

Recomendación UIT-R SA.2979-1

(12-2023)

Serie SA: Aplicaciones espaciales y meteorología

**Compartición de frecuencias entre
sistemas del servicio de investigación
espacial y el servicio fijo por satélite en
la banda 37,5-38 GHz**

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 https://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, 2024

RECOMENDACIÓN UIT-R SA.2079-1

Compartición de frecuencias entre sistemas del servicio de investigación espacial y el servicio fijo por satélite (espacio-Tierra) en la banda 37,5-38 GHz

(2015-2023)

Cometido

Esta Recomendación trata de la compartición de frecuencias entre el Servicio de investigación espacial (SIE) y el Servicio fijo por satélite (SFS) en la banda 37,5-38 GHz (espacio-Tierra). Facilita los límites de p.i.r.e y de dfp para los sistemas espaciales VLBI (SVLBI) y los sistemas lunares del SIE, y los sistemas de órbita geoestacionaria (GSO) y de órbita elíptica muy inclinada (HEO) del SFS. También proporciona técnicas de mitigación que abarcan todos los tipos de sistemas no OSG del SFS, como las constelaciones de satélites de órbita baja (LEO) y media (MEO).

Palabras clave

Sistemas del SIE próximos a la Tierra, sistemas GSO y HEO del SFS, límites de p.i.r.e y de dfp, compartición de frecuencia, 37,5-38 GHz

La Asamblea de Radiocomunicaciones de la UIT,

considerando

- a) que el Servicio de investigación espacial (SRS) (e-T) posee una atribución a título primario en la banda 37-38 GHz y que el servicio fijo por satélite (SFS) (e-T) posee una atribución a título primario en la banda 37,5-42,5 GHz, y que esas atribuciones se solapan en la banda 37,5-38 GHz;
- b) que los criterios de protección para los enlaces descendentes del SIE en la banda 37-38 GHz figuran en la Recomendación UIT-R SA.1396;
- c) que el cálculo de la interferencia a una estación terrena del SIE debido a los efectos de la atmósfera y las precipitaciones debe basarse en las estadísticas meteorológicas durante el 0,001% del tiempo en el caso de las misiones tripuladas y durante el 0,1% del tiempo en el caso de las misiones no tripuladas;
- d) que los enlaces descendentes del SIE en el espacio lejano transportan a menudo datos relativos a sucesos científicos irrepetibles;
- e) que las emisiones de los enlaces descendentes en el espacio lejano poseen habitualmente una densidad de flujo de potencia (dfp) en la superficie de la Tierra muy inferior a la de cualquier otra señal de satélite y que, en consecuencia, es muy vulnerable a la interferencia de los satélites que operan en la misma banda de frecuencias;
- f) que los criterios de interferencia de los enlaces descendentes del SIE de interferometría con línea de base muy larga espacial (SVLBI) figuran en el Informe UIT-R SA.2065, y que esos enlaces pueden tolerar niveles de interferencia superiores a los indicados en la Recomendación UIT-R SA.1396;
- g) que la protección de los sistemas del SIE y del SFS que comparten la banda 37,5-38 GHz ha sido objeto de estudio en el Informe UIT-R SA.2307, cuyos resultados se sintetizan en el Anexo;
- h) que las transmisiones de los sistemas SVLBI y lunares del SIE cuyos niveles de p.i.r.e son inferiores a los límites proporcionados en el Informe UIT-R SA.2307 cumplen los criterios de protección de los sistemas GSO y HEO del SFS;

- i) que las transmisiones de los sistemas GSO y HEO del SFS cuyos niveles de p.i.r.e son inferiores a los límites que se proporcionan en la recomendación UIT-R S.1328 cumplen los criterios de protección de los sistemas SVLBI y lunares no tripulados del SIE, si bien las trasmisiones GSO del SFS requieren un límite de p.i.r.e menor para cumplir los criterios de protección de las misiones lunares tripuladas del SIE;
- j) que las transmisiones de los sistemas HEO del SFS que operan con arreglo a los límites de dfp proporcionados en el Cuadro 21-4 del Artículo 21 del Reglamento de Radiocomunicaciones de la UIT cumplen los criterios de protección de las misiones SVLBI y lunares del SIE;
- k) que se prevé que las constelaciones LEO y MEO del SFS que operan en esta banda de frecuencias utilicen haces orientables para atender la demanda de tráfico;
- l) que otros sistemas del SIE próximos a la Tierra que no sean SVLBI, por ejemplo las misiones Lagrange L1/L2, cuya temperatura de ruido sea baja (alrededor de 60 K) pueden ser unos 8 dB más sensibles a la interferencia que los sistemas lunares cuya temperatura de ruido de fondo sea la de la Luna (alrededor de 353 K);
- m) que durante un bajo porcentaje de tiempo, si las degradaciones de propagación en la banda de 37 GHz son intensas en condiciones de desvanecimiento, los sistemas de satélite en esta banda pueden aumentar su densidad espectral de p.i.r.e. para superar las condiciones de desvanecimiento,

