

UIT-R

Sector de Radiocomunicaciones de la UIT

Recomendación UIT-R SA.1160-3 (07/2017)

Criterios de interferencia para sistemas de transmisión de datos que funcionan en los servicios de exploración de la tierra por satélite y de meteorología por satélite que utilizan satélites de órbita geoestacionaria

Serie SA
Aplicaciones espaciales y meteorología



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	Radioastronomía
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, 2018

© UIT 2018

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 SA.1160-3

Criterios de interferencia para sistemas de transmisión de datos que funcionan en los servicios de exploración de la tierra por satélite y de meteorología por satélite que utilizan satélites de órbita geoestacionaria

(Cuestión UIT-R 141/7)

(1995-1997-1999-2017)

Cometido

El objeto de esta Recomendación es definir los criterios de interferencia combinada para enlaces de transmisión de datos para los satélites de órbita geoestacionaria que funcionan en los servicios de exploración de la tierra por satélite y de meteorología por satélite.

Palabras clave

SETS, MetSat, satélites OSG, transmisión de datos, criterios de interferencia

Recomendaciones e Informes relacionados

Recomendaciones UIT-R SA.1022, UIT-R SA.1159 y UIT-R SA.1161

La Asamblea de Radiocomunicaciones de la UIT,

considerando

- a) que es necesario establecer criterios de interferencia para asegurar que pueden diseñarse sistemas que tengan la calidad adecuada en presencia de interferencia;
- b) que pueden determinarse criterios de interferencia utilizando la metodología descrita en la Recomendación UIT-R SA.1022 y los objetivos de calidad enumerados en la Recomendación UIT-R SA.1159;
- c) que los criterios de interferencia sirven para el desarrollo de criterios de compartición de bandas entre sistemas, incluyendo los que funcionan en otros servicios;
- d) que los sistemas de los servicios de exploración de la Tierra por satélite (SETS) y de meteorología por satélite (MetSat) deben especificar umbrales de interferencia con niveles superiores o iguales a los admisibles;
- e) que en el Anexo 1 se presentan parámetros de sistemas representativos que constituyen la base para la determinación de criterios de interferencia para las transmisiones pertinentes del SETS y del servicio MetSat,

recomienda

que se utilicen los criterios de interferencia especificados en el Cuadro 1 como niveles de la potencia combinada admisible de la señal interferente en la salida de la antena de las estaciones del SETS y del servicio MetSat.

CUADRO 1

**Criterios de interferencia para las estaciones del SETS y del servicio MetSat
que utilizan vehículos espaciales en órbita geoestacionaria**

Banda de frecuencias (MHz)	Potencia de la señal interferente (dBW) en la anchura de banda de referencia que no debe rebasarse durante más del 20% del tiempo	Potencia de la señal interferente (dBW) en la anchura de banda de referencia que no debe rebasarse durante más del p% del tiempo
1 670-1 710 espacio-Tierra	-158,0 dBW por 1 MHz	-152,8 dBW por 1 MHz $p = 0,025$
2 025-2 110 Tierra-espacio	-139,9 dBW por 1 MHz	-136,6 dBW por 1 MHz $p = 0,025$
25 500-27 000 espacio-Tierra	-144,6 dBW por 10 MHz	-133,0 dBW por 10 MHz $p = 0,25$

NOTA 1 – La potencia de la señal interferente (dBW) en las anchuras de banda de referencia se especifica para la recepción con ángulos de elevación $\geq 3^\circ$.

NOTA 2 – El nivel de potencia total de la señal interferente que puede excederse durante no más del $x\%$ del tiempo, siendo x menor del 20% pero superior al porcentaje de tiempo corto especificado ($p\%$ del tiempo), puede determinarse mediante interpolación entre los valores especificados utilizando una escala logarítmica (base 10) para el porcentaje de tiempo y una escala lineal para la densidad de potencia de la señal interferente (dB).

NOTA 3 – Los criterios de interferencia pueden expresarse como las densidades de flujo de potencia admisibles en el haz principal de la antena receptora sustrayendo $10 \log(G \lambda^2/4\pi)$ del valor indicado en el Cuadro 1, siendo G la ganancia de la antena receptora y λ la longitud de onda.

