

UIT-R

Sector de Radiocomunicaciones de la UIT

Recomendación UIT-R SA.1155-2
(07/2017)

Criterios de protección relativos a la explotación de los sistemas de satélites de retransmisión de datos

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.1155-2

Criterios de protección relativos a la explotación de los sistemas de satélites de retransmisión de datos

(1995-2013-2017)

Cometido

En la presente Recomendación se especifican los criterios de protección para los sistemas de satélites de retransmisión de datos y los presenta en forma de valores I_0/N_0 , y ofrece un estudio y un texto de apoyo coherente y pertinente respecto de los criterios de protección.

Palabras clave

DRS, espacio-Tierra, Tierra-espacio, espacio-espacio, enlace de conexión de ida, enlace de conexión de retorno

Recomendaciones del UIT-R relacionadas

Recomendaciones UIT-R SA.510, UIT-R SA.1018, UIT-R SA.1019, UIT-R SA.1274, UIT-R SA.1275, UIT-R SA.1276, UIT-R SA.1414

La Asamblea de Radiocomunicaciones de la UIT,

considerando

- a) que ya hay sistemas de satélites de retransmisión de datos funcionando o planificados de acuerdo con el sistema ficticio de referencia descrito en la Recomendación UIT-R SA.1018;
- b) que estos sistemas de satélites de retransmisión de datos soportan enlaces con características muy distintas, como se describe en la Recomendación UIT-R SA.1414;
- c) que en la Recomendación UIT-R SA.1019 se identifican las bandas de frecuencias preferidas para los sistemas de satélites de retransmisión de datos;
- d) que en todas las bandas de frecuencias preferidas, identificadas en la Recomendación UIT-R SA.1019, es necesaria la compartición entre los sistemas de satélites de retransmisión de datos y otros sistemas espaciales y terrenales de radiocomunicaciones;
- e) que en el futuro va a incrementarse el número de sistemas espaciales y terrenales de radiocomunicaciones que utilizan bandas compartidas con los sistemas de satélites de retransmisión de datos, lo cual se traducirá en un aumento de las posibles situaciones de interferencia;
- f) que los márgenes del enlace para los enlaces de ida y de retorno de los satélites de retransmisión de datos normalmente son de 2 a 4 dB, pero en ciertos casos pueden ser del orden de 1 dB;
- g) que el margen de diseño del enlace para el enlace espacio-espacio es a menudo el factor que introduce limitaciones;
- h) que los sistemas de satélites de retransmisión de datos transmitirán y recibirán señales de los servicios de operaciones espaciales, investigación espacial, exploración de la Tierra por satélite, fijo por satélite, y entre satélites;
- i) que el Anexo contiene información técnica detallada sobre los criterios de protección,

recomienda

- 1 que se utilicen los criterios de protección, especificados como relación entre la densidad espectral de potencia de interferencia combinada máxima y la potencia de ruido aditiva, procedente de todas las fuentes, que no deben rebasarse más del 0,1% del tiempo, para los diversos enlaces de los sistemas de satélites de retransmisión de datos que se indican en el Cuadro 1;
- 2 que los criterios de protección del Cuadro 1 se utilicen como base en los estudios para la elaboración de criterios de compartición con otros sistemas terrenales y espaciales.

CUADRO 1

Criterios de protección

Enlace del satélite de retransmisión de datos	Ubicación del receptor	I_0/N_0 (dB)
Enlace de ida entre órbitas 2 025-2 110 MHz 13,4-14,3 GHz 22,55-23,55 GHz	Vehículo espacial del usuario	-10
Enlace de retorno entre órbitas 2 200-2 290 MHz 14,5-15,35 GHz 25,25-27,5 GHz	Satélite de retransmisión de datos	-10
Enlace de conexión de ida 14,5-15,35 GHz 27,5-31,0 GHz	Satélite de retransmisión de datos	-6
Enlace de conexión de retorno 13,4-14,05 GHz 10,7-10,95 GHz 17,7-21,2 GHz 25,5-27 GHz (véase la Nota)	Estación terrena	-6

Nota – En la banda de frecuencias 25,5-27 GHz, el enlace de conexión de retorno transporta señales en los servicios de investigación espacial y de exploración de la Tierra por satélite.

Anexo

Análisis de la posibilidad de interferencia en los enlaces de satélites de retransmisión de datos

1 Introducción

Gran parte del espectro adecuado para la investigación espacial está también atribuido a otros servicios y, en consecuencia, es necesario compartir las frecuencias entre los servicios. En la presente Recomendación se examinan los factores que intervienen en la posibilidad de causar interferencia en los enlaces hacia estaciones espaciales geoestacionarias que funcionan como satélites de retransmisión de datos procedentes de vehículos espaciales en órbita baja de los servicios de

investigación espacial, operaciones espaciales y exploración de la Tierra por satélite así como de estaciones terrenas de estos mismos servicios o del servicio fijo por satélite. Se especifican los criterios de protección adecuados para estos servicios en las bandas de frecuencias comprendidas entre 2 y 30 GHz. Estos criterios de protección deben utilizarse en los análisis de coordinación e interferencia cuando no se disponga de datos sobre el sistema real.