reconociendo

- a) que los sistemas de satélite del SFS pueden utilizar la banda 37,5-38 GHz para aplicaciones de terminales de muy pequeña abertura (modo VSAT), o para aplicaciones de pasarela que utilizan antenas de gran tamaño (modo pasarela);
- b) que los sistemas del SFS que funcionan en modo VSAT pueden utilizar la banda 37,5-38 GHz al operar en zonas alejadas de las estaciones terrenas del SIE, y una banda de frecuencias distinta por encima de 38 GHz al operar en zonas próximas a dichas estaciones;
- c) que, en el caso de los sistemas del SFS que utilizan el modo pasarela, las estaciones de pasarela pueden situarse lejos de las estaciones terrenas del SIE,

recomienda

- 1 que las misiones del SIE en el espacio lejano utilicen la banda 37-37,5 GHz en la medida de lo posible a fin de lograr plena protección de conformidad con la Recomendación UIT-R SA.1396;
- 2 que las misiones lunares tripuladas del SIE en la banda 37,5-38 GHz utilicen el criterio de protección de rebasamiento del 0,1% de los sistemas del SFS, en lugar del 0,001%;
- 3 que, con objeto de satisfacer el criterio de protección del SFS, los sistemas SVLBI y lunares del SIE que transmiten en la banda 37,5-38 GHz funcionen por debajo de los niveles máximos de densidad espectral de p.i.r.e o por debajo de los niveles de dfp, en condiciones de cielo despejado, en las estaciones terrenas del SFS que figuran en el cuadro siguiente (Nota 1);

Sistemas del SIE	Máxima densidad espectral de p.i.r.e (dBW/MHz)	Límite de dfp en la superficie de la Tierra (dBW/MHz/m ²)
SVLBI	32	-127
Lunar	56	-128

- 4 que, a fin de cumplir los criterios de interferencia de los sistemas SVLBI y las misiones lunares del SIE, los sistemas OSG y HEO del SFS en la banda 37,5-38 GHz operen por debajo de los niveles máximos de densidad espectral de p.i.r.e o los niveles de dfp, en condiciones de cielo despejado, en las estaciones terrenas del SFS que figuran en el cuadro siguiente (Nota 1);

Sistemas del SIE	Máxima densidad espectral de p.i.r.e (dBW/MHz)	Límite de dfp en la superficie de la Tierra (dBW/MHz/m ²)
GSO	42	-121
HEO	48	-105 (límite del Cuadro 21-4 del RR)

5 que, a fin de cumplir los criterios de interferencia de los sistemas SVLBI y las misiones lunares del SIE, los satélites LEO y MEO del SFS no deben dirigir sus haces de emisión que operan en la banda de 37,5-38 GHz hacia las ubicaciones de la estación terrena del SIE;

6 que las estaciones terrenas LEO y MEO del SFS Y los sistemas OSG y HEO del SFS que funcionan en modo VSAT utilicen bandas de frecuencias por encima de 38 GHz en zonas geográficas próximas a las estaciones terrenas del SIE (véase el Anexo 1);

7 que la dfp en la superficie de la Tierra para los sistemas del SIE y del SFS que transmiten en la banda 37,5-38 GHz no supere los niveles necesarios para cumplir sus objetivos en materia de disponibilidad y calidad de enlace para las aplicaciones de que se trate;

8 que, para otros sistemas del SIE próximos a la Tierra, por ejemplo, las misiones Lagrange L1/L2, se estudie el diseño de su enlace descendente con arreglo a un margen de enlace adicional aproximado de 8 dB a fin de garantizar la compatibilidad con los sistemas del SFS, de forma análoga a los sistemas lunares del SIE.

NOTA 1 – En condiciones de desvanecimiento demasiado intenso, la densidad espectral de p.i.r.e que figura en los cuadros anteriores puede rebasarse con arreglo al valor necesario para mantener la disponibilidad de enlace sin perjuicio de cumplir los límites de dfp.