NOTA 4 – Aunque los criterios de interferencia se basan en los sistemas descritos en el Anexo, los criterios de interferencia se aplican a todos los sistemas que funcionan en las bandas de frecuencia en cuestión y que realizan las funciones de servicio especificadas.

Anexo

Bases para la determinación de los criterios de referencia

Este Anexo presenta los parámetros utilizados con la metodología de la Recomendación UIT-R SA.1022 para obtener los criterios de interferencia para las transmisiones por el enlace descendente de datos brutos obtenidos por instrumentos a las estaciones terrenas principales pertenecientes al operador del satélite y la difusión de datos a las estaciones de usuario.

1 Transmisiones por el enlace descendente de datos brutos obtenidos por instrumentos a las estaciones terrenas principales

En el Cuadro 2 se desarrollan los criterios para las transmisiones por el enlace descendente de datos brutos obtenidos por instrumentos a las estaciones terrenas principales, en las cuales toda la interferencia entra directamente en la estación terrena receptora y no se recibe ninguna interferencia en dichas estaciones a través del satélite que origina los datos.

Los criterios de interferencia pueden expresarse como las densidades de flujo de potencia admisibles en el haz principal de la antena receptora sustrayendo $10 \log(G \lambda^2/4\pi)$ de los valores indicados en el Cuadro 2, siendo G la ganancia de la antena receptora y λ la longitud de onda.

CUADRO 2

Calidad de los datos de las transmisiones por el enlace descendente de datos brutos obtenidos por instrumentos a las estaciones terrenas principales utilizados como base para establecer los criterios de interferencia de las estaciones que funcionan con satélites de órbita geoestacionaria

a) Banda de frecuencias 1 670-1 710 MHz

Parámetro del enlace		Valor	Notas
p.i.r.e. del enlace descendente		16,1 dBW	
Pérdidas en el enlace descendente		190,1 dB	Espacio libre, polarización y puntería de antena
G/T del enlace descendente		24,4 dB(K ⁻¹)	
C/N_0 del enlace descendente		79,0 dB/Hz	
Velocidad de transmisión de datos		2,6 Mbit/s	
C/N_0 requerida		78,1 dB/Hz	BER de 1×10^{-6} 2,2 dB de pérdidas de realización 1 dB de pérdidas de modulación
Margen		0,9 dB	A largo plazo y a corto plazo
Ganancia de la antena receptora		45,1 dBi	
Densidad de ruido del receptor		-207,9 dB(W/Hz)	
Criterios de interferencia	A largo plazo	-153,9 dB(W/2,6 MHz)	$q = 1/3$ y $M_{min} = 1,2$ dB
	A corto plazo	-148,7 dB(W/2,6 MHz)	$q = 1$ y $M_{min} = 1,2$ dB

b) Banda de frecuencias 25,5-27,0 GHz

Parámetro del enlace		Valor	Notas
p.i.r.e. del enlace descendente		55,5 dBW	
Pérdidas en el enlace descendente	A largo plazo	227,9 dB	Espacio libre, lluvia y atmosférica, polarización y puntería de antena
	A corto plazo	231,3 dB	7,1 dB de pérdidas en exceso
G/T del enlace descendente		37,6 dB(K ⁻¹)	
C/N_0 del enlace descendente	A largo plazo	93,8 dB/Hz	
	A corto plazo	90,4 dB/Hz	
Velocidad de transmisión de datos		164 Mbit/s	
C/N_0 requerida		88,7 dB/Hz	BER de 1×10^{-9} 1,5 dB de pérdidas de realización 1,75 dB de pérdidas de modulación
Margen	A largo plazo	5,1 dB	
	A corto plazo	1,7 dB	
Ganancia de la antena receptora		60,6 dBi	Incluidas las pérdidas de puntería
Densidad de ruido del receptor		-205,6 dB(W/Hz)	
Criterios de interferencia	A largo plazo	-144,6 dB(W/10 MHz)	$q = 0,1$ y $M_{min} = 4,5$ dB
	A corto plazo	-133,0 dB(W/10 MHz)	$q = 1$ y $M_{min} = 4,5$ dB

2 Difusión de datos a las estaciones de usuario

La difusión de datos procesados de alta resolución viene afectada por la interferencia recibida en la estación a través del satélite así como por la interferencia transmitida directamente a la estación en la banda 1 670-1 710 MHz. Los datos procesados de alta resolución se transmiten hacia el satélite en la banda 2 025-2 110 MHz y se retransmiten, junto con las señales de interferencia que llegan al satélite en la misma banda, a los receptores de la estación terrena a través de transpondedores de satélite de ganancia fija.

