

RECOMENDACIÓN UIT-R M.1474* **

Metodología para evaluar la repercusión 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 2 GHz sobre la calidad de funcionamiento en la banda de base en receptores digitales del servicio fijo con visibilidad directa, basándose en las estadísticas de interferencia en radiofrecuencia

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

(2000)

La Asamblea de Radiocomunicaciones de la UIT,

considerando

- a) que el SMS (Tierra-espacio) y el servicio fijo tienen frecuencias atribuidas a título primario y con igualdad de derechos en las bandas 1980-2010 MHz y 2170-2200 MHz en todas las Regiones, y en las bandas 2010-2025 MHz y 2160-2170 MHz en la Región 2 sujetas a las fechas de entrada en vigor mencionadas en las disposiciones de los números 5.389A y 5.389C del RR;
- b) que las transmisiones desde satélites del servicio móvil podrían causar interferencias a los receptores del servicio fijo con visibilidad directa que funcionan en estas bandas;
- c) que las transmisiones desde los satélites del servicio móvil y las estaciones terrenas móviles (ETM) asociadas podrían causar interferencias a los receptores del servicio fijo con visibilidad directa que funcionan en estas bandas;
- d) que en esas interferencias intervienen fenómenos que varían en el tiempo, tales como la geometría de la interferencia, las condiciones de propagación y el tráfico del SMS;
- e) que la simulación suele ser la única forma de evaluar con exactitud esas interferencias;
- f) que el resultado de esas simulaciones suele darse en forma de estadísticas de C/I , C/N y $C/(N+I)$;
- g) que la repercusión de esas interferencias puede a menudo evaluarse estudiando únicamente las estadísticas sobre radiofrecuencias;
- h) que, en situaciones críticas, es necesario evaluar la repercusión de la interferencia sobre los objetivos de calidad de la banda base del servicio fijo,

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

** La Comisión de Estudio 8 de Radiocomunicaciones efectuó modificaciones de redacción en esta Recomendación en 2004 de conformidad con la Resolución UIT-R 44.

recomienda

1 que se utilice la metodología del Anexo 1 como orientación en la coordinación bilateral detallada destinada a la evaluación inicial del efecto de la interferencia causada por los satélites del SMS AMDT/AMDF y las ETM asociadas, que funcionan en las atribuciones del SMS a 2 GHz, sobre la calidad de la banda base en receptores del servicio fijo con visibilidad directa digitales basándose en las estadísticas de interferencia en radiofrecuencia.

NOTA 1 – Se considera que las metodologías presentadas en el Anexo 1 son provisionales. Se invita a las administraciones a presentar contribuciones a dicho Anexo con miras a un futuro desarrollo de estas metodologías.

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 la interferencia, las condiciones de propagación, etc. La simulación es generalmente la única forma de evaluar con exactitud la interferencia entre sistemas del SMS y el servicio fijo. El resultado de dichas simulaciones suele darse en forma de estadísticas de C/I , C/N y $C/(N+I)$ en radiofrecuencia presentadas normalmente como una función de distribución acumulativa.

En la Recomendación UIT-R M.1319 se presenta una metodología según la cual, entre otras cosas, los objetivos de la BER para sistemas digitales del servicio fijo pueden convertirse en requisitos equivalentes de $C/(N+I)$ en radiofrecuencia para un porcentaje de tiempo asociado. Estos objetivos de calidad de funcionamiento equivalentes en radiofrecuencia se llevan a las representaciones de distribución acumulativa de $C/(N+I)$ para determinar si la interferencia procedente de los satélites del SMS es aceptable.

El método descrito en la Recomendación UIT-R M.1319, aunque exige mucha 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 de la mencionada Recomendación debe utilizarse en la fase de coordinación detallada entre las administraciones, cuando se requiere oficialmente coordinación y se desencadena ésta en aplicación del Artículo 9 del RR y del Apéndice 5 del RR, a fin de determinar si la interferencia es o no aceptable, teniendo en cuenta la información sobre el sistema del servicio fijo y los objetivos de calidad de funcionamiento y disponibilidad pertinentes del UIT-R.

