

RECOMENDACIÓN UIT-R M.1319-1*

BASE DE UNA METODOLOGÍA PARA EVALUAR LA REPERCUSIÓN DE LA INTERFERENCIA CAUSADA POR UN SISTEMA DE SATÉLITES DEL SERVICIO MÓVIL POR SATÉLITE (SMS) CON ACCESO MÚLTIPLE POR DIVISIÓN EN TIEMPO/ACCESO MÚLTIPLE POR DIVISIÓN EN FRECUENCIA (AMDT/AMDF) QUE FUNCIONA EN LA GAMA DE 2 GHz SOBRE LA CALIDAD DE FUNCIONAMIENTO DE LOS RECEPTORES DEL SERVICIO FIJO CON VISIBILIDAD DIRECTA**

(Cuestiones UIT-R 201/8 y UIT-R 118/9)

(1997-2000)

La Asamblea de Radiocomunicaciones de la UIT,

considerando

- a) 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) y al servicio fijo a título primario con igualdad de derechos;
- b) que las transmisiones desde satélites del SMS podrían causar interferencia no admisible a receptores del servicio fijo con visibilidad directa que funcionan en estas bandas;
- c) que en dicha interferencia intervienen fenómenos que varían en el tiempo, tales como la geometría de interferencia, las condiciones de propagación y el tráfico del SMS;
- d) que la simulación es la forma más común de evaluar dicha interferencia;
- e) que la repercusión y la aceptabilidad de dicha interferencia pueden evaluarse en la mayoría de los casos en coordinación bilateral detallada estudiando mediante simulación por computador las estadísticas de C/N , C/I y $C/(N+I)$ descritas en la Recomendación UIT-R M.1143;
- f) que en la Resolución 716 (Rev.CMR-2000) se estipula la necesidad de apelar para elaborar y proporcionar a las administraciones oportunamente los instrumentos para evaluar el efecto de la interferencia en la coordinación detallada de los sistemas móviles por satélite;
- g) que se necesita asistencia para utilizar dichos instrumentos por los países en desarrollo,

recomienda

1 que la metodología del Anexo 1 se utilice como base para elaborar instrumentos de simulación por computador destinados a la coordinación bilateral detallada, en cumplimiento del número S9.11A del RR, entre las partes interesadas a fin de permitir una evaluación detallada de la repercusión de la interferencia causada por un sistema de satélites del SMS con AMDT/AMDF en las atribuciones del SMS de 2 GHz a sistemas del servicio fijo con visibilidad directa analógicos o digitales, teniendo en cuenta las características específicas de los correspondientes sistemas del SMS y del servicio fijo (véanse las Notas 1, 2 y 3).

NOTA 1 – La aplicación de la metodología de esta Recomendación exigirá la elaboración de algoritmos o procedimientos de cálculo para tratar la introducción de las consideraciones descritas. El uso o la adaptación de estos algoritmos o procedimientos en cualquier coordinación bilateral estaría sujeto al acuerdo de las partes interesadas.

* Esta Recomendación fue realizada conjuntamente por las Comisiones de Estudio 8 y 9 de Radiocomunicaciones, que también se ocuparán conjuntamente de cualquier futura revisión.

** Se necesita más estudio de las redes del SMS que utilizan acceso múltiple por división de código (AMDC).

NOTA 2 – En los países en los que hay en funcionamiento un gran número de sistemas del servicio fijo, puede ser suficiente aplicar el análisis a un conjunto representativo de los sistemas del servicio fijo existentes, utilizando parámetros reales del servicio fijo, teniendo en cuenta especialmente aquellos sistemas del servicio fijo que probablemente sean más sensibles a la interferencia. Los sistemas del servicio fijo más sensibles suelen ser los orientados en direcciones próximas al acimut del caso más desfavorable; esta dirección puede establecerse sobre la base de las características orbitales del sistema del SMS. Sin embargo, este asunto exigirá acuerdo entre las partes interesadas.

NOTA 3 – En el caso de los sistemas del SMS OSG los cálculos se simplifican significativamente, pues no es necesario simular los mecanismos orbitales de la constelación del SMS, si bien es posible que haya que considerar el potencial de interferencia de múltiples satélites del SMS OSG al evaluar la repercusión de la interferencia.

ANEXO 1

1 Introducción

En la compartición entre el SMS y el servicio fijo intervienen fenómenos que varían en el tiempo, tales como la geometría de interferencia, las condiciones de propagación, etc. La simulación es la forma más común de evaluar la interferencia entre los sistemas del SMS y del servicio fijo. El resultado de dichas simulaciones suele darse en forma de estadísticas de C/I , C/N y $C/(N+I)$ presentadas normalmente como una función de distribución acumulativa, por ejemplo, como la descrita en el Anexo 3 de la Recomendación UIT-R M.1143.

