

UIT-R

Sector de Radiocomunicaciones de la UIT

Recomendación UIT-R SA.2141-0
(12/2021)

**Características de los sistemas del servicio
de investigación espacial en la gama
de frecuencias 14,8-15,35 GHz**

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 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, 2022

© UIT 2022

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.2141-0

**Características de los sistemas del servicio de investigación espacial
en la gama de frecuencias 14,8-15,35 GHz**

(2021)

Cometido

En esta Recomendación se facilitan las características técnicas y operativas del sistema para el servicio de investigación espacial en la banda de 14,8-15,35 GHz. Estas características deben tomarse en consideración en los estudios de compartición y compatibilidad.

Palabras clave

Características de sistemas, servicio de investigación espacial (SIE), espacio-Tierra, Tierra-Espacio, espacio-espacio, enlace de conexión directo, satélites de retransmisión de datos (SRD)

Recomendaciones e Informes UIT-R conexos

Recomendación UIT-R SA.364-6 – Frecuencias y anchos de banda preferidos para los satélites tripulados y no tripulados cercanos a la Tierra del servicio de investigación espacial

Recomendación UIT-R SA.510-3 – Viabilidad de la compartición de frecuencias entre el servicio de investigación espacial y otros servicios en las bandas cercanas a 14 y 15 GHz – Interferencia potencial procedente de los sistemas de satélites de retransmisión de datos

Recomendación UIT-R SA.609-2 – Criterios de protección para los enlaces de radiocomunicación con satélites de investigación espacial, tripulados o no tripulados, próximos a la Tierra

Recomendación UIT-R SA.1018-1 – Sistema ficticio de referencia para los sistemas que comprenden satélites de retransmisión de datos en la órbita geoestacionaria y su vehículo espacial de usuario en órbitas bajas

Recomendación UIT-R SA.1019-1 – Bandas de frecuencias y sentidos de transmisión para redes y sistemas de satélites de retransmisión de datos

Recomendación UIT-R SA.1155-2 – Criterios de protección relativos a la explotación de los sistemas de satélites de retransmisión de datos

Recomendación UIT-R SA.1414-2 – Características de los sistemas de satélites de retransmisión de datos

Recomendación UIT-R SA.1626-1 – Viabilidad de la compartición entre el servicio de investigación espacial (espacio-Tierra) y los servicios fijo y móvil en la banda 14,8-15,35 GHz

La Asamblea de Radiocomunicaciones de la UIT,

considerando

- a)* que en la banda 14,8-15,35 GHz, los servicios fijo y móvil están atribuidos a título primario, estando atribuido a título secundario el servicio de investigación espacial (SIE) sin que se especifique el sentido de la transmisión;
- b)* que el SIE (pasivo) y el servicio de exploración de la Tierra por satélite (SETS) (pasivo) están atribuidos a título secundario con arreglo al número **5.339** del Reglamento de Radiocomunicaciones (RR) en la banda 15,20-15,35 GHz;
- c)* que los servicios SIE (pasivo), SETS (pasivo) y de radioastronomía están atribuidos a título primario en la banda de 15,35-15,4 GHz, con sujeción a lo establecido en los números **5.340** y **5.511** del RR;

d) que los sistemas de satélite de retransmisión de datos explotados por varias administraciones utilizan la banda de 14,8-15,35 GHz tanto para los enlaces de usuario entre órbitas (espacio-espacio) como para los enlaces de conexión ascendentes (Tierra-espacio);

e) que los enlaces descendentes de banda ancha del SIE están sometidos al requisito de transmitir en el futuro datos científicos a alta velocidad;

f) que en el punto 1.13 del orden del día de la CMR-23 se propone considerar que la asignación a título secundario del SRS en esta banda pase a ser a título primario,

reconociendo

a) que la banda de frecuencias 14,8-15,35 GHz la utilizan actualmente los satélites de retransmisión de datos en los enlaces entre satélites, lo que permite establecer comunicaciones con los satélites en órbitas no geoestacionarias (no OSG), comprendidos los vuelos tripulados del SIE;