En ciertos casos, durante la fase de coordinación bilateral, puede ser necesario que las partes interesadas vuelvan a examinar la repercusión de la interferencia del SMS sobre los objetivos de calidad de funcionamiento de los sistemas digitales del servicio fijo. Esto puede ocurrir cuando los resultados del método de simulación descrito en la Recomendación UIT-R M.1319 no son lo suficientemente definitivos para concluir la coordinación de frecuencias.

Este Anexo tiene por finalidad describir metodologías para convertir las estadísticas de $C/(N+I)$ en radiofrecuencia en mediciones de la calidad de funcionamiento en banda base para portadoras digitales del servicio fijo.

2 Conversión de $C/(N + I)$ en BER

Un valor $C/(N + I)$ puede convertirse en una proporción de símbolos erróneos (SER, *symbol error ratio*) equivalente, utilizando las ecuaciones o curvas indicadas en la Recomendación UIT-R SF.766. Por ejemplo, para una portadora con MDP- M :

$$SER = \operatorname{erfc} \left(\sqrt{\log_2(M) \gamma_b} \operatorname{sen} \frac{\pi}{M} \right) \quad (1)$$

donde:

$$\gamma_b = E_b/(N_0 + I_0) = [C/(N + I)](B/R) \text{ (proporción numérica)}$$

B : anchura de banda de ruido del receptor servicio fijo

R : velocidad binaria

M : número de estados.

La SER puede convertirse entonces en BER suponiendo que $BER = SER/\log_2(M)$.

3 Otros objetivos de calidad de funcionamiento

Otros objetivos comunes de la calidad de funcionamiento digital del servicio fijo (aparte de la BER) son los siguientes:

- indisponibilidad;
- tasa de segundos con errores (ESR, *errored second ratio*);
- tasa de segundos con muchos errores (SESR, *severely errored second ratio*);
- tasa de errores de bloque de fondo (BBER, *background block error ratio*).

La evaluación precisa de estas medidas requiere la comprobación continua de la calidad de funcionamiento del sistema del servicio fijo. En una simulación, esto conllevaría intervalos de tiempo muy pequeños, del orden de los milisegundos, lo cual puede ser imposible en un programa informático que simula la interferencia causada por un sistema del SMS no OSG en receptores del servicio fijo debido a la necesidad de modelar también las variaciones a largo plazo, ya que el tiempo de ejecución podría resultar prohibitivo.

Por este motivo, se propone que las medidas de calidad de funcionamiento citadas se evalúen mediante un método basado en el promedio, es decir, suponiendo que la BER es constante entre muestras de tiempo. Además, se supone que los errores en los bits se reparten uniformemente en el tiempo. Ese método dará en general estimaciones conservadoras, ya que los errores en los bits se repartirán entre un número máximo de bloques (véase la definición de bloque en el § 3.2); con una mayor variación en el agrupamiento de los errores en los bits quedarán afectados menos bloques (suponiendo que se da el número total de errores en los bits). En los puntos siguientes se describen métodos que pueden utilizarse para dicha evaluación.

3.1 Indisponibilidad

En la Recomendación UIT-R F.557 se define la indisponibilidad para los enlaces digitales del servicio fijo:

«El periodo de indisponibilidad comienza con el inicio de diez acontecimientos consecutivos de segundos con muchos errores, en al menos un sentido de transmisión. Estos 10 s se consideran tiempo indisponible. Para la definición de segundo con muchos errores, véanse las Recomendaciones UIT-T G.821 y UIT-T G.826 conexas.

Un nuevo periodo de disponibilidad comienza con el inicio de diez acontecimientos consecutivos que no tienen segundo con muchos errores en ambos sentidos de transmisión. Estos 10 s se consideran tiempo disponible. Para la definición de segundo con muchos errores, véanse las Recomendaciones UIT-T G.821 y UIT-T G.826 conexas.»

Como se supone que la única información disponible es la función de densidad de probabilidad de $C/(N+I)$, debe utilizarse un método simplificado. Por lo tanto, la indisponibilidad se calculará como el porcentaje de tiempo en que la BER excede de 1×10^{-3} . El tiempo indisponible T_U (s) es entonces:

$$T_U = N_s \sum_{i=a}^x pdf_i \quad (2)$$

donde:

- N_s : tiempo de simulación total (s)
- pdf_i : función de densidad de probabilidad calculada de $C/(N+I)$
- a : valor $C/(N+I)$ más pequeño representado en la distribución
- x : valor de $C/(N+I)$ correspondiente a $BER = 1 \times 10^{-3}$.

