

UIT-R

Sector de Radiocomunicaciones de la UIT

Recomendación UIT-R RS.2066-0
(12/2014)

**Protección del servicio de radioastronomía
en la banda de frecuencias 10,6-10,7 GHz
contra emisiones no deseadas de radares
de apertura sintética que funcionan
en el servicio de exploración de
la Tierra por satélite (activo)
alrededor de 9 600 MHz**

Serie RS
Sistemas de detección a distancia



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	Radio astronomía
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, 2016

© UIT 2016

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 RS.2066-0

Protección del servicio de radioastronomía en la banda de frecuencias 10,6-10,7 GHz contra emisiones no deseadas de radares de apertura sintética que funcionan en el servicio de exploración de la Tierra por satélite (activo) alrededor de 9 600 MHz

(2014)

Cometido

La presente Recomendación proporciona un procedimiento operativo para evitar el acoplamiento de haz principal a haz principal entre los sistemas SAR-4 del SETS (activo) cuando transmiten cerca de 9 600 MHz y las estaciones del SRA que llevan a cabo observaciones en la banda 10,6-10,7 GHz para no causar daños al sensible amplificador de bajo nivel de ruido del SRA.

Palabras clave

Mitigación, SETS (activo), SRA

Abreviaturas/Glosario

SAR Radar de apertura sintética

Recomendaciones, Informes de la UIT relacionados

Recomendación UIT-R RS.2043	Características de los radares de apertura sintética del servicio de exploración de la Tierra por satélite (activo) que funcionan en torno a 9 600 MHz
Informe UIT-R RA.2188	Niveles de densidad de flujo de potencia y p.i.r.e. potencialmente perjudiciales para los receptores de radioastronomía
Informe UIT-R RS.2274	Necesidades de espectro de las aplicaciones de radar de apertura sintética en vehículos espaciales previstas en una atribución ampliada al servicio de exploración de la Tierra por satélite alrededor de 9 600 MHz
Informe UIT-R RS.2308	Compatibilidad en radiofrecuencia de emisiones no deseadas procedentes de radares de apertura sintética del SETS en 9 GHz con el servicio de exploración de la Tierra por satélite (pasivo), el servicio de investigación espacial (pasivo), el servicio de investigación espacial y el servicio de radioastronomía que utilizan, respectivamente, las bandas de frecuencias 8 400-8 500 MHz y 10,6-10,7 GHz

La Asamblea de Radiocomunicaciones de la UIT,

considerando

- a) que la banda de frecuencias 9 300-9 800 MHz está atribuida al SETS (activo) a título primario;
- b) que la banda de frecuencias 9 800-9 900 MHz está atribuida al SETS (activo) a título secundario;
- c) que la banda de frecuencias 10,6-10,7 GHz está atribuida al SRA a título primario;
- d) que los sistemas del SETS (activo) que funcionan con radares activos en torno a 9 600 MHz usan emisiones chirp de alta potencia en el sentido espacio-Tierra;
- e) que las estaciones de radioastronomía que funcionan en la banda de frecuencias 10,6-10,7 GHz utilizan amplificadores de bajo ruido extremadamente sensibles;
- f) que el Informe UIT-R RA.2188 proporciona los niveles de densidad de flujo de potencia y de p.i.r.e. que podrían dañar los amplificadores de bajo ruido del SRA o sus etapas de entrada;
- g) que el nivel de interferencia recibido por las estaciones del SRA proveniente de las emisiones de los sistemas del SETS (activo) pueden, en casos excepcionales de acoplamiento entre haces principales, alcanzar o superar los niveles críticos que figuran en el Informe UIT-R RA.2188,

recomienda

1 que, con el fin de garantizar la compatibilidad de las estaciones SAR del SETS y las del SRA, los sistemas SAR del SETS que funcionan alrededor de 9 600 MHz eviten, en la mayor medida posible, iluminar una zona en torno a las estaciones de radioastronomía. El tamaño de esa zona se define en el Anexo 1. El Anexo 2 facilita una lista de las estaciones del SRA que pueden funcionar en la banda de frecuencias 10,6-10,7 GHz y efectuar observaciones durante los periodos de iluminación;

2 que, en el caso en que no se cumplan las condiciones a las que se refiere el *recomienda 1*, el operador del sistema SAR del SETS debe ponerse en contacto con el operador de la estación de radioastronomía interesada por lo menos siete días naturales antes de un suceso para las operaciones rutinarias y por lo menos 24 horas antes para la toma de imágenes SAR del SETS únicamente en casos de emergencia tales como la gestión de catástrofes con el fin de coordinar y, si es preciso, llegar a un acuerdo sobre mitigación u otras medidas preventivas.