Las relaciones entre las densidades de la portadora y del ruido más la interferencia en los enlaces ascendente y descendente son, respectivamente:

$$\left(\frac{C}{N_0 + I_0} \right)_{\text{ascendente}} = \frac{(C/N_0)_{\text{ascendente}}}{1 + \frac{I_{01}}{k T_1}}$$

y

$$\left(\frac{C}{N_0 + I_0} \right)_{\text{descendente}} = \frac{(C/N_0)_{\text{descendente}}}{1 + \frac{I_{02}}{k T_2}}$$

siendo:

I_{01} e I_{02} : densidades de interferencia transmitidas al satélite y al receptor de la estación

T_1 y T_2 : temperaturas de ruido del sistema de los receptores del satélite y la estación

k : constante de Boltzmann.

La relación compuesta entre las densidades de la portadora y del ruido más la interferencia es:

$$\frac{C}{N_0 + I_0} = \left[\left(\frac{C}{N_0 + I_0} \right)_{\text{ascendente}}^{-1} + \left(\frac{C}{N_0 + I_0} \right)_{\text{descendente}}^{-1} \right]^{-1}$$

Con arreglo a la Recomendación UIT-R SA.1022 esta fórmula también puede expresarse de la forma siguiente:

$$\frac{C}{N_0 + I_0} = M^{-q} \frac{C}{N_0}$$

siendo:

M : margen libre de interferencia que se permite consumir a la interferencia

q : acción de the interference-free margin that the interference is allowed to consume

C/N_0 : relación compuesta entre las densidades de la portadora y del ruido expresada por:

$$C/N_0 = \left[(C/N_0)_{\text{ascendente}}^{-1} + (C/N_0)_{\text{descendente}}^{-1} \right]^{-1}$$

De las ecuaciones anteriores se puede deducir:

$$M^q = 1 + \frac{\frac{I_{01}}{k T_1} (C/N_0)_{\text{ascendente}} + \frac{I_{02}}{k T_2} (C/N_0)_{\text{descendente}}}{(C/N_0)_{\text{ascendente}} + (C/N_0)_{\text{descendente}}}$$

Se supone que la interferencia en el enlace ascendente y en el enlace descendente se distribuye de manera que una parte p de la interferencia que afecta a la estación terrena se recibe a través del satélite y una parte $1 - p$ se transmite directamente a la estación. Es conveniente que p tenga un valor próximo

a 1/2 para lograr un equilibrio razonable entre la interferencia atribuida al enlace ascendente y al enlace descendente. Para un transpondedor de ganancia fija puede demostrarse que:

$$\frac{I_{02}}{k T_2} = \frac{1 - p}{p} \frac{I_{01}}{k T_1} \frac{(C/N_0)_{descendente}}{(C/N_0)_{ascendente}}$$

de manera que:

$$M^q = 1 + \frac{1}{p} \frac{I_{01}}{k T_1} \left[1 + \frac{(C/N_0)_{ascendente}}{(C/N_0)_{descendente}} \right]^{-1}$$

De acuerdo con ello, la densidad de la interferencia admisible en el enlace ascendente pasa a ser:

$$I_{01} = 1 + p k T_1 \left[1 + \frac{(C/N_0)_{ascendente}}{(C/N_0)_{descendente}} \right] (M^q - 1) \quad \text{para } M > M_{\min}$$

donde, de acuerdo con la Recomendación UIT-R SA.1022, M_{\min} es el margen libre de interferencia más pequeño para el cual únicamente una parte q del margen es consumido por la interferencia. En consecuencia, la densidad de interferencia en el enlace ascendente admisible es:

$$I_{02} = (1 - p) k T_2 \left[1 + \frac{(C/N_0)_{descendente}}{(C/N_0)_{ascendente}} \right] (M^q - 1) \quad \text{para } M > M_{\min}$$

En el Cuadro 3 se resume el cálculo de I_{01} e I_{02} para datos de alta resolución, suponiendo que $p = 1/2$, $q = 1/3$, y $M_{\min} = 1,2$ dB para la interferencia a largo plazo y que $p = 1/2$, $q = 1$, y $M_{\min} = 1,2$ dB para la interferencia a corto plazo.