2 Consideraciones generales

Los sistemas de investigación espacial, de operaciones espaciales y de exploración de la Tierra en las regiones próximas a la Tierra se han basado siempre en comunicaciones bidireccionales regulares y sin interferencia entre vehículos espaciales y centros de control u otras instalaciones en la Tierra. Sin embargo la evolución y ampliación de estas actividades han pasado a depender de los satélites de retransmisión de datos, descritos en la Recomendación UIT-R SA.1414.

Esas operaciones dependen de los enlaces espacio-espacio, que son más difíciles de diseñar e implementar que los enlaces espacio-Tierra, porque tanto el sistema transmisor como el sistema receptor se encuentran sometidos a limitaciones de masa y potencia y, en la mayoría de los casos, también a las limitaciones inherentes al control a distancia y a la imposibilidad de mantenimiento de los sistemas situados a bordo de vehículos espaciales.

Se tiende a que los sistemas de estos tipos utilicen métodos de modulación eficaces en anchura de banda tales como MDP-2 y MDP-4, complementados con técnicas de codificación de errores sin canal de retorno, tales como la codificación convolucional y la codificación por bloques, con el fin de aumentar la calidad de la señal y reducir la potencia de señal necesaria. En algunos sistemas se emplean técnicas de modulación de espectro ensanchado para disminuir la densidad de potencia de la señal y se utilizan técnicas de modulación de secuencias pseudoaleatorias (similares o idénticas a las técnicas de modulación de espectro ensanchado) para efectuar mediciones de distancia a fin de determinar la ubicación del vehículo espacial. También se utilizan dispositivos de bucle de enganche de fase durante las secuencias de búsqueda, adquisición y seguimiento.

3 Criterios de protección

En los enlaces espacio-Tierra y Tierra-espacio conviene reducir al mínimo los márgenes del enlace para ahorrar masa y potencia, para disminuir las posibilidades de interferencia y por razones económicas. En los enlaces espacio-espacio este interés es aún mayor puesto que ambos extremos del enlace se encuentran a bordo de vehículos espaciales. Valores típicos de los márgenes de diseño del enlace global, que, en el caso de satélites de retransmisión de datos, consideran el enlace espacio-espacio en tándem con el enlace espacio-Tierra o con el enlace Tierra-espacio (denominado, a veces, enlace de conexión), son normalmente de 2-4 dB, pero en ocasiones pueden ser del orden de 1 dB, una vez tenidos en cuenta todos los márgenes necesarios para compensar los efectos de los fenómenos meteorológicos sobre el enlace de conexión. El margen de diseño del enlace para los enlaces espacio-espacio es a menudo el factor que impone una limitación, debido a las grandes limitaciones de lanzamiento al espacio de los sistemas de transmisión y recepción, en contraste con la posibilidad de aumentar el tamaño de la antena de una estación receptora en la superficie.

Habida cuenta de estos reducidos márgenes de diseño, una reducción del margen del enlace de 0,2 dB ocasionada por la interferencia podría ser perjudicial para los enlaces espacio-espacio.

Sin embargo, en la mayoría de los casos, especialmente a las frecuencias más elevadas, estos enlaces no se verán permanentemente afectados por una sola fuente de interferencia procedente de la superficie, puesto que la geometría del enlace varía constantemente debido al movimiento del vehículo espacial en órbita baja. Por otro lado, los modelos de interferencia que se repiten siempre

que aparece una geometría de enlaces específica causarán problemas sistemáticos a las observaciones en tiempo real de la superficie de la Tierra desde un vehículo espacial en órbita baja.

Los niveles de interferencia perjudicial a los enlaces Tierra-espacio dependerán de la distribución de márgenes entre los enlaces en tándem Tierra-espacio y espacio-espacio. La geometría de los enlaces Tierra-espacio dirigidos hacia los satélites de retransmisión de datos no varía con el tiempo.

En el análisis que sigue se supone un valor fijo de reducción del margen del enlace de 0,4 dB debido a la interferencia procedente de una sola fuente; este valor se ha utilizado en otros casos similares. Corresponde a un valor de la relación necesaria entre la potencia de interferencia y la potencia de ruido total del sistema (I/N) dentro de la anchura de banda de referencia de como mucho -10 dB.

3.1 Anchura de banda de referencia

Los sistemas utilizan tipos de modulación directa, de tal forma que la anchura de banda de referencia en la que debe especificarse la relación de protección depende de la velocidad de transmisión de datos más baja y de la anchura de banda del receptor que probablemente se utilizará. Para enlaces espacio-espacio que funcionan en frecuencias de la banda de 2 GHz, es probable que la velocidad de transmisión de datos mínima sea de aproximadamente 1 kbit/s, mientras que para las bandas de frecuencias más elevadas es probable que sea de al menos 1 Mbit/s. Así pues, el valor recomendado para el ancho de banda de referencia en la banda de 2 GHz es 1 kHz, y en la banda más elevada es 1 MHz.