Los objetivos correspondientes de calidad de funcionamiento en banda base para un sistema del servicio fijo digital o analógico pueden en general convertirse en una relación $C/(N+I)$ requerida (véase la Nota 1 a continuación). Por ejemplo, para un sistema del servicio fijo digital, la especificación de banda base suele ser un requisito de la BER que no ha de excederse durante un cierto porcentaje de tiempo. El requisito de BER de banda base puede convertirse, a partir de curvas de referencia tales como las contenidas en la Recomendación UIT-R SF.766 o de especificaciones de módems reales en un valor de E_b/N_0 requerido, que a su vez puede convertirse en un requisito de $C/(N+I)$ a la entrada del receptor. De forma similar, los requisitos de banda base para sistemas del servicio fijo de multiplexaje por distribución de frecuencia/modulación de frecuencia (MDF/MF) y TV/MF expresados en forma de ruido de banda base total o S/N de banda base pueden convertirse en un requisito $C/(N+I)$ a la entrada del receptor.

NOTA 1 – Aunque la calidad de funcionamiento de los sistemas de relevadores radioeléctricos debe, en principio, estar relacionada con una magnitud que puede describirse como $C/(N+I)$, la validez de dichas relaciones depende de que se tenga el valor apropiado para el ruido del sistema equivalente total, N .

Estos objetivos de calidad de funcionamiento en radiofrecuencia equivalentes pueden llevarse a las representaciones de distribución acumulativa de $C/(N+I)$ y compararse con las curvas de simulación de C/N y $C/(N+I)$ para determinar si la interferencia procedente de satélites del SMS es o no aceptable.

El método descrito a continuación, aunque exige considerable simulación por computador, es relativamente sencillo de realizar en soporte lógico, ya que todos los cálculos y comparaciones se efectúan en el dominio de la radiofrecuencia. La metodología aquí descrita debe utilizarse por lo general en la fase de coordinación detallada entre las administraciones, cuando se requiere coordinación y se desencadena ésta en aplicación del número S9.11A del RR, a fin de determinar si la interferencia puede o no ser aceptada en el contexto de información de un sistema del servicio fijo real y de los objetivos de calidad de funcionamiento y disponibilidad pertinentes del UIT-R.

Cuando se evalúa una red del SMS que utiliza AMDT/AMDF, la potencia de señal interferente combinada en una anchura de banda de referencia de 1 MHz (o menor) para estaciones fijas debe suponerse generada sólo por la red concreta considerada, en la hipótesis de que las emisiones de estos sistemas del SMS no se intercalarían dentro de ningún segmento de 1 MHz del espectro.

2 Metodología

2.1 Generación de los requisitos de $C/(N + I)$ deseados para un sistema del servicio fijo

Los objetivos de calidad de funcionamiento en banda base pertinentes de un determinado sistema del servicio fijo digital o analógico pueden en general convertirse en una $C/(N + I)$ requerida, como se indica a continuación.

La Recomendación UIT-R F.393 especifica requisitos de calidad de funcionamiento para sistemas del servicio fijo de MDF/MF analógicos expresados en forma de ruido de banda base total en un determinado canal telefónico para diversos porcentajes de tiempo. Estos requisitos de banda base para el circuito de referencia pueden convertirse, mediante la ecuación normalizada que da C/N en función de S/N en MF, en requisitos de $C/(N + I)$ equivalentes.

La Recomendación UIT-R F.555 especifica requisitos de calidad de funcionamiento para sistemas del servicio fijo de TV/MF expresados en forma de S/N requerida en un determinado canal de vídeo para diversos porcentajes de tiempo. Estos requisitos de banda base para el circuito de referencia pueden convertirse, mediante la ecuación normalizada que da C/N en función de S/N en MF, en requisitos de $C/(N + I)$ equivalentes.

Las Recomendaciones UIT-R F.634, UIT-R F.695, UIT-R F.696, UIT-R F.697 y UIT-R F.557 especifican los objetivos de calidad de funcionamiento de la red (objetivos de característica de error y la disponibilidad) para los sistemas digitales existentes de grado alto, medio y local de la red digital de servicios integrados expresados en forma de BER requerida para diversos porcentajes de tiempo. Estos requisitos de banda base para el circuito de referencia pueden convertirse, mediante las curvas de referencia normalizadas de la Recomendación UIT-R SF.766, en requisitos de $C/(N + I)$ equivalentes.

