

RECOMENDACIÓN UIT-R S.1324

MÉTODO ANALÍTICO PARA CALCULAR LA INTERFERENCIA ENTRE LOS ENLACES DE CONEXIÓN DE LOS SATÉLITES NO GEOESTACIONARIOS DEL SERVICIO MÓVIL POR SATÉLITE Y LAS REDES DE SATÉLITES GEOESTACIONARIOS DEL SERVICIO FIJO POR SATÉLITE QUE FUNCIONAN CON LA MISMA FRECUENCIA Y EN LA MISMA DIRECCIÓN

(Cuestión UIT-R 206/4)

(1997)

La Asamblea de Radiocomunicaciones de la UIT,

considerando

- a) que la Conferencia Mundial de Radiocomunicaciones (Ginebra, 1995) (CMR-95) señaló la necesidad de elaborar urgentemente criterios para determinar la necesidad de coordinación y de contar con métodos de cálculo para determinar los niveles de interferencia, así como las relaciones de protección requeridas entre las redes del servicio móvil por satélite (SMS);
- b) que la CMR-95 atribuyó las bandas de frecuencias 19,3-19,6 GHz y 29,1-29,4 GHz para los enlaces de conexión de las redes de satélites no geoestacionarios del SMS (SMS no OSG) que funcionan en la misma dirección que los sistemas de satélites OSG del servicio fijo por satélite (SFS);
- c) que la Resolución 121 de la CMR-95 identifica la necesidad de emprender urgentemente estudios para preparar metodologías de coordinación para las redes del SFS OSG y los enlaces de conexión del SMS no OSG que se explota en pie de igualdad en las bandas 19,3-19,6 GHz y 29,1-29,4 GHz;
- d) que puede haber, en general, la necesidad de elaborar una metodología que sea posible utilizar para estimar la interferencia entre las redes de satélites;
- e) que la estimación de la interferencia entre los enlaces de conexión del SMS no OSG y los sistemas del SFS OSG deberían basarse en que los niveles de potencia de interferencia no sean excedidos durante un determinado porcentaje de tiempo, así como en la frecuencia de aparición y la duración de los diferentes eventos,

reconociendo

- a) que la estimación de la interferencia entre los enlaces de conexión del SMS no OSG y los sistemas del SFS OSG basados en métodos informáticos de simulación, se caracteriza por la gran exactitud de los resultados obtenidos, pero que estos métodos pueden requerir un considerable tiempo de cálculo y es posible que no se disponga de ellos comúnmente;
- b) que la interferencia entre los enlaces de conexión del SMS no OSG y los sistemas del SFS OSG pueden estimarse utilizando porcentajes de tiempo para los satélites no OSG que permanezcan dentro de una zona en ciertos ángulos de discriminación a partir de una dirección a un satélite OSG en relación con la estación terrena de que se trate;
- c) que el porcentaje de tiempo para un valor especificado de un ángulo entre un satélite OSG y un satélite no OSG en relación con la estación terrena que se examine pueden definirse utilizando simulaciones o mediante el método analítico descrito en la Recomendación UIT-R S.1257, o aplicando otros métodos,

recomienda

- 1 que el método señalado en el Anexo 1 pueda utilizarse para estimar la interferencia entre los enlaces de conexión del SMS no OSG y los sistemas del SFS OSG que funcionan con la misma frecuencia y en la misma dirección.

ANEXO 1

Descripción del método analítico para estimar la interferencia entre los enlaces de conexión de los satélites no OSG del SMS y las redes de satélites OSG del SFS que funcionan con la misma frecuencia y en la misma dirección

Para estimar la interferencia entre los enlaces de conexión del SMS no OSG y los sistemas del SFS OSG, se especifica un criterio, con arreglo al cual:

- la densidad espectral de potencia de la interferencia, I_0 , de los enlaces de conexión de una red del SMS no OSG (al ser, en el enlace ascendente de la estación terrena y en el enlace descendente del satélite, el resultado de las transmisiones en el enlace de conexión a los satélites de una constelación y desde éstos) en la entrada de un receptor de una estación terrena del SFS OSG no debe exceder de cierta fracción, x , de la densidad espectral de potencia del ruido térmico del receptor, N_0 , en un porcentaje de tiempo determinado, % t .