Los criterios de interferencia pueden expresarse como las densidades de flujo de potencia admisibles en el haz principal de la antena receptora sustrayendo $10 \log(G \lambda^2/4\pi)$ de los valores indicados en el Cuadro 3, siendo G la ganancia de la antena receptora y λ la longitud de onda.

CUADRO 3

Análisis de la calidad utilizado como base para establecer los criterios de interferencia de la difusión de datos de alta resolución a estaciones terrenas que utilizan satélites geoestacionarios

Parámetro del enlace	Valor	Notas
p.i.r.e. del enlace ascendente	72,1 dBW	
Pérdidas en el enlace ascendente	191,7 dB	Espacio libre, polarización y puntería de antena
G/T del enlace ascendente	-17,5 dB(K ⁻¹)	Mediciones posteriores al lanzamiento
C/N_0 del enlace ascendente	91,5 dB/Hz	
p.i.r.e. del enlace descendente	23,8 dBW	
Pérdidas en el enlace descendente	190,1 dB	Espacio libre, polarización y puntería de antena
G/T del enlace descendente	15,2 dB(K ⁻¹)	
C/N_0 del enlace descendente	77,5 dB/Hz	
C/N_0 compuesta	77,3 dB/Hz	
Velocidad de transmisión de datos	2,11 Mbit/s	
C/N_0 requerida	75,9 dB/Hz	BER de 1×10^{-6} 1,9 dB de pérdidas de realización
Margen	1,4 dB	

CUADRO 3 (*fin*)

Parámetro del enlace		Valor	Notas
Ganancia de la antena de recepción del enlace ascendente		9,5 dBi	
Densidad de ruido del enlace ascendente		-201,6 dB(W/Hz)	$T = 500$ K
Criterio de interferencia del enlace ascendente (2 025-2 110 MHz)	A largo plazo	-136,7 dB(W/2,11 MHz)	$q = 1/3$
	A corto plazo	-133,4 dB(W/2,11 MHz)	$q = 1$
Ganancia de la antena de recepción del enlace descendente		39,5 dBi	
Densidad de ruido del enlace descendente		-204,3 dB(W/Hz)	$T = 269$ K
Criterio de interferencia del enlace descendente (1 670-1 710 MHz)	A largo plazo	-153,4 dB(W/2,11 MHz)	$q = 1/3$
	A corto plazo	-148,1 dB(W/2,11 MHz)	$q = 1$

3 Conclusiones

3.1 Banda de frecuencias 1 670-1 710 MHz

El estudio anterior proporciona dos conjuntos diferenciados de criterios de interferencia para las transmisiones por el enlace descendente de datos brutos obtenidos por instrumentos a las estaciones terrenas principales y para la difusión de datos a las estaciones de usuario, respectivamente.

Se entiende que las transmisiones por el enlace descendente de datos brutos obtenidos por instrumentos a las estaciones terrenas principales son los sistemas más representativos en la banda. Con fines de simplificación, se propone además que se normalicen los criterios en una anchura de banda de 1 MHz, lo cual resulta en los valores siguientes:

- largo plazo: -158,0 dBW/MHz
- corto plazo: -152,8 dBW/MHz.

3.2 Banda de frecuencias 2 025-2 110 MHz

El estudio anterior proporciona un único conjunto de criterios de interferencia para los sistemas de difusión de datos. Con fines de simplificación, se propone además que se normalicen los criterios en una anchura de banda de 1 MHz, lo cual resulta en los valores siguientes:

- largo plazo: -139,9 dBW/MHz
- corto plazo: -136,6 dBW/MHz

3.3 Banda de frecuencias 25,5-27 GHz

El estudio anterior proporciona un único conjunto de criterios de interferencia para las transmisiones por el enlace descendente de datos brutos obtenidos por instrumentos a la recepción principal, que representa la nueva generación de sistemas que utilizan la banda 25,5-27 GHz y que da como resultado los siguientes valores:

- largo plazo: -144,6 dBW/10 MHz
- corto plazo: -133,0 dBW/10 MHz