La generación de los requisitos $C/(N + I)$ para los nuevos sistemas del servicio fijo digitales debe basarse en las Recomendaciones UIT-R F.1092 y UIT-R F.1189 y revisiones posteriores.

Deben utilizarse las características de un módem de receptor de servicio fijo real, cuando se disponga de ellas, en la conversión de un objetivo de calidad de funcionamiento en banda base en $C/(N + I)$. Cuando no esté disponible esta información, pueden utilizarse las características técnicas de la Recomendación UIT-R F.766, y debe acordarse un margen de realización entre las partes.

2.2 Generación de estadísticas de C/I , C/N y $C/(N + I)$ para un sistema del servicio fijo

Paso 1: Cálculo en cada intervalo de tiempo del nivel de portadora recibido, C , en cada estación receptora del servicio fijo en una ruta del servicio fijo de múltiples saltos con el desvanecimiento multitrayecto tenido en cuenta en ese salto concreto.

a) El nivel de portadora recibido, C , en cada estación se calcula a partir de la correspondiente p.i.r.e. de la estación transmisora del servicio fijo, de la pérdida en espacio libre correspondiente a la longitud de trayecto considerada y a la pérdida de propagación por desvanecimiento multitrayecto aplicable a ese salto concreto, de la ganancia de antena receptora del servicio fijo y de las pérdidas de alimentación del servicio fijo en recepción.

b) El desvanecimiento multitrayecto se tiene en cuenta utilizando un predictor de profundidad de desvanecimiento aleatorio, cuya salida es consecuente con la distribución estadística obtenida a partir del modelo de desvanecimiento multitrayecto de la Recomendación UIT-R P.530. El predictor de desvanecimiento aleatorio genera profundidades de desvanecimiento en cada intervalo de tiempo pertinente en la simulación, de manera que la distribución estadística de los desvanecimientos generados es consecuente con la distribución predicha para ese trayecto. El predictor de profundidad de desvanecimiento requiere información sobre la longitud del trayecto, la inclinación del mismo, la frecuencia y el número de factores geoclimáticos especificados en la citada Recomendación apropiados a la situación geográfica concreta del salto de servicio fijo. El intervalo de tiempo especificado para el predictor de profundidad de desvanecimiento puede en general ser diferente del requerido para la evaluación de la interferencia, ya que este último proceso suele tener una variación más lenta. Para sistemas del servicio fijo digitales típicos de 2 GHz, no es normalmente necesario incluir un margen para otros tipos de desvanecimiento.

c) En algunos casos, los saltos del servicio fijo pueden no tener primer despejamiento de zona de Fresnel. En dichos casos, es apropiado añadir un factor de pérdida adicional a la pérdida en espacio libre y a la pérdida por desvanecimiento multitrayecto. Este factor debe basarse en datos medidos, cuando se disponga de ellos.

d) En los casos en que se disponga de datos de propagación medidos estadísticamente válidos para los distintos saltos de servicio fijo, estos datos podrían utilizarse en lugar de los modelos de propagación antes indicados en a), b), y c), por acuerdo entre las partes interesadas. Puede resultar posible en algunos casos, por ejemplo, sobre la base de datos medidos, tener en cuenta las variaciones diarias y/o estacionales en el comportamiento de propagación con desvanecimiento multitrayecto.

e) Debe prestarse consideración a la incursión en el ruido total, N , de un margen para la interferencia intrasistema e intraservicio dentro del servicio fijo, así como a las contribuciones de otros servicios a título primario compartido (distintos del SMS) (véase la Nota 1 siguiente). El valor de este margen debe ser determinado por las partes interesadas. Debe señalarse que la Recomendación UIT-R F.1094 especifica que el valor admisible máximo de la característica de error y de la degradación de disponibilidad causadas a los sistemas del servicio fijo digitales por emisiones procedentes de servicios que comparten frecuencias a título primario no debe exceder del 10% de los objetivos de calidad de funcionamiento de la red.

NOTA 1 – En el ruido equivalente total están incluidos, además de las contribuciones que tienen en cuenta el ruido térmico y el ruido del receptor en los receptores, factores que tienen en cuenta la interferencia intraservicio y factores adicionales dependientes del tipo de sistema del servicio fijo. En los sistemas digitales, pueden necesitarse factores que tengan en cuenta las imperfecciones de realización del receptor, cuando se utilizan características ideales del módem. En los sistemas de radioenlaces de MF analógicos utilizados en telefonía, se necesitan factores que tengan en cuenta el ruido de distorsión de intermodulación y las contribuciones de componentes de sistemas tales como multiplexores/demultiplexores, y de los enlaces de entrada. En los sistemas de radioenlaces analógicos utilizados en televisión, puede ser necesario considerar factores adicionales.