Un ejemplo de los criterios de interferencia de los enlaces de conexión del SMS no OSG a los receptores del SFS OSG proporcionados en el Cuadro 1 se utiliza en el ejemplo que figura en el Apéndice 1.

CUADRO 1

11-14 GHz		
	I_0	t (%)
1	$0,06 N_0$	0,87
2	$0,26 N_0$	0,119
3	N_0	0,029
4	$2,16 N_0$	0,0004

El presente método permite proporcionar una estimación del porcentaje de tiempo, % t , basada en una densidad espectral de potencia de la interferencia admisible, I_0 , sin utilizar métodos de simulación.

Para estimar la interferencia entre los enlaces de conexión de las redes del SMS no OSG y los sistemas del SFS OSG, se analizan cuatro casos de posibles efectos de la interferencia entre las estaciones terrenas y espaciales de las redes examinadas, a saber:

- Caso 1:* las emisiones procedentes de las estaciones terrenas de enlace de conexión del SMS no OSG que ocasionan interferencia a las estaciones receptoras espaciales del SFS OSG (véase la Fig. 1).
- Caso 2:* las emisiones procedentes de las estaciones espaciales de enlace de conexión del SMS no OSG que ocasionan interferencia a las estaciones terrenas receptoras del SFS OSG (véase la Fig. 2).
- Caso 3:* las emisiones procedentes de las estaciones terrenas del SFS OSG que ocasionan interferencia a las estaciones espaciales receptoras de enlace de conexión del SMS no OSG (véase la Fig. 3).
- Caso 4:* las emisiones procedentes de las estaciones espaciales del SFS OSG que ocasionan interferencia a las estaciones terrenas receptoras de enlace de conexión del SMS no OSG (véase la Fig. 4).

FIGURA 1

Estaciones terrenas de enlace de conexión del SMS no OSG que ocasionan interferencia a las estaciones espaciales receptoras del SFS OSG

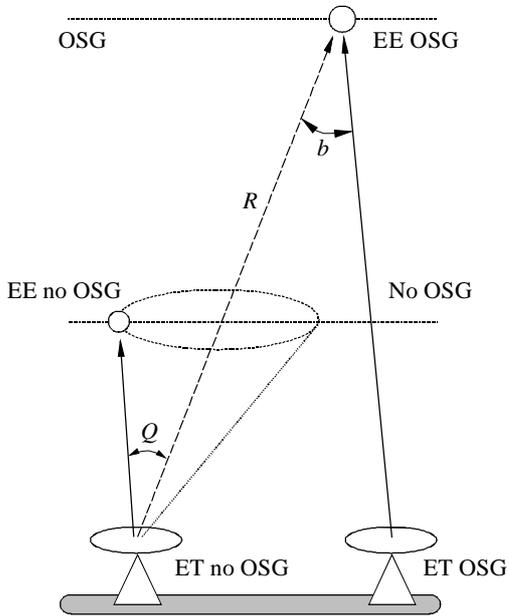


FIGURA 2

Estaciones espaciales de enlace de conexión del SMS no OSG que ocasionan interferencia a las estaciones terrenas receptoras del SFS OSG

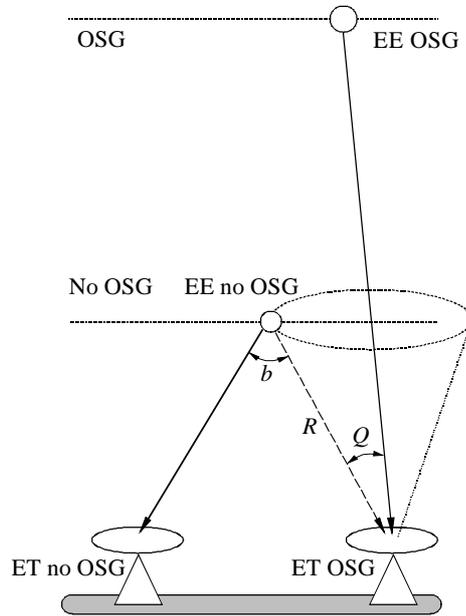


FIGURA 3

Estaciones terrenas del SFS OSG que ocasionan interferencia a las estaciones espaciales receptoras de enlace de conexión del SMS no OSG