3.2 Porcentaje de tiempo de referencia

En misiones tripuladas, una interrupción de las comunicaciones de más de 5 min durante fases críticas, tales como citas y acoplamientos con otros vehículos espaciales o actividades extravehiculares, podría afectar seriamente la misión.

En misiones tripuladas y no tripuladas, el valor de referencia es el 0,1% del tiempo. Para el enlace espacio-espacio, el porcentaje de tiempo debe referirse al periodo en que el satélite usuario está a la vista del correspondiente satélite de retransmisión de datos (DRS), ya que este último corresponde al tiempo en que tienen lugar las comunicaciones, y la interferencia en la recepción que se produce cuando no hay comunicaciones no tiene relevancia.

3.3 Niveles de protección necesarios

Las comunicaciones a través de un satélite de retransmisión de datos comprenden dos enlaces en serie, ya sea «de ida», es decir un enlace «de conexión» Tierra-espacio en tándem con un enlace «entre órbitas» espacio-espacio, o «de retorno», es decir un enlace «entre órbitas» espacio-espacio en tándem con un enlace «de conexión» espacio-Tierra.

Para determinar los niveles de protección debe considerarse tanto al enlace de conexión como al enlace entre órbitas.

3.3.1 Enlaces espacio-espacio

La temperatura de ruido total de un receptor típico de estación espacial es generalmente de 600 K a 2 GHz y aumenta hasta 1 200 K a 20 GHz, cuando la antena del vehículo espacial apunta a la Tierra (290 K). Estos valores de ruido deberían ser usados cuando los valores actuales no están disponibles para determinar que se cumple el requisito de -10 dB para I/N .

La contribución de ruido del enlace de conexión de ida es pequeña debido a la ganancia de transmisión negativa de los satélites de retransmisión de datos y, en consecuencia, no se ha considerado.

3.3.2 Enlaces DRS-Tierra y Tierra-DRS

En el Cuadro 2 se muestran algunos ejemplos de la interacción entre las dos partes del enlace extremo a extremo global, tanto para los enlaces de retorno como para los enlaces directos, y para varias bandas de frecuencias diferentes. Los márgenes del enlace son valores típicos de enlaces de sistema representativos. Dado que los enlaces están típicamente «acodados», es decir, que no existe procesamiento a bordo en el DRS, el ruido es aditivo, y el margen de enlace global viene determinado por una combinación en cascada de los márgenes de los enlaces individuales. En algunos casos, ambos enlaces tienen un margen similar (por ejemplo, retorno 15 GHz/13 GHz) y son prácticamente igual de sensibles al ruido. En otros casos, el enlace espacio-espacio tiene un margen mucho más bajo que el enlace de conexión (por ejemplo, retorno 2 GHz/13 GHz, directo 15 GHz/13 GHz), por lo que el primero es mucho más sensible al ruido. Esto significa que puede permitirse una mayor interferencia en los enlaces de conexión, por lo que el criterio de I/N para dichos enlaces se rebaja a -6 dB.

CUADRO 2
Interferencia en un satélite de retransmisión de datos

Enlace de retorno	Banda →	2/13		15/13	
Enlace usuario-DRS	Margen en DRS (dB)	4,01	4,01	3,31	3,31
	Degradación (dB)	0,40	0,00	0,40	0,00
	Margen en DRS – degradado (dB)	3,61	4,01	2,91	3,31
Enlace DRS-Tierra	Margen en Tierra (dB)	50,30	50,30	4,45	4,45
	Degradación (dB)	0,00	1,00	0,00	1,00
	Margen en Tierra – degradado (dB)	50,30	49,30	4,45	3,45
Enlace extremo a extremo	Margen – total (dB)	4,01	4,01	0,83	0,83
	Degradación (dB)	0,40	0,00	0,23	0,46
	Margen total – degradado (dB)	3,61	4,01	0,60	0,37
Enlace directo	Banda →	15/2		15/13	
Enlace Tierra-DRS	Margen en DRS (dB)	35,04	35,04	23,63	23,63
	Degradación (dB)	0,00	1,00	0,00	1,00
	Margen en DRS – degradado (dB)	35,04	34,04	23,63	22,63
Enlace DRS-usuario	Margen en usuario (dB)	3,90	3,90	3,50	3,50
	Degradación (dB)	0,40	0,00	0,40	0,00
	Margen en usuario – degradado (dB)	3,50	3,90	3,10	3,50
Enlace extremo a extremo	Margen – total (dB)	3,90	3,90	3,46	3,46
	Degradación (dB)	0,40	0,00	0,40	0,01
	Margen total – degradado (dB)	3,50	3,90	3,06	3,45