

RECOMENDACIÓN UIT-R M.1475

**METODOLOGÍA PARA DERIVAR LOS OBJETIVOS DE CALIDAD PARA
LOS SISTEMAS DEL SERVICIO MÓVIL POR SATÉLITE NO
GEOESTACIONARIO QUE FUNCIONAN EN LA BANDA 1-3 GHz
SIN UTILIZACIÓN DE DIVERSIDAD DE SATÉLITES**

(Cuestión UIT-R 87/8)

(2000)

La Asamblea de Radiocomunicaciones de la UIT,

considerando

- a) que se ha previsto la puesta en servicio, o puesto ya en servicio, sistemas móviles por satélite no geoestacionario (SMS no OSG) en la banda 1-3 GHz;
- b) que se deberían especificar objetivos de calidad para el trayecto digital ficticio de referencia (TDFR) indicado en la Recomendación UIT-R M.827;
- c) que en la Recomendación UIT-R M.1181 se designan objetivos de calidad para los sistemas del SMS OSG;
- d) que en los sistemas del SMS no OSG pueden utilizarse transpondedores con o sin regeneración;
- e) que la metodología para derivar los objetivos de calidad puede ser diferente según se trate de transpondedores con o sin regeneración;
- f) que los objetivos de calidad para los enlaces de conexión de sistemas del SMS no OSG deberían determinarse sobre la base de objetivos de calidad de extremo a extremo;
- g) que los objetivos de calidad son útiles como base de definición de los criterios de interferencia,

recomienda

- 1** que en el caso de sistemas del SMS no OSG con transpondedores sin regeneración se definan objetivos de calidad para una conexión de extremo a extremo, a partir de los cuales puedan derivarse objetivos de calidad para el enlace de conexión y el enlace de servicio, de manera que el 10% del tiempo no disponible se asigne al enlace de conexión;
- 2** que se utilice el método presentado en el Anexo 1 para obtener los objetivos de calidad en el caso de sistemas del SMS no OSG con transpondedores sin regeneración;
- 3** que en el caso de sistemas del SMS no OSG con transpondedores con regeneración se puedan definir objetivos de calidad, ya sea para una conexión de extremo a extremo, o para un enlace de servicio y un enlace de conexión por separado, en cuyo caso las Recomendaciones UIT-R S.614 o UIT-R S.1062 pueden dar orientación sobre los objetivos de calidad de los enlaces de conexión.

Metodología para derivar los objetivos de calidad para sistemas del SMS no OSG con transpondedores sin regeneración

1 Derivación del objetivo de calidad

1.1 Definición de objetivo de calidad

Un objetivo de calidad se define por un valor de umbral de la calidad de extremo a extremo y un porcentaje aceptable de tiempo, con arreglo a la siguiente definición: «El porcentaje de tiempo en que la proporción de bits erróneos (BER) sin corrección de errores en recepción sin canal de retorno (FEC) es peor que BER_{th} será $X\%$ (por ejemplo, 0,1%, 1%, 10%, etc.) o menor», siendo BER_{th} y $X(\%)$ el umbral BER de calidad de extremo a extremo y el porcentaje de tiempo no disponible, respectivamente. Se deberá determinar el promedio de este BER en un periodo de Z s (la cantidad se deja para estudio ulterior).

1.2 Objetivos del valor de umbral de calidad del enlace

La Recomendación UIT-R M.1181, que trata sobre la disponibilidad del SMS OSG, estipula que el valor umbral de calidad, BER_{th} , para el tráfico móvil de voz, es 4×10^{-2} (sin FEC). Conviene observar que el valor de umbral de calidad depende del tipo de aplicaciones que ofrezca el sistema del SMS en particular (es decir, señales vocales, fax, datos y para servicios móviles, en vehículos y semifijos).

1.3 Porcentaje del tiempo disponible y no disponible

Debido a las propiedades intrínsecas de los sistemas del SMS, que incluyen las condiciones de apantallamiento del enlace de servicio del SMS, que varían con el tiempo y la movilidad de los terminales de usuario, podría ser realista utilizar el valor indicado en la Recomendación UIT-R M.1181 para los sistemas del SMS OSG, es decir, los porcentajes de tiempo disponible ($X\%$) entre 90% a 95% para los sistemas del SMS no OSG.