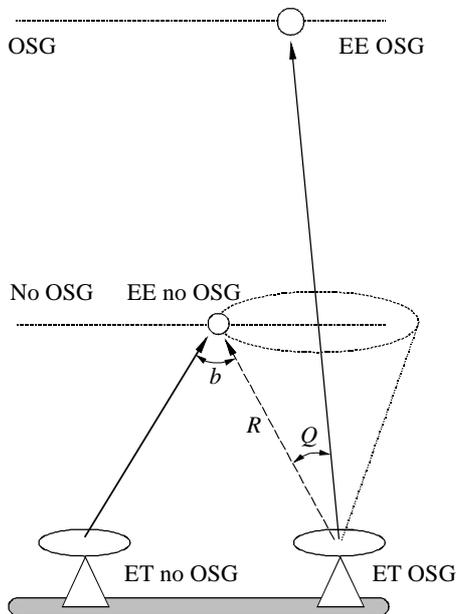
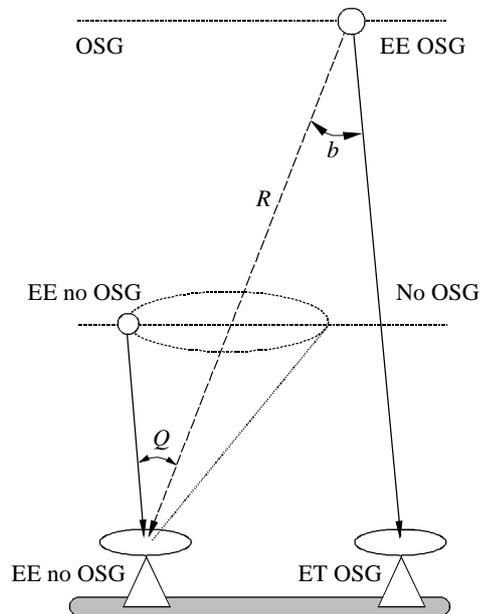


FIGURA 4

Estaciones espaciales del SFS OSG que ocasionan interferencia a las estaciones terrenas receptoras de enlace de conexión del SMS no OSG



- ← Señal deseada
- ← Interferencia
- EE: estación espacial
- ET: estación terrena

La densidad espectral de potencia de la interferencia en la entrada del receptor puede calcularse utilizando las siguientes expresiones:

para el «enlace ascendente»:

$$I_0 = P1i + G1i(Q) - Lu + G2w(b) \quad \text{dB(W/Hz)} \quad (1)$$

para el «enlace descendente»:

$$I_0 = P3i + G3i(b) - Ld + G4w(Q) \quad \text{dB(W/Hz)} \quad (2)$$

donde:

- $P1i$: densidad espectral de potencia del transmisor de la estación terrena interferente (dB(W/Hz))
- $P3i$: densidad espectral de potencia del transmisor de la estación espacial interferente (dB(W/Hz))
- $G1i(Q)$: ganancia de antena de la estación terrena interferente en la dirección de la estación espacial deseada (dB)
- $G2w(b)$: ganancia de antena de la estación espacial deseada en la dirección de la estación terrena interferente (dB)
- $G3i(b)$: ganancia de antena de la estación espacial interferente en la dirección de la estación terrena deseada (dB)
- $G4w(Q)$: ganancia de antena de la estación terrena deseada en la dirección de la estación espacial interferente (dB)
- Lu : pérdida de trayecto de la estación terrena interferente al satélite deseado (dB)
- Ld : pérdida de trayecto del satélite interferente a la estación terrena deseada (dB).

Este método se basa en la definición de una parte del espacio limitada por una superficie cónica circular con un ángulo $2Q$ en el vértice (véanse las Figs. 1 a 4). El vértice del cono coincide con la ubicación de la estación terrena interferente o interferida y el eje del cono apunta siempre al satélite geoestacionario.

Tratándose de los casos de interferencia 1 y 4, la densidad espectral de potencia de la interferencia para un receptor se modifica únicamente como función del ángulo Q que varía al moverse el satélite no OSG.

En los casos de interferencia 2 y 3 la densidad espectral de potencia de la interferencia en un receptor se modifica en función del ángulo Q , la distancia R y el ángulo b . El análisis de las variaciones de la densidad espectral de potencia de la interferencia, I_0 , como función de Q , b y R revela que un ligero incremento del ángulo Q ocasiona una considerable reducción de I_0 , mientras que una modificación poco apreciable de la distancia R y el ángulo b no se traduce prácticamente en cambio alguno. Las variaciones de $G2w(b)$, $G3i(b)$, Lu , Ld , que dependen de la distancia R y el ángulo b , son, por tanto, desdeñables.