Por consiguiente, la indisponibilidad es: $100 T_U/N_s$ (en valor porcentual).

3.2 Segundos con errores

En la Recomendación UIT-T G.826 se define el segundo con errores como un «periodo de un segundo con uno o más bloques con errores o por lo menos con un defecto». Se define un bloque con errores como un bloque en el cual uno o más bits tienen errores. En el cálculo de ESR se debe considerar únicamente el tiempo disponible:

$$ESR = \frac{ES}{N_s - T_U} \quad (3)$$

donde ES es el número de segundos con errores durante el tiempo disponible.

El número de segundos con errores durante el tiempo disponible puede calcularse de la manera siguiente:

$$ES = N_s \sum_{i=x}^b pdf_i \min \left[1, BlockE_s(i) \right] \quad (4)$$

donde:

- b : mayor valor de $C/(N+I)$ representado en la distribución
- $BlockE_s(i)$: número medio de errores en los bloques por segundo para $C/(N+I) = i$.
Obsérvese que si el número medio de errores en los bloques por segundo es superior a 1, se considera que, para $C/(N+I) = i$, todos los segundos tienen errores

$$BlockE_s(i) = N_{Blocks/s} \min \left[1, BE_{Block}(i) \right] \quad (5)$$

donde:

- $N_{Blocks/s}$: número de bloques por segundo
 $BE_{Block}(i)$: número medio de errores en los bits por bloque para $C/(N+I) = i$. Del mismo modo, si el número medio de errores en los bits en un bloque es mayor a 1, se considera que, para $C/(N+I) = i$, todos los bloques tienen errores

$$BE_{Block}(i) = BER_i \cdot N_{B/block} \quad (6)$$

donde:

- BER_i : proporción de bits erróneos correspondientes a $C/(N+I) = i$
 $N_{B/block}$: número de bits por bloque.

3.3 Segundos con muchos errores

En la Recomendación UIT-T G.826 se define el segundo con muchos errores (SES) como un «periodo de un segundo que contiene $\geq 30\%$ de bloques con errores o por lo menos un defecto». En la fórmula siguiente se ha ignorado el concepto de defecto. En el cálculo de SESR debe considerarse únicamente el tiempo disponible.

$$SESR = \frac{SES}{N_s - T_U} \quad (7)$$

donde:

- SES : número de segundos con muchos errores durante el tiempo disponible:

$$SES = N_s \sum_{i=x}^b pdf_i \cdot CHECK1_i \quad (8)$$

donde:

$$CHECK1_i = 1 \quad \text{si } BlockE_s(i) > 0,3N_{Blocks/s}, \quad \text{si no } CHECK1_i = 0.$$

3.4 Errores de bloque de fondo

En la Recomendación UIT-T G.826 se define el error de bloque de fondo (BBE, *background black error*) como un «bloque con error que no se produce como parte de un SES».

$$BBER = \frac{BBE}{N_s - T_U} \quad (9)$$

donde:

- BBE : número de errores de bloque que se producen durante el tiempo disponible:

$$BBE = N_s \cdot N_{Block/s} \sum_{i=x}^b pdf_i \min\left[1, BE_{Block}(i)\right] CHECK2_i \quad (10)$$

donde:

$$CHECK2_i = 1 \quad \text{si } BlockE_s(i) < 0,3 N_{Blocks/s}, \quad \text{si no } CHECK2_i = 0.$$

4 Conclusión

En este Anexo se presentan ecuaciones que pueden utilizarse para obtener estimaciones de la repercusión de la interferencia sobre la calidad de funcionamiento en banda base para sistemas digitales del servicio fijo basándose en las estadísticas de $C/(N + I)$ en radiofrecuencia. Los métodos se basan en el promedio, lo que dará estimaciones conservadoras ya que los errores en los bits se repartirán entre un número máximo de bloques; con una mayor variación en el agrupamiento de los errores en los bits quedarán afectados menos bloques (suponiendo que se da el número total de errores en los bits).

Los métodos presentados en este Anexo deben utilizarse únicamente en situaciones críticas, cuando el examen de las estadísticas sobre interferencias en radiofrecuencia no ofrecen resultados lo suficientemente definitivos para concluir la coordinación de frecuencias.