2 Concepto básico e hipótesis

2.1 C/N_T de umbral

La relación portadora a potencia de ruido para el enlace de extremo a extremo puede estimarse a partir del objetivo de calidad definido por el BER_{th} . Como ejemplo, se supone que el umbral extremo a extremo $(C/N_T)_{th}$ (donde « th » equivale al umbral) para el tráfico de señales vocales móviles con empleo de modulación MDP-4 es 7 dB, para un umbral BER de 4×10^{-2} sin FEC. Conviene observar que el valor $(C/N_T)_{th}$ de 7 dB es superior al valor teórico necesario para hacer frente a diversas degradaciones prácticas (por ejemplo, márgenes de aplicación de módem). Además, para otros SMS, tales como el servicio transportable de entrega de datos, el requisito BER es más riguroso (véase la Recomendación UIT-R M.1181) y exige una relación $(C/N_T)_{th}$ de por lo menos 15 dB.

2.2 Degradación de C/N_T y margen del enlace de servicio y del enlace de conexión

2.2.1 Definiciones

C/N_T denota la relación total portadora a potencia de ruido. Así pues, es posible consignar la relación C/N_T de extremo a extremo de los sistemas del SMS no OSG del siguiente modo:

$$C/N_T = \left\{ [(C/N_T)_s]^{-1} + [(C/N_T)_f]^{-1} \right\}^{-1} \quad (1)$$

donde C es la potencia de portadora de recepción, y N_T es la suma de la potencia de ruido, N , (excluida interferencia) y la potencia de interferencia, I (por ejemplo, $N_T = N + I$). Los sufijos s y f indican el enlace de servicio y el enlace de conexión, respectivamente.

2.2.2 Degradaciones de C/N_T

Diversos fenómenos producen degradaciones en la relación C/N_T . En el enlace de servicio y el enlace de conexión, el desvanecimiento de las bandas y otros efectos (por ejemplo, posición de la estación móvil por satélite, pérdida de puntería, pérdida de polarización, centelleo atmosférico, absorción atmosférica, apantallamiento, etc.) reducirán el nivel de recepción, C . El nivel de interferencia total, I , representará la interferencia intrasistema y la interferencia intersistemas, es decir, $I = I_{intra} + I_{inter}$. En el Cuadro 1 se ofrece la contribución a la interferencia total. Se indica asimismo que diversos factores en el enlace de servicio y el enlace de conexión producen interferencia, por ejemplo, $I = I_{enlace\ de\ servicio} + I_{enlace\ de\ conexión}$, y en ese caso, el porcentaje de contribución a la interferencia puede ser, por ejemplo, de 90% para el enlace de servicio, y de 10% para el enlace de conexión. En cuanto al nivel de ruido, éste depende de G/T , y los cambios en este valor dependen de la dinámica de enlace (por ejemplo, posición del usuario, ganancia de recepción, dispersión por la lluvia, etc.). En este aspecto, en aras de la sencillez se parte de la hipótesis de que la contribución de estos factores a la degradación de C/N_T de extremo a extremo es independiente desde el punto de vista estadístico.

CUADRO 1

Tipos de interferencia intersistema e intrasistema que experimentan los sistemas del SMS no OSG

Enlace	Interferencia intrasistema	Interferencia intersistema
Enlace de servicio	<ul style="list-style-type: none"> – Interferencia en el mismo canal dentro de haz estrecho – Efectos de intermodulación (enlace descendente de satélite) – Interferencia de canal adyacente (en el mismo haz) – Interferencia en la misma frecuencia contrapolar 	<ul style="list-style-type: none"> – De otros servicios en el mismo canal – De otros sistemas en el mismo canal – Emisiones no deseadas de atribuciones adyacentes
Enlace de conexión	<ul style="list-style-type: none"> – Efectos de intermodulación (enlaces ascendentes y descendentes) – Interferencia de canal adyacente – Interferencia en la misma frecuencia contrapolar 	<ul style="list-style-type: none"> – De otros servicios en el mismo canal – De otros sistemas no OSG en el mismo canal – Interferencia de dispositivos sin licencia – Emisiones no deseadas de atribuciones adyacentes

2.2.3 Valores nominales de C/N_T y márgenes de enlace

Sobre la base del análisis anterior, en el balance de enlace se tomarán en cuenta los márgenes de enlace para los enlaces de servicio y de conexión a fin de contrarrestar los diversos factores de apantallamiento y defectos de transmisión (véase el § 2.2.2). Se parte de la base de que se dan valores apropiados para el margen del enlace de servicio, M_s , y el margen del enlace de conexión, M_f , en función del sistema y las condiciones de funcionamiento. Así pues, con esta definición es posible consignar las siguientes ecuaciones:

$$\begin{aligned}
 (C/N_T)_{s,nom} &= M_s (C/N_T)_{s,th} \\
 (C/N_T)_{f,nom} &= M_f (C/N_T)_{s,th}
 \end{aligned}
 \tag{2}$$

donde *th* equivale a umbral y *nom* equivale a nominal.