Paso 2: Cálculo en cada intervalo de tiempo de la potencia de señal interferente, I , en cada estación receptora del servicio fijo en una ruta del servicio fijo de múltiples saltos debida a cada portadora interferente del SMS con AMDT/AMDF dentro de la anchura de banda ocupada de la portadora del servicio fijo producida por cada haz puntual de cada satélite del SMS visible, 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.

a) Las posiciones orbitales de cada uno de los satélites del SMS no OSG pueden ser predichas por un predictor de órbita teniendo en cuenta la precesión real o forzada de las órbitas. La posición orbital de un satélite OSG se fija a una longitud dada en la órbita geostacionaria.

b) La pérdida en espacio libre en el trayecto interferente producida por cada satélite del SMS visible a cada estación visible del servicio fijo puede calcularse conociendo la magnitud del vector alcance.

c) Cada haz puntual de satélite del SMS en cada satélite del SMS puede venir caracterizado por diagramas de referencia o por diagramas de antena realmente medidos o previstos.

d) Para cada haz puntual de satélite del SMS por satélite, la ganancia de antena de un haz puntual de satélite hacia cada estación del servicio fijo puede calcularse conociendo la posición relativa instantánea del satélite del SMS con respecto a la estación del servicio fijo y la dirección de puntería del haz puntual de satélite considerado.

e) Cada estación receptora del servicio fijo puede normalmente venir descrita por el diagrama de la Recomendación UIT-R F.1245 o por el diagrama de antena real o una fórmula. En el caso de los sistemas del SMS OSG, la Recomendación UIT-R F.699 puede ser más adecuada.

f) Para cada estación receptora del servicio fijo la ganancia de antena de recepción hacia cada satélite visible puede calcularse conociendo la posición relativa instantánea del satélite del SMS con respecto a la estación del servicio fijo y la dirección de puntería de la antena del servicio fijo considerada.

g) Sobre la base de predicciones realistas de las distribuciones de tráfico de abonado diarias y geográficas, y la asignación de tráfico de haz puntual de satélite dependiente del sistema, el tráfico total transportado en cada haz puntual de cada satélite del SMS puede ser identificado por la parte del SMS utilizando algoritmos propietarios o representativos. Sobre la base de las limitaciones de reutilización de frecuencias internas dependientes del sistema para el sistema de satélites del SMS, puede análogamente identificarse si es necesario el plan nominal de frecuencias aplicable a cada haz puntual de cada satélite del SMS.

h) Para cada estación receptora del servicio fijo, la potencia interferente causada por todas las portadoras del SMS con AMDT/AMDF en cualquier haz puntual de cualquier satélite del SMS visible que se superponga a la anchura de banda de portadora ocupada del servicio fijo puede acumularse teniendo en cuenta la discriminación de antena del haz puntual de satélite del SMS, la discriminación de la antena del servicio fijo y la pérdida de alcance. Puede bastar tener en cuenta haces puntuales de satélite del SMS cuya dirección de puntería esté dentro de un cierto ángulo con respecto al eje desde el vector a la estación del servicio fijo víctima.

i) Como los sistemas de satélites del SMS y los sistemas del servicio fijo emplearán normalmente polarizaciones circulares y lineales respectivamente, es pertinente considerar la discriminación de polarización disponible. Concretamente, si el vector de puntería del haz puntual del SMS y el vector de dirección de puntería de la antena del servicio fijo de recepción están dentro de un margen angular especificado (normalmente dentro de las aberturas de haz a 3 dB de ambas antenas), puede calcularse una ventaja de polarización teniendo en cuenta la información sobre los diagramas contrapolares reales del haz puntual de satélite del SMS y de las antenas del servicio fijo, o alternativamente puede utilizarse a tal fin la Recomendación UIT-R F.1245. En el caso de los sistemas del SMS OSG, la Recomendación UIT-R F.699 puede ser más adecuada.

Paso 3: Cálculo de la potencia de ruido equivalente total, N . El ruido térmico en cada estación receptora del servicio fijo puede calcularse si se conoce la temperatura de ruido de un sistema del servicio fijo, teniendo en cuenta el factor de ruido del receptor, las pérdidas de alimentación y la temperatura de ruido de la antena.