Anexo 1

Determinación de la zona de protección en torno a las estaciones del SRA

El contorno del haz de emisión correspondiente al margen determinado por la Recomendación UIT-R RA.2188 define la zona perjudicial en el hipotético caso de acoplamiento entre los haces principales de las antenas. Este tipo de contorno tiene forma de elipse con un eje mayor $\delta\theta_h$ en la dirección horizontal del haz y un eje menor $\delta\theta_v$ en la dirección vertical que delimita así una zona en la que la potencia recibida en la estación del SRA superaría el valor de -18 dBW. La proyección sobre la superficie de la Tierra determina la zona que se debe proteger con un área definida por $\pm\delta h$ en la dirección horizontal y por $\pm\delta v$ en la dirección vertical en torno a la estación de radioastronomía. El Cuadro 1 muestra la gama de parámetros necesarios para evitar daños accidentales al receptor¹ del SRA con una antena de 100 m y considerando el SAR-4 descrito en la Recomendación UIT-R RS.2043.

CUADRO 1

Parámetros para evitar daños accidentales a los receptores de radioastronomía

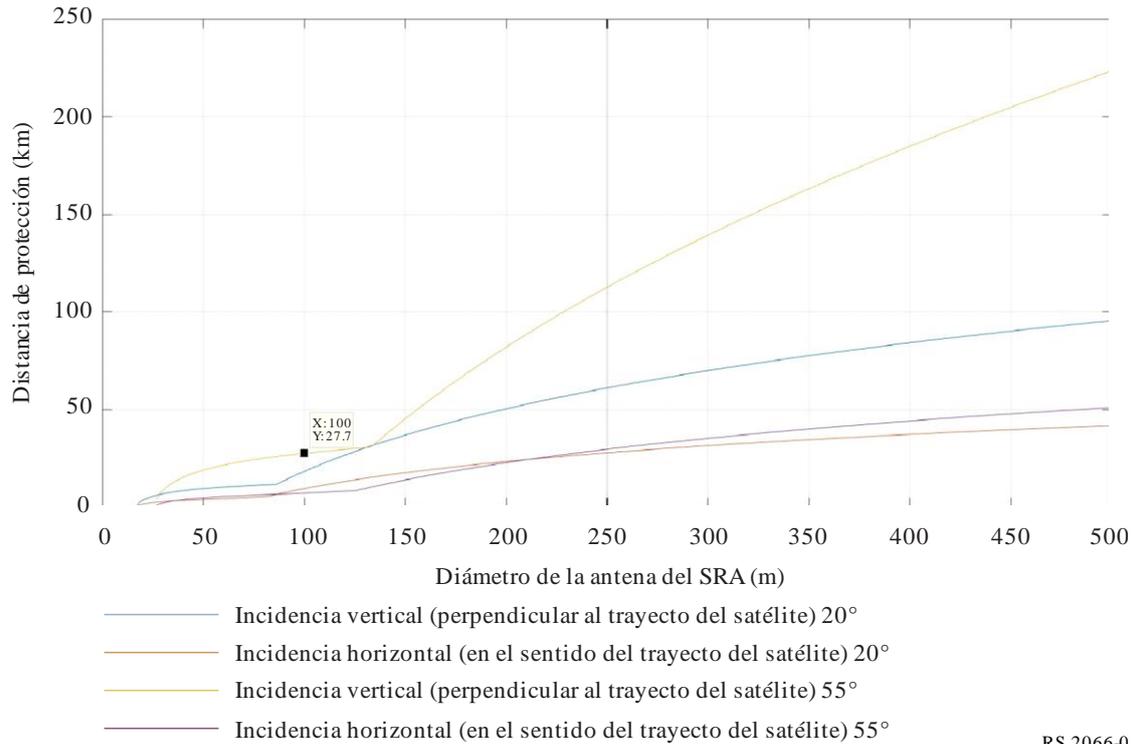
Ángulo incidente Φ	Ángulo de desplazamiento horizontal $\delta\theta_h$	Ángulo de desplazamiento vertical $\delta\theta_v$	Separación horizontal (km) δh	Separación vertical (km) δv
20°	1,02°	1,8°	9,6	18,2
55°	0,5°	1,1°	7,4	28,1

La Fig. 1 muestra la forma de la zona que debe protegerse en torno a la estación del SRA, en función del diámetro de la antena del SRA y del ángulo de incidencia. Se puede observar que no existe ninguna restricción para las estaciones del SRA con diámetros de antena inferiores a 17 m y que la distancia de separación máxima de la estación del SRA es de 28 km para la mayoría de las estaciones.