Basándose en estas características procede suponer que $G2w(b)$, $G3i(b)$, Lu y Ld son constantes. Esta hipótesis lleva a un error insignificante los valores calculados para la interferencia. En consecuencia, es obvio que en los casos de interferencia 2 y 3, las variaciones de la densidad espectral de potencia de la interferencia dependen básicamente del ángulo Q .

El porcentaje de tiempo, % t , que los satélites no OSG se encuentran dentro del cono $2Q$ es una función del ángulo de separación requerido Q . Para las características especificadas de las redes de satélites examinadas, cada valor del ángulo Q corresponde a un cierto valor de la densidad espectral I_0 en la entrada del receptor.

Para estimar la interferencia en el enlace ascendente, se utiliza el diagrama de radiación de antena de la estación terrena interferente, mientras que para estimar la interferencia en el enlace descendente, se recurre a la ganancia de antena de la estación terrena deseada.

Paso 1: Se obtiene un nivel admisible de la densidad espectral de potencia de la interferencia para una determinada estación terrena, mediante la siguiente expresión:

$$I_0 = 10 \log x + 10 \log(k T) \quad \text{dB(W/Hz)} \quad (3)$$

donde:

- x : fracción de la densidad espectral de potencia del ruido térmico del receptor, aplicando los criterios especificados en el Cuadro 1 para el porcentaje de tiempo, % t
- k : constante de Boltzmann (J/K)
- T : temperatura de ruido de la estación receptora deseada de la red (K).

Paso 2: Utilizando las expresiones (1) o (2) (según se trate de un enlace ascendente o descendente) y el diagrama de radiación de antena de la estación terrena, se calcula un valor para el ángulo, Q , que corresponde a una densidad espectral de potencia de la interferencia admisible, I_0 , definida en el Paso 1.

Paso 3: Basándose en el método analítico presentado en la Recomendación UIT-R S.1257, o en otros métodos, se calcula un porcentaje de tiempo $\% t_m(Q)$ en que los satélites no OSG se encuentran dentro de un cono con un ángulo en el vértice de $2Q_m$.

Paso 4: Los valores del porcentaje de tiempo calculados en el Paso 3 se comparan con valores aceptables (por ejemplo, los consignados en el Cuadro 1). Si los valores calculados del porcentaje de tiempo $\% t(Q)_m$ no sobrepasan un $\% t_m$ especificado, la interferencia se considerará admisible (basándose en los criterios utilizados).

En el Apéndice 1 se indica un ejemplo de la aplicación del algoritmo dado para estimar la interferencia entre los enlaces de conexiones de una red del SMS no OSG y un sistema del SFS OSG.

APÉNDICE 1

AL ANEXO 1

Ejemplo del cálculo de la interferencia entre los enlaces de conexión del SMS no OSG y los sistemas del SFS OSG que comparten las mismas bandas de frecuencias en la misma dirección

Este ejemplo versa sobre el caso constituido por el cálculo de la interferencia ocasionada por los enlaces de conexión del SMS no OSG a un sistema del SFS OSG. Las hipótesis utilizadas son características de una red de satélites no OSG de tipo LEO-G ($h = 1\,500$ km, $i = 74^\circ$, $N = 48$) y los parámetros de un satélite OSG típico. Los cálculos se realizan para las estaciones terrenas deseadas e interferentes en latitudes de 0° y 60° y con los satélites ubicados en la longitud que corresponda a la estación terrena.

Los resultados de los cálculos de la interferencia ocasionada por los enlaces de conexión del SMS no OSG al sistema del SFS OSG se presentan en los Cuadros 2a) y 2b) para las direcciones Tierra-espacio y espacio-Tierra, respectivamente. Los Pasos del cálculo son los siguientes:

Paso 1: El Paso 1 estriba en la estimación del nivel de interferencia admisible expresado como fracción, x , de una densidad espectral de potencia de ruido en el receptor determinada, N_0 , en el porcentaje de tiempo, $\% t_m$, especificado para una banda de frecuencia dada.