Paso 4: Cálculo en cada intervalo de tiempo de C/I (debida a todas las portadoras activas del SMS interferentes pertinentes producidas por cada haz puntual pertinente de cada satélite del SMS visible), C/N y $C/(N+I)$ en cada estación receptora del servicio fijo.

Paso 5: Cálculo en cada intervalo de tiempo de C/I , C/N y $C/(N+I)$ por adición inversa de los valores de C/N , C/I y $C/(N+I)$ calculados en el Paso 4 de cada estación receptora del servicio fijo y las C/N , C/I y $C(N+I)$ globales en la estación receptora terminal del servicio fijo en el sistema del servicio fijo considerado.

Paso 6: Los pasos anteriores se repiten para cada intervalo de tiempo durante un periodo estadísticamente válido consecuente con un periodo de ciclo orbital completo o equivalente de la constelación de satélites del SMS y un periodo representativo para el comportamiento del desvanecimiento multirayecto del servicio fijo. (En el caso de los satélites OSG, este será igual al periodo representativo para el desvanecimiento multirayecto.) Un método para comprobar la validez estadística es asegurar que las estadísticas al nivel requerido no son influenciadas significativamente por intervalos de tiempo adicionales. La aplicación de los métodos adicionales de la Recomendación UIT-R F.1108 puede también ser de utilidad para esta evaluación.

Paso 7: Si hay múltiples sistemas del servicio fijo en el país interesado, que pueden ser afectados por el sistema de satélites del SMS, resultaría posible llevar a cabo los Pasos 1 a 6 anteriores en paralelo para cada uno de estos sistemas del servicio fijo durante la simulación.

Paso 8: Finalmente, para cada sistema del servicio fijo considerado puede representarse la distribución acumulativa de C/I , C/N y $C/(N+I)$. Las curvas de C/N (en ausencia de interferencia) y de $C/(N+I)$ pueden entonces compararse con los objetivos de calidad de funcionamiento deseados del UIT-R.

NOTA 1 – En el caso de los satélites del SMS no OSG, el intervalo de tiempo elegido para la evaluación de la interferencia debe ser suficientemente pequeño para permitir considerar múltiples muestras de visibilidad de satélites del SMS no OSG dentro del haz principal de las distintas estaciones del servicio fijo a considerar. La selección del intervalo de tiempo apropiado es función de los parámetros orbitales de la constelación de satélites del SMS no OSG, de la ubicación de las estaciones del servicio fijo y de las aberturas de los haces de antena del servicio fijo.

NOTA 2 – En el caso de los satélites del SMS no OSG, el periodo de simulación debe ser suficientemente largo para permitir considerar un periodo de ciclo completo del satélite del SMS no OSG. Para la consideración de los efectos de la uniformidad de la interferencia causada por una constelación de satélites del SMS no OSG durante un mes, puede ser de utilidad la orientación del Anexo 5 a la Recomendación UIT-R F.1108. Teniendo en cuenta estos factores, para una constelación de satélites del SMS no OSG que presenten una precesión orbital relativamente lenta, puede ser preferible establecer una velocidad de precesión forzada para permitir la simulación del periodo del ciclo completo en un tiempo de simulación transcurrido razonable.

NOTA 3 – Los objetivos de calidad de funcionamiento del servicio fijo especificados en todas las Recomendaciones UIT-R pertinentes sólo son aplicables durante el tiempo disponible, definiéndose la disponibilidad en las correspondientes Recomendaciones UIT-R. Durante los periodos de indisponibilidad inducida de la propagación, no es pertinente considerar la repercusión de la interferencia. Sin embargo, este factor puede ser ignorado en la presente metodología si la interferencia causada por el sistema del SMS permite al sistema del servicio fijo cumplir todos sus requisitos de los objetivos de característica de error del UIT-R.

NOTA 4 – La convolución de las distribuciones de C e I con N puede también utilizarse para generar una distribución de $C/(N+I)$ para un sistema del servicio fijo de un solo salto. En el caso de los satélites del SMS no OSG, véase asimismo el Anexo 6 a la Recomendación UIT-R F.1108.

2.3 Consideración del análisis

Paso 1: Si se cumplen los objetivos de calidad de funcionamiento de las Recomendaciones UIT-R aplicables para cada sistema del servicio fijo considerado en presencia de la degradación de calidad de funcionamiento incremental inducida por interferencia por el sistema de satélites del SMS, ello debe facilitar la compleción satisfactoria de los aspectos técnicos de la coordinación de frecuencias.

Paso 2: En algunos casos, puede ser necesario realizar más estudios para determinar si es aceptable o no la interferencia procedente del sistema de satélites del SMS, antes de la consideración de otras medidas de compartición de las cargas.