b) que la banda de frecuencias 14,8-15,35 GHz también la utilizan los actuales enlaces de datos de alta velocidad de los satélites no OSG del SIE y que está prevista su utilización por los sistemas del futuro;

c) que estos satélites son necesarios para la explotación de los telescopios y otros instrumentos pasivos utilizados en la medición de fenómenos tales como la magnetosfera terrestre y las erupciones solares,

recomienda

que las características técnicas y operacionales de los sistemas del servicio de investigación espacial en la banda de 14,8-15,35 GHz que figuran en el Anexo 1 se consideren en los estudios de compartición y de compatibilidad.

Anexo 1

Características técnicas y operacionales de los sistemas del servicio de investigación espacial en la banda de 14,8-15,35 GHz

1 Introducción

Los sistemas del Servicio de investigación espacial (SIE) utilizan la banda de 14,8-15,35 GHz para las aplicaciones siguientes:

- enlaces descendentes directos de datos desde misiones del SIE (con varios tipos de órbita) hasta estaciones terrenas de todo el mundo;
- enlaces ascendentes de conexión Tierra-espacio desde estaciones terrenas de sistemas de satélites de retransmisión de datos (SRD) hasta satélites de sistemas de retransmisión de datos OSG;
- enlaces interorbitales espacio-espacio desde vehículos espaciales de usuario hasta satélites SRD OSG.

Las características de cada uno de ellas se analizan a continuación.

2 Características de los enlaces descendentes directos de datos del SIE en la banda de 14,8-15,35 GHz

Cabe esperar que la cantidad de misiones del SIE que utilizan enlaces descendentes directos de datos en esta banda se restrinja, con objeto de que haya aproximadamente de tres a cinco satélites por año en todo el mundo. Por lo general, dichos satélites se desplegarán en órbita terrestre baja, con inclinación polar o ecuatorial, algunos de ellos en órbita geoestacionaria y otros en órbitas HEO o en los puntos de libración L1 o L2, así como en órbitas lunares o en la superficie lunar. Para la mayoría de esos tipos de órbita de las misiones del SIE, las características de los satélites del SIE que transmiten a través de enlaces descendentes directos de datos se reflejan en los balances de enlace que figuran en el Cuadro 1. Con respecto al vehículo espacial (S/C) del SIE en órbitas lunares o en la superficie lunar, los parámetros del balance de enlace variarán en función de las necesidades operacionales y de las técnicas de modulación y codificación avanzadas disponibles; no obstante, la DFP en la superficie de la Tierra no rebasaría los niveles especificados en la Recomendación UIT-R SA.1626.

Para la mayoría de los casos se realizó la hipótesis de que los enlaces soportan una velocidad de datos de 400 Mbit/s para el enlace espacio-Tierra, si bien algunos enlaces admiten hasta 1,2 Gbit/s. La densidad espectral de la p.i.r.e. se ajustó para satisfacer los límites de la dfp de la Recomendación UIT-R SA.1626 para todos los ángulos de elevación. También se realizó la hipótesis de que el diagrama de radiación de la antena receptora de la estación terrena del SIE se ajusta a la Recomendación UIT-R SA.509. La viabilidad de la compartición se evaluó sobre la base de los criterios de protección que figuran en la Recomendación UIT-R SA.609.

CUADRO 1

Ejemplos de balances de enlace de misiones SIE para enlaces descendentes directos de datos de alta velocidad