Se utiliza la siguiente fórmula:

$$I_0 = 10 \log x + 10 \log(k T) \quad \text{dB(W/Hz)}$$

En los Cuadros 2a) y 2b) el porcentaje de tiempo especificado $\% t_m$ (columna 2) entraña valores apropiados para N_0 (columna 4) y x (columna 5), así como un valor estimado para el umbral de interferencia $(xN_0)_m$ (columna 6).

Paso 2: En el Paso 2 se utilizan las expresiones (1) o (2) (según se considere el enlace ascendente o descendente) y el diagrama de radiación de antena de la estación terrena, para calcular los valores del ángulo, Q_m , correspondientes a una densidad espectral de potencia de ruido admisible $(xN_0)_m$ definida en el Paso 1. Los valores de Q_m se indican en la columna 11 de los Cuadros 2a) y 2b).

Paso 3: En el Paso 3 se calcula un porcentaje de tiempo, $\% t(Q)_m$, en que los satélites no OSG se encuentran dentro de un cono con un ángulo en el vértice $2Q_m$, aplicando el método analítico presentado en la Recomendación UIT-R S.1257 (véase la columna 12).

Paso 4: En el Paso 4 se comparan los valores calculados para el porcentaje de tiempo con una serie de valores aceptables (por ejemplo, los proporcionados únicamente como ejemplo en el Cuadro 1).

Los resultados de los cálculos que se indican en los Cuadros 2a) y 2b) revelan que los niveles de la interferencia ocasionada por las estaciones de enlace de conexión con los satélites no OSG del SMS a las estaciones del SFS OSG no pueden satisfacer los criterios a corto plazo $(xN_0)_m$ utilizados en este ejemplo.

CUADRO 2

Nivel de la interferencia de los sistemas de satélites resultante de los cálculos basados en los resultados de la posible duración de la interferencia (estadísticas temporales) en el caso de interferencia ocasionada por las redes del SMS no OSG a las redes del SFS

a) Enlace ascendente

LEO-G
INTELSAT (haz S1R)

Sistema de satélites que ocasionan la interferencia, i

Sistema de satélites que experimentan la interferencia, w .

Latitud de la estación terrena (grados)	% t (%)	T (K)	N_0 (dB(W/Hz))	x	xN_0 (dB(W/Hz))	$P1i$ (dB(W/Hz))	Lu (dB)	$G2w(b)$ (dB)	$G1i(Q)$ (dB)	Q (grados)	% $t(Q)$ (%)
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
0	0,87	766	-199,8	0,06	-212	-64,6	206,6	37,2	22,0	2,10	0,0372
	0,119			0,26	-205,7				28,3	1,54	0,024
	0,029			1,00	-199,8				34,2	1,11	0,012
	0,0004			2,16	-196,5				37,5	0,81	0,0068
60	0,87	766	-199,8	0,06	-212	-64,6	207,4	37,2	22,8	2,10	0,2308
	0,119			0,26	-205,7				29,1	1,48	0,118
	0,029			1,00	-199,8				35,0	1,06	0,068
	0,0004			2,16	-196,5				38,3	0,71	0,0268

b) Enlace descendente

LEO-G
INTELSAT (estación terrena normalizada E)

Sistema de satélites que ocasionan la interferencia, i

Sistema de satélites que experimentan la interferencia, w .

Latitud de la estación terrena (grados)	% t (%)	T (K)	N_0 (dB(W/Hz))	x	xN_0 (dB(W/Hz))	$P3i$ (dB(W/Hz))	$G3i(b)$ (dB)	Ld (dB)	$G4w(Q)$ (dB)	Q (grados)	% $t(Q)$ (%)
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
0	0,87	309	-203,7	0,06	-215,9	-78,6	5,0	177,3	35,0	0,60	0,004
	0,119			0,26	-209,6				41,3	0,45	0,0012
	0,029			1,00	-203,7				47,2	0,26	0,001
	0,0004			2,16	-200,4				50,5	-	0
60	0,87	309	-203,7	0,06	-215,9	-78,6	15,0	182,8	30,5	1,15	0,076
	0,119			0,26	-209,6				36,8	0,56	0,012
	0,029			1,00	-203,7				42,7	0,42	0,0092
	0,0004			2,16	-200,4				46,0	0,31	0,008