Anexo

Compartición de frecuencias entre sistemas del SIE próximos a la Tierra y el SFS en la banda 37,5-38 GHz

1 Introducción

En el presente Anexo se sintetizan los resultados del Informe UIT-R SA.2307, en el que se recoge el análisis de compartición de frecuencias entre los sistemas SVLBI y lunares del SIE y los sistemas del SFS. Se simula la interferencia entre los sistemas OSG y HEO del SFS y el SIE para dos casos. En el caso 1, se realiza la hipótesis de que los sistemas funcionan con arreglo a los parámetros y los niveles de densidad de p.i.r.e que se proporcionan en las secciones siguientes. En el caso 2, se supone que los sistemas funcionan con mayor potencia de transmisión, lo que da lugar a los niveles máximos de densidad espectral de dfp en la superficie de la Tierra que se proporcionan en el Cuadro 21-4 del Artículo 21 del Reglamento de Radiocomunicaciones. Se llevan a cabo estudios adicionales de las constelaciones LEO y MEO del SFS y las estaciones terrenas del SIE.

2 Sistemas del SIE

En el Cuadro 1 siguiente se sintetizan los parámetros previstos para los sistemas SVLBI y lunares del SIE. Dichos parámetros se utilizan para calcular los niveles de interferencia entre esos sistemas del SIE y los sistemas GSO y HEO del SFS para el caso 1.

CUADRO 1

Parámetros previstos de los sistemas SVLBI y lunares del SIE (Caso 1)

Parámetros	SVLBI	Lunar
Inclinación orbital (grados)	20, 31, 65	Luna
Potencia de transmisión (dBW)	3	14,5
Ganancia de antena (dBi)	48,1	64
Velocidad de datos (Mbit/s)	500	250
Densidad máxima de p.i.r.e de transmisión (dBW/MHz)	24,1	54,5
Parámetros de la estación terrena		
Diámetro de antena (m)	15, 34	6
Diagrama de ganancia	AP8-10 del RR	AP8-10 del RR
Elevación más baja (grados)	10	10
Temperatura de ruido (K)	150	353
Criterio de protección Io/No (dB)	-6	-6
Protección contra la interferencia (dBW/MHz)	-153	-149,1
Porcentaje de rebasamiento	2%	0,1% (no tripulado) 0,001% (tripulado)

En el caso 2 se realiza la hipótesis de que las transmisiones de los sistemas SVLBI y lunares del SIE satisfacen los límites de dfp que se especifican en el Cuadro 21-4 del RR para la superficie de la Tierra y la banda 37,5-38 GHz.

En la sección de resultados, los sistemas SVLBI con distintas inclinaciones orbitales se identificarán como SVLBI-20, SVLBI-31 y SVLBI-65.

3 Sistemas del SFS

En el Cuadro 2 siguiente se sintetizan los parámetros previstos para los sistemas GSO y HEO del SFS. Estos parámetros se utilizan para calcular los niveles de interferencia entre esos sistemas del SFS y los sistemas SVLBI y lunares del SIE para el caso 1.

CUADRO 2

Parámetros previstos de los sistemas GSO y HEO del SFS (Caso 1)

Parámetros	GSO	HEO
Parámetros de la estación espacial		
Número de satélites	2	3
Potencia de transmisión (dBW)	11	11
Ganancia de antena (dBi)	53	53
Anchura de banda ocupada (MHz)	500	500
Densidad máxima de p.i.r.e de transmisión (dBW/MHz)	37	37

CUADRO 2 (*fin*)

Parámetros	GSO	HEO
Parámetros de la estación terrena		
Ganancia de antena (dB)	58,9	58,9
Diagrama de ganancia	Recomendación UIT-R S.465	Recomendación UIT-R S.465
Elevación más baja (grados)	10	10
Temperatura de ruido (K)	343	340
Criterio de protección Io/No (dB)	0	0
Protección contra la interferencia (dBW/MHz)	-143	-143
Porcentaje de rebasamiento	0,005%	0,005%

En el caso 2 se realiza la hipótesis de que las transmisiones de los sistemas GSO y HEO del SFS satisfacen los límites de dfp que se especifican en el Cuadro 21-4 del RR para la superficie de la Tierra y la banda 37,5-38 GHz.