2.2.4 Derivación de los márgenes del enlace de servicio

La información más importante para derivar el margen del enlace de servicio procede de los datos estadísticos de medición del apantallamiento y desvanecimiento. Por ejemplo, la Recomendación UIT-R M.1188 ofrece valores indicativos de los márgenes de desvanecimiento, como función del BER_{th} requerido.

La relación entre la degradación por desvanecimiento y el porcentaje de tiempo puede obtenerse mediante el modelo de propagación descrito en la Recomendación UIT-R P.681. Por ejemplo, en el caso de los satélites del SMS no OSG, se determinan las siguientes características de degradación de enlace para el enlace de servicio que funciona en un entorno suburbano con un ángulo de elevación mínimo de 30°:

Degradación $(C/N_T)_s \leq 0$ dB	Porcentaje de tiempo: 50%
Degradación $(C/N_T)_s \leq 5$ dB	Porcentaje de tiempo: 90%
Degradación $(C/N_T)_s \leq 10$ dB	Porcentaje de tiempo: 95%
Degradación $(C/N_T)_s \leq 20$ dB	Porcentaje de tiempo: 99%

2.2.5 Desglose de C/N_T para el enlace de servicio y el enlace de conexión

En función del diseño de enlace, se determina el desglose de la relación C/N_T en los enlaces de servicio y de conexión, a saber, $(C/N_T)_s$ y $(C/N_T)_f$. En el caso de transpondedores sin regeneración en condiciones nominales (es decir, con atmósfera despejada), en general $(C/N_T)_f$ es suficientemente más elevado (por ejemplo, 10 a 20 dB) que $(C/N_T)_s$. Sin especificar el valor de radio, en este caso, se supone que $(C/N_T)_f$ es K veces mayor que $(C/N_T)_s$, es decir:

$$(C/N_T)_{f,nom} = K (C/N_T)_{s,nom} \quad (3)$$

2.3 Distribución del porcentaje de tiempo no disponible

El total de tiempo no disponible del enlace de extremo a extremo debe distribuirse adecuadamente entre los enlaces de servicios y de conexión. La Recomendación UIT-R M.828 ofrece una definición de la disponibilidad de extremo a extremo de los sistemas del SMS.

En la Recomendación UIT-R M.1181 se aborda la distribución del tiempo no disponible entre los enlaces de servicio y de conexión, y se asigna el 10% del tiempo no disponible al enlace de conexión. También se ha tomado como hipótesis esta distribución para el SMS no OSG.

2.4 Derivación de los valores de umbral C/N_T para los enlaces de servicio y de conexión

Sobre la base del análisis precedente, se obtienen las dos siguientes ecuaciones:

En condición nominal:

$$\begin{aligned} (C/N_T)_{nom} &= \left[(C/N_T)_{s,nom}^{-1} + (C/N_T)_{f,nom}^{-1} \right]^{-1} \\ &= \left\{ [M_s (C/N_T)_{s,th}]^{-1} + [M_f (C/N_T)_{f,th}]^{-1} \right\}^{-1} \end{aligned} \quad (4)$$

En condición de umbral:

$$(C/N_T)_{th} = \left[(C/N_T)_{s,th}^{-1} + (C/N_T)_{f,th}^{-1} \right]^{-1} \quad (5)$$

De las ecuaciones (4) y (5) podemos obtener los valores umbral $(C/N_T)_{s,th}$ y $(C/N_T)_{f,th}$. Tras algunas operaciones algebraicas, obtenemos:

$$(C/N_T)_{s,th} = \left[1 + M_f / (M_s K) \right] (C/N_T)_{th} \quad (6)$$

$$(C/N_T)_{f,th} = \left[1 + (M_s K) / M_f \right] (C/N_T)_{th} \quad (7)$$

donde $(C/N_T)_{th}$ es la que se ha definido en el § 2.1.