Caso	No OSG, 800 km de altitud y 5 grados de elevación de antena de la ET	No OSG, 800 km de altitud y 10 grados de elevación de antena de la ET	No OSG, 800 km de altitud y 90 grados de elevación de antena de la ET	OSG, 10 grados de elevación	HEO	HEO	L1/L2	L1/L2	
Frecuencia (GHz)	15,0	15,0	15,0	15,0	15,0	15,0	15,0	15, 15,2	
Longitud de onda (m)	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020		0,020		
Polarización	RHCP o LHCP								
Apogeo del satélite (km)	800	800	800	35 785	300 000	300 000	1 500 000	1 500 000	
Perigeo del satélite (km)	800	800	800	35 785	500	500	1 500 000	1 500 000	
Velocidad de datos (Mbit/s)	400	400	400	400	400	320	100	600 por canal	
Método de modulación	MDP-4 sin codificar							MDP-4 sin codificar	MDP-8
Potencia de transmisión del S/C (dBW)	5	5	5	13	13	11,8	13	23	
Filtro de transmisión del S/C, pérdidas en el cable (dBW)	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5	
Diámetro de la antena del transmisor del S/C (m)	0,38	0,38	0,38	0,86	1,5	1,5	1,5	2,3	
Eficacia de la antena de transmisión del S/C	0,55	0,55	0,55	0,55	0,6	0,6	0,6	0,6	
Ganancia de la antena de transmisión del S/C (dBi)	32,9	32,9	32,9	40,0	45,2	45	45,2	49	
PIRE de transmisión del S/C (dBW)	37,4	37,4	37,4	52,5	57,7	55,8	57,7	71,5	
Densidad máxima de p.i.r.e del S/C (dBW/MHz)	14,4	14,4	14,4	29,5	34,7	35,8	40,7	48,5	
Longitud del trayecto (km)	2 784	2 367	800	40 585	20 000	20 000	1 505 257	1 505 257	

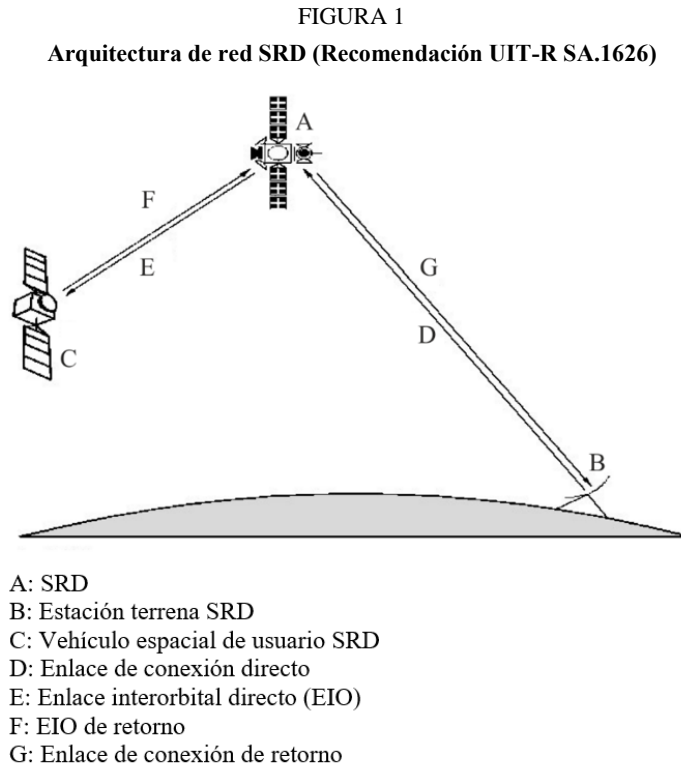
CUADRO 1 (fin)