CUADRO 3

Características orbitales previstas de los sistemas LEO y MEO del SFS

Constelación	Inclinación (grados)	Altura (km)	Número de planos	Número de satélites/planos	Número total de satélites
#1 (LEO a 1 200 km)	87,9	1 200	36 (difusión por encima de 180°)	49	1 764
	55	1 200	32 (difusión por encima de 360°)	50	1 600
	40	1 200	32 (difusión por encima de 360°)	50	1 600
#2 (LEO a ~ 600 km)	51,9	630	34 (difusión por encima de 360°)	34	1 156
	42	610	36 (difusión por encima de 360°)	36	1 296
	33	590	28 (difusión por encima de 360°)	28	784
#3 (MEO)	0	8 062	1	48	48
	70	8 062	4 (difusión por encima de 360°)	12	48
	90	8 062	4 (difusión por encima de 180°)	12	48

CUADRO 4

Parámetros de emisión previstos de los sistemas LEO y MEO del SFS

Constelación	(#1) LEO	(#2) LEO	(#3) MEO
Satélite			
Ganancia de la antena (dBi)	34,1, 42,6, 50,6	47,8, 51,9, 55,5	25, 35, 45
Diagrama de antena	Rec. UIT-R S,1528 $L_s = -25$	Rec. UIT-R S,1528 $L_s = -25$	Rec. UIT-R S,1528 ($L_s = -25$)
Densidad de potencia máxima (dBW/Hz)	-67	-67,6	-62,1
p.i.r.e. (dBW)	54,1, 62,6, 70,6	54, 60,7	46,9, 56,9, 66,9
Estación terrena			
Ganancia de la antena (dBi)	36,6, 42,6, 48,6, 55,7, 61,9	47,8, 51,9, 55,5	31,6, 41,1, 51,6, 56,7, 59,2, 63, 64,7, 68,9, 71,6
Diagrama de antena	Apéndice 8 del RR	Apéndice 8 del RR	Apéndice 8 del RR
Temperatura de ruido (K)	150	251	120
Enlace			
Frecuencia central (MHz)	37 750	37 750	37 625, 37 875
Ancho de banda máximo (MHz)	500	475	250
Número de haces en la misma frecuencia (Nco)	10	4	1

4 Resultados de los sistemas OSG y HEO del SFS

En el Cuadro 5 se sintetiza para el caso 1 el rebasamiento del nivel de interferencia constatado en las estaciones terrenas del SIE y del SFS.

CUADRO 5

Rebasamiento de los criterios de protección para los sistemas del SIE y del SFS con arreglo a los niveles de densidad de p.i.r.e. previstos en la banda 37,5-38 GHz (caso 1)

Caso 1: p.i.r.e		(Sistemas interferidos) Rebasamiento de los criterios de protección (dB)					Rebasamiento máx. (dB)
		SIE			SFS		
		SVLBI-20 SVLBI-31 SVLBI-65	Lunar (no tripulado)	Lunar (tripulado)	GSO	HEO	
SIE	SVLBI-20 SVLBI-31 SVLBI-65	><	-17 -16 -22	><	-8 -10 -14	-36 -34 -8	-8
	Lunar	-22 -19 -29	><	><	-2	-41	-2
SFS	GSO	-16 -18 -20	-5	25	><	-46	-5 (lunar no tripulado) 25 (lunar tripulado)
	HEO	-31 -28 -11	-29	-27	-41	><	-11

Cabe señalar que los niveles de interferencia generados por los sistemas del SIE (SVLBI y lunar no tripulado) y del SFS (GSO y HEO) en los que se utilizan los parámetros de sistema previstos satisfacen los criterios de protección de esos sistemas. No obstante, la interferencia que provocan los sistemas GSO del SFS a los sistemas lunares tripulados del SIE rebasa la protección del SIE en 25 dB. En consecuencia, es posible la compartición de frecuencias entre los sistemas del SIE (SVLBI y lunar no tripulado) y el SFS (GSO y HEO) en la banda 37,5-38 GHz. La compartición de frecuencias sigue siendo posible aun si se aumenta la densidad de p.i.r.e de dichos sistemas a tenor de los niveles máximos de rebasamiento. Esos sistemas pueden funcionar con arreglo a esos niveles de densidad de p.i.r.e durante el 100% del tiempo sin provocar interferencia perjudicial a otros sistemas. La compartición entre sistemas GSO del SFS y los sistemas lunares del SIE tripulados requiere métodos de mitigación para reducir la interferencia hasta niveles aceptables.

En el caso 2, si los sistemas del SIE y del SFS funcionan con densidades espectrales de dfp máximas en la superficie de la Tierra de $-105 \text{ dB(W/(m}^2 \cdot \text{MHz))}$, la interferencia al resto de sistemas rebasará sus criterios de protección con respecto a las pérdidas atmosféricas en condiciones de tiempo despejado. En el Cuadro 6 se indican los niveles de rebasamiento.

