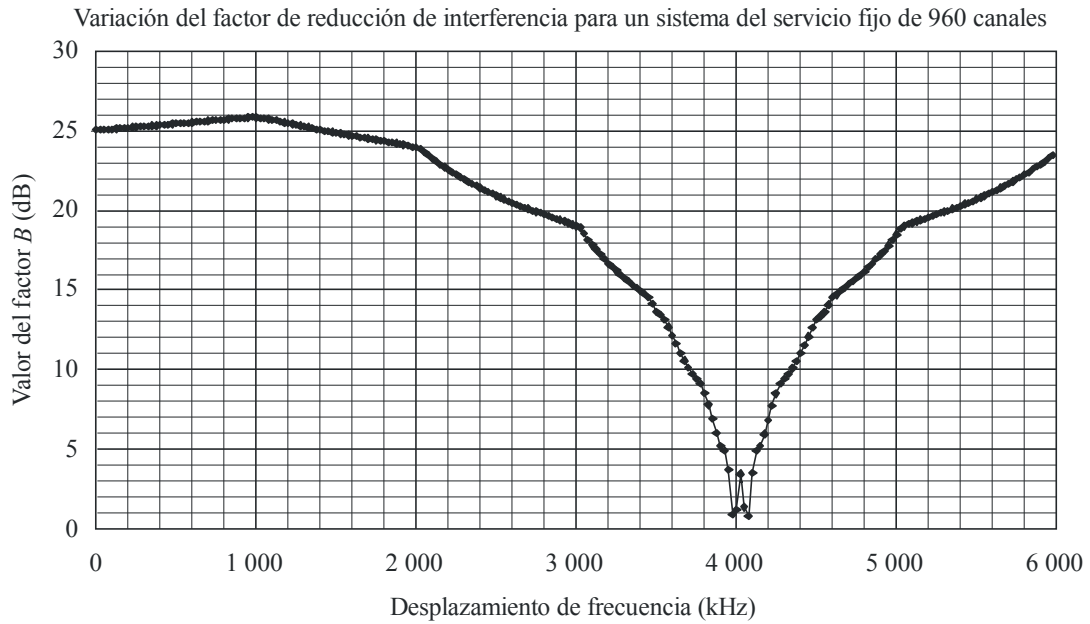
7 Resultados de la simulación

La simulación se llevó a cabo para el ángulo acimutal de caso más desfavorable con un intervalo de tiempo de 50 s. La duración total de la simulación fue de 50 días. La distribución de la interferencia más los valores de potencia de ruido térmico para diversos porcentajes de tiempo se representan en la Fig. 6.

Los valores de ruido de interferencia en el sistema con MDF-MF se comparan con los objetivos de la Recomendación UIT-R F.393 que se han distribuido linealmente en este ejemplo. Puede observarse que se satisfacen holgadamente tanto los objetivos de calidad de funcionamiento a largo plazo como a corto plazo. La hipótesis de distribución lineal debe ser objeto de más estudio.

FIGURA 5

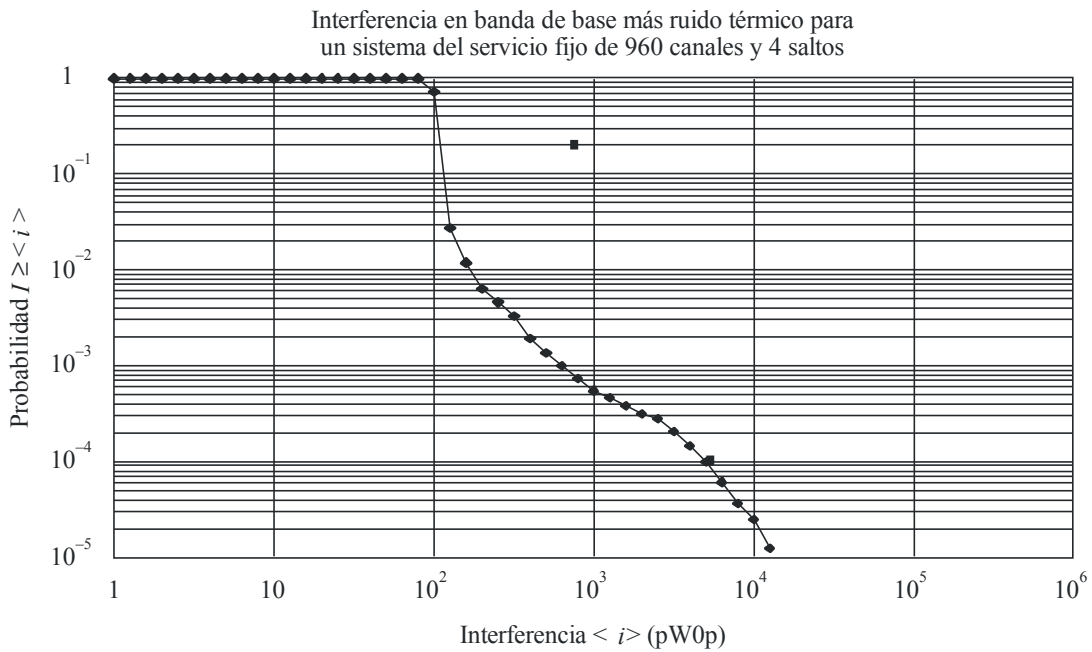
Valores del factor B en función de la separación de frecuencia para un sistema con MDF-MF



1472-05

FIGURA 6

Distribución de la interferencia en banda de base y del ruido térmico para un sistema con MDF-MF



- ◆— Serie 1
- Recomendación UIT-R F.393

1472-06