Caso	No OSG, 800 km de altitud y 5 grados de elevación de antena de la ET	No OSG, 800 km de altitud y 10 grados de elevación de antena de la ET	No OSG, 800 km de altitud y 90 grados de elevación de antena de la ET	OSG, 10 grados de elevación	HEO	HEO	L1/L2	L1/L2
Pérdidas de trayecto en el espacio libre (dB)	184,9	183,5	174,0	208,1	225,5	225,5	239,5	239,5
$10 \cdot \log(4 \cdot \pi \cdot d^2)$	139,9	138,5	129,1	163,2	157,0	157,0	194,5	194,5
Ángulo de elevación de la antena de la ET receptora (grados)	5,0	10,0	90,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0
Límite de DFP (dBW/m ² MHz)	-124	-121,5	-114	-123,5	-121,5	-121,5	-121,5	-121,5
DFP en la superficie de la Tierra (dBW/m ² MHz)	-125,5	-124,1	-114,7	-133,7	-122,3	-161,7	-153,8	-147,3
Diámetro de la antena receptora de la ET	1,35	1,35	1,35	4,25	17,0	12,0	34,0	32,0
Eficiencia de la antena receptora de la ET	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7
Ganancia de la antena receptora de la ET (dBi)	45,0	45,0	45,0	54,9	67,0	64,0	73,0	72,5
Tolerancia en el borde del haz, pérdidas por lluvia y atenuación atmosférica (dB)	-3,0	-3,0	-3,0	-3,0	-4,0	-4,0	-4,0	-4,0
Temperatura de ruido del sistema receptor de la ET (grados K)	150,0	150,0	150,0	150,0	150,0	150	150,0	150
Potencia de ruido (dBW/Hz)	-206,8	-206,8	-206,8	-206,8	-206,8	-206,8	-206,8	-206,8
Pérdidas del receptor (dB)	-1,0	-1,0	-1,0	-1,0	-1,0	-1,0	-1,0	-1,0
Relación potencia por bit/de ruido (Eb/No) (dB)	13,9	15,3	24,7	15,6	14,5	17,7	12,5	18,5
Relación Eb/No teórica (1E-6 BER) (dB)	10,5	10,5	10,5	10,5	10,5	10,5	10,5	15
Relación Eb/No necesaria (1E-6 BER) (dB)	11,5	11,5	11,5	11,5	11,5	11,5	11,5	16
Margen Eb/No (dB)	2,4	3,8	13,2	4,1	3,0	6,2	1,0	2,5

NOTA – Para el vehículo espacial del SIE en órbita HEO, el margen de DFP se calcula para una altitud de transmisión mínima supuesta de 20 000 km y el margen de enlace se calcula para un alcance máximo de 300 000 km.

3 Sistemas de satélites de retransmisión de datos

Como se muestra en la Fig. 1 siguiente, la red SRD consta de varios satélites OSG que retransmiten señales entre las estaciones terrenas situadas en un emplazamiento central y los satélites de usuario de órbita baja. En determinadas redes SRD, el segmento de banda de 14,8-15,35 GHz se utiliza tanto para el «enlace de conexión directo» (desde la estación terrenal SRD hasta el satélite OSG SRD), que se representa como enlace D en la Fig. 1, como para el «enlace interorbital de retorno» SRD (desde el satélite de usuario hasta el satélite OSG SRD), que se muestra como enlace F en la Fig. 1.



SA.2141-01

3.1 Características de los enlaces de conexión directos de los satélites de retransmisión de datos del SIE

Las características de los enlaces de conexión directos SRD (véase el enlace D en la Fig. 1) que se utilizan en la banda de 14,8-15,35 GHz se proporcionan en el Cuadro 2.