2.5 Derivación de los objetivos de calidad

2.5.1 Márgenes de no disponibilidad y de umbral

Si se suman los márgenes de tiempo no disponible (véanse los § 1.3 y 2.3) y los márgenes de umbral C/N_T del enlace (véase el § 2.4), obtenemos:

Para el enlace de servicio:

- El enlace de servicio $(C/N_T)_s$ puede ser inferior a $(C/N_T)_{s,th}$ para un porcentaje de tiempo no superior a $0,9 X$ (%).

Para el enlace de conexión:

- El enlace de conexión $(C/N_T)_f$ puede ser inferior a $(C/N_T)_{f,th}$ para un porcentaje de tiempo no superior a $0,1 X$ (%).

2.5.2 Objetivos de calidad de los SMS no OSG

Cuando lo indicado se plasma en objetivos de calidad, el resultado es el siguiente:

Para el enlace del servicio:

- El enlace de servicio $(C/N_T)_s$ será superior o igual a $(C/N_T)_{s,th}$ para un porcentaje de tiempo superior o igual a $(100 - 0,9 X)$ (%).

Para el enlace de conexión:

- El enlace de conexión $(C/N_T)_f$ será superior o igual a $(C/N_T)_{f,th}$ para un porcentaje de tiempo superior o igual a $(100 - 0,1 X)$ (%).

3 Ejemplo de cálculo

3.1 Objetivo de calidad y no disponibilidad

Por ejemplo, en el caso de sistemas del SMS no OSG que emplean la modulación MDP-4, y en el caso de la aplicación de señales vocales móviles, partimos de la siguiente hipótesis (véanse también los § 1.3 y 2.1):

- El porcentaje del tiempo total disponible cuando el umbral de extremo a extremo $(C/N_T)_{th}$ es superior a 7 dB, será del 95%.

Así pues, esto puede reformularse del siguiente modo:

- El porcentaje total de tiempo no disponible cuando el umbral de extremo a extremo $(C/N_T)_{th}$ es inferior a 7 dB, no será superior a 5%.

De ahí deriva el valor $X = 5\%$, que se utiliza en las definiciones del § 2.5.

Seguidamente, sobre la base del § 2.3, el tiempo no disponible $X = 5\%$ se distribuye entre el enlace de servicio y el enlace de conexión en una proporción de 90% y 10%, respectivamente, y el tiempo no disponible total para el enlace de servicio y el enlace de conexión se convierte en 4,5%, para el enlace de servicio, y 0,5%, para el enlace de conexión.

3.2 Valores de umbral C/N_T

Si se parte de la hipótesis de que la degradación del enlace de servicio es la del § 2.2.4 (véase la Recomendación UIT-R P.681), el valor del margen del enlace de servicio se convierte en $M_s = 10$ dB (lo que es también compatible con la Recomendación UIT-R M.1188). Se supone que el margen de enlace para el enlace de conexión es igual a $M_f = 3$ dB, lo que explicará todos los defectos de la portadora descritos en el § 2.2.2.

Asimismo, se supone que $(C/N_T)_f$ es 10 dB más elevado que $(C/N_T)_s$ en condiciones nominales de atmósfera despejada (es decir, $K = 10$).

Si se sustituyen los valores de las ecuaciones (6) y (7) por estos valores, obtenemos:

$$(C/N_T)_{s,th} = 7,09 \quad \text{dB} \quad \text{para el enlace de servicio}$$

$$(C/N_T)_{f,th} = 24,09 \quad \text{dB} \quad \text{para el enlace de conexión}$$

3.3 Objetivos de no disponibilidad y de umbral

Los objetivos en cuanto a la no disponibilidad y umbral derivados de las ecuaciones anteriores son útiles para los enlaces de servicio y de conexión de los sistemas del SMS no OSG que emplean la modulación MDP-4 para el servicio vocal móvil por satélite. Estos objetivos son, respectivamente:

$$(C/N_T)_{s,th} \leq 7,09 \quad \text{dB} \quad \text{para un porcentaje de tiempo de hasta 4,5\%}$$

$$(C/N_T)_{f,th} \leq 24,09 \quad \text{dB} \quad \text{para un porcentaje de tiempo de hasta 0,5\%}$$

3.4 Objetivos de calidad

Por consiguiente, los objetivos de calidad resultantes son:

$$(C/N_T)_{s,th} \geq 7,09 \quad \text{dB} \quad \text{para más del 95,5\% del tiempo}$$

$$(C/N_T)_{f,th} \geq 24,09 \quad \text{dB} \quad \text{para más del 99,5\% del tiempo}$$