CUADRO 6

Rebasamiento de los criterios de protección para los sistemas del SIE y del SFS con arreglo a los límites de densidad espectral de dfp en la banda 37,5-38 GHz (caso 2)

Caso 2: dfp		Sistemas interferidos: Rebasamiento de los criterios de protección (dB)					Rebasamiento máx. (dB)
		SIE			SFS		
		SVLBI-20 SVLBI-31 SVLBI-65	Lunar (no tripulado)	Lunar (tripulado)	GSO	HEO	
SIE	SVLBI-20 SVLBI-31 SVLBI-65	><	12 13 1	><	21 22 9	-35 -31 11	22
	Lunar	5 6 2	><	><	23	-32	23
SFS	GSO	4 2 1	16	44	><	-25	16 (lunar no tripulado) 44 (lunar tripulado)
	HEO	-28 -25 -6	-27	-26	-25	><	-6

Cabe destacar, sin embargo, que los sistemas del SIE y del SFS no tienen como objeto registrarse por esos niveles elevados de densidad de p.i.r.e durante el 100% del tiempo, sino únicamente en los casos de malas condiciones meteorológicas y atenuación atmosférica demasiado intensa. En tal caso, si las estaciones terrenas del SIE y del SFS están cerca una de la otra sujetas a las mismas condiciones meteorológicas, la interferencia será mucho menor que la prevista debido a pérdidas atmosféricas, y probablemente será menor que los criterios de protección. Sin embargo, si las estaciones terrenas del SIE y del SFS se encuentran separadas a gran distancia, podrían estar sujetas a condiciones meteorológicas diferentes. Si la interferencia se produce en condiciones de cielo despejado, la atenuación atmosférica puede ser leve. Sin embargo, en ese caso la antena transmisora tendrá menor ganancia fuera del eje de puntería y la densidad espectral de p.i.r.e hacia la estación terrena interferida se verá reducida. Por ejemplo, en el caso de un sistema GSO del SFS, si la separación de las estaciones terrenas del SIE y del SFS es de 100 km, la densidad de p.i.r.e interferente en la estación terrena interferida se vería reducida en 3 dB, y si dicha separación fuera de 200 km, la reducción sería de 10 dB.

Si los sistemas del SFS no pueden satisfacer los límites de densidad espectral de dfp especificados, deberán utilizarse bandas de frecuencias por encima de 38 GHz si funcionan cerca de los emplazamientos de las estaciones terrenas del SIE, y únicamente la banda 37,5-38 GHz si funcionan lejos de las estaciones terrenas del SIE. Los sistemas del SFS con haces puntuales deben ser capaces de satisfacer esta condición fácilmente. Los sistemas del SIE sin haces puntuales deberán operar con arreglo a los niveles de densidad de p.i.r.e especificados a fin de evitar la interferencia con el SFS.

De los resultados anteriores se desprende que en la banda 37,5-38 GHz la compartición entre el SIE (SVLBI y lunar no tripulado) y el SFS (GSO y HEO) es posible mediante los parámetros de sistema previstos. Si la interferencia rebasa los criterios de protección de los sistemas del SIE y del SFS, cabe aplicar métodos de mitigación para reducir la interferencia hasta un nivel aceptable.

5 Resultados para las constelaciones MEO y LEO del SFS

Suponiendo que los satélites de las constelaciones LEO y MEO utilizan haces puntuales en la banda 37,5-38 GHz, este informe demuestra que no se requeriría ningún límite de potencia en las emisiones de los satélites del SFS, siempre y cuando se garantice una separación entre las estaciones terrenas del SFS y las estaciones terrenas del SIE. Esta distancia de separación depende de las características de la constelación LEO o MEO y de los modos de funcionamiento, y estaría comprendida entre 35 y 70 km para las estaciones de pasarela y entre 40 y 70 km para las estaciones de usuario.

En vista del reducido número de estaciones terrenas del SIE que operan actualmente en la banda 37,5-38 GHz en todo el mundo y su ubicación habitual en zonas remotas, la coexistencia podría ser viable. En otras circunstancias operacionales, la coexistencia se abordará caso por caso.

Las estaciones terrenas del SFS que operen a una distancia inferior al rango entre 40 y 70 km con las estaciones terrenas receptoras del SIE pueden seguir utilizando frecuencias por encima de los 38 GHz.

Cabe señalar que debe proporcionarse una cierta garantía para que se cumpla el supuesto señalado anteriormente.