CUADRO 2

Características de los enlaces de conexión directos Tierra- SRD en la banda Ku

Estación terrena de transmisión		
Red	Federación de Rusia	Estados Unidos de América
Emplazamiento	Federación de Rusia ⁽¹⁾	Estados Unidos de América ⁽¹⁾
Gama de frecuencias (GHz)	14,5-15,34 seleccionable	14,6-15,25 seleccionable
Descripción del enlace	Enlaces de conexión directos ⁽³⁾	Compuesto ⁽²⁾
Velocidad de transmisión	≤ 105 Mbit/s	≤ 25 Mbit/s
Modulación	MDP-4/MEE ⁽⁴⁾ , MDP-4	MDP
Polarización	Circular levógiara	Lineal
Tamaño de la antena (m)	13,1, 3,7, 3,0, 0,9	18,3
Ganancia de la antena transmisora (dBi)	63,3, 50,8, 49,8, 40,5	66,4
Diagrama de radiación de la antena transmisora	Rec. UIT-R S.580	Apéndice 8 del RR, Anexo III
Anchura de banda necesaria (MHz)	≤ 80 por canal	650 (compuesto)
Máxima densidad espectral de potencia (dB(W/Hz))	-47	-58
Máxima densidad espectral de p.i.r.e. (dB(W/Hz))	10,5	8,8
SRD de recepción		
Emplazamientos orbitales	Rec. UIT-R SA.1275 o Rec. UIT-R SA.1276 y 31° E (para Europa)	
Tamaño de la antena (m)	0,6	1,8
Ganancia de la antena receptora (dBi)	36	47,0
Diagrama de radiación de la antena receptora	Rec. UIT-R S.672	Rec. UIT-R S.672
Temperatura de ruido del sistema (K)	550	977
Disponibilidad del enlace (%)	99,9	99,9
Criterio de interferencia	Rec. UIT-R SA.1155	

⁽¹⁾ Las estaciones terrenas de la red de la Federación de Rusia están ubicadas en el interior del territorio de este país. Las estaciones terrenas de la red de Estados Unidos de América están situadas en White Sands (Nuevo México), Blossom Point (Maryland) y Guam. Las coordenadas de las estaciones son: 32,5° N, 106,60° W para White Sands; 38,43° N, 77,08° W para Blossom Point y 13,62° N, 144,86° E para Guam.

⁽²⁾ El enlace compuesto para la red de Estados Unidos de América se compone de un enlace de acceso simple en banda Ku (14/11 GHz).

⁽³⁾ El sistema SRD de la Federación de Rusia utiliza varios canales de enlace de conexión directos independientes en la banda Ku, así como enlaces de acceso simple en banda Ku (Ku-SA) y los enlaces para el sistema de comprobación técnica y corrección diferencial aumentados para el sistema GLONASS (GLONASS/SDCM).

⁽⁴⁾ MEE: Modulación de espectro ensanchado.

3.2 Características de los enlaces de retorno interorbitales de los sistemas de satélites de retransmisión de datos del SIE

Las características de los enlaces de retorno interorbitales SRD (véase el enlace F en la Fig. 1) que se utilizan en la banda de 14,8-15,35 GHz se proporcionan en el Cuadro 3.

CUADRO 3

Características del enlace de retorno vehículo espacial-SRD

Estación terrena de transmisión		
Red	Federación de Rusia	Estados Unidos de América
Emplazamientos orbitales	Principalmente de órbita terrena baja	
Gama de frecuencias (GHz)	14,76-15,34	14,891-15,116
Descripción del enlace	Enlaces de acceso simple (Ku-SA)	
Velocidad de transmisión	≤ 105 Mbit/s	≤ 300 Mbit/s
Modulación	MDP-8, MDP-4,	MDP
Polarización	Dextrógira	Circular
Tamaño de la antena (m)	≤ 1,2	≤ 1,5
Ganancia de la antena transmisora (dBi)	≤ 42,2	≤ 43
Diagrama de radiación de la antena transmisora	Rec. UIT-R S.672	
Anchura de banda necesaria (MHz)	≤ 80 por canal	≤ 225
Máxima densidad espectral de potencia (dB(W/Hz))	-71,5	-73,5
Máxima densidad espectral de p.i.r.e. (dB(W/Hz))	-29,3	-30,5
SRD de recepción		
Red	Federación de Rusia	Estados Unidos de América
Emplazamientos orbitales	Rec. UIT-R SA.1275 o Rec. UIT-R SA.1276	
Gama de frecuencias (GHz)	14,76-15,34	14,891-15,116
Tamaño de la antena (m)	4	4,9
Ganancia de la antena receptora (dBi)	52,6	52,6
Diagrama de radiación de la antena receptora	Rec. UIT-R S.672	
Temperatura de ruido del sistema (K)	550	661
Fiabilidad del enlace (%)	99,9	99,9
Criterio de interferencia	Rec. UIT-R SA.1155	