¹ En la dirección vertical existe una asimetría del 5,6% para $\delta\theta_v$ y δv entre los ángulos de desplazamiento interior y exterior y las distancias que no se ha tenido en cuenta. Se ha hecho una aproximación mediante rectángulos de las proyecciones sobre el suelo de los contornos marginales que son elipses distorsionadas.

FIGURA 1

Tamaño de la zona en torno a las estaciones del SRA que debe protegerse considerando las características del SAR-4 del SETS



RS.2066-0

De forma más general, para un ángulo de incidencia dado i , la distancia entre el satélite SAR y la zona de adquisición viene determinada por:

$$d = \sqrt{(r + h)^2 - r^2 \cdot \sin^2(i)} - r \cdot \cos(i)$$

donde:

- r : radio de la Tierra (km)
- i : ángulo de incidencia ($^\circ$)
- h : altitud del SAR (km).

El ángulo correspondiente entre el nadir y la zona de adquisición en el plano vertical viene dado por:

$$\theta_v = \arcsin\left(\frac{r \cdot \sin(i)}{r + h}\right)$$

donde:

- r : radio de la Tierra (km)
- i : ángulo de incidencia ($^\circ$)
- h : altitud del SAR (km).

La ganancia máxima de la antena del SRA se puede obtener a partir del diámetro de la antena y de la frecuencia mediante la ecuación siguiente:

$$G_r = 8,9 + 20 \log(\pi D f)$$

donde:

- D : diámetro de la antena del SRA (m)
- f : frecuencia (GHz).

A partir de estos valores, se obtiene la ganancia de la antena del SRA que permite cumplir la limitación de potencia en recepción de -18 dBW mediante la ecuación:

$$G_e = Pr_{limit} + L_p - G_r - P_e$$

donde:

- Pr_{limit} : potencia recibida que no se debe exceder (-18 dBW por debajo de 20 GHz)
- L_p : pérdidas de espacio libre (dB)
- G_r : ganancia máxima de la antena del SRA (dBi)
- P_e : potencia de pico del SAR (dBW).

Utilizando los diagramas horizontal y vertical de la antena del SAR es posible determinar los correspondientes ángulos de desplazamiento $\delta\theta_h$ y $\delta\theta_v$. A partir de estos ángulos se pueden obtener las distancias de separación horizontal y vertical δh y δv .

$$\delta h = r * \text{asen} \left(\frac{d \tan(\delta\theta_h)}{r} \right)$$

donde:

- r : radio de la Tierra (km)
- d : distancia oblicua (km)
- $\delta\theta_h$: ángulo de desplazamiento horizontal ($^\circ$).

La distancia oblicua entre el satélite y la estación del SRA que cumple el límite de potencia recibida viene dado por:

$$d + \delta d = (r + h) \cos(\theta_v + \delta\theta_v) - \sqrt{r^2 - (r + h)^2 \sin^2(\theta_v + \delta\theta_v)}$$

donde:

- r : radio de la Tierra (km)
- d : distancia oblicua entre el satélite y la zona de adquisición (km)
- h : altitud del satélite SAR (km)
- θ_v : ángulo entre el nadir y la zona de adquisición en el plano vertical ($^\circ$)
- $\delta\theta_v$: ángulo de desplazamiento vertical ($^\circ$).

Y también se puede obtener la distancia de separación vertical, δv :

$$\delta v = r \left(\text{asen} \left(\frac{(d + \delta d)}{r} \sin(\theta_v + \delta\theta_v) \right) - \text{asen} \left(\frac{d}{r} \sin(\theta_v) \right) \right)$$

donde:

- r : radio de la Tierra (km)
- d : distancia oblicua entre el satélite y la zona de adquisición (km)
- $d + \delta d$: distancia oblicua entre el satélite y la estación del SRA (km)
- θ_v : ángulo entre el nadir y la zona de adquisición en el plano vertical ($^\circ$)
- $\delta\theta_v$: ángulo de desplazamiento vertical ($^\circ$).

Anexo 2

**Lista de estaciones de radioastronomía que funcionan
en la banda 10,6-10,7 GHz**

Región 1

País	Nombre	Latitud N	Longitud E	Tamaño de la antena (m)
Bélgica	Humain	50° 11' 30"	05° 15' 27"	4
Finlandia	Metsahövi	60° 13' 04"	24° 23' 37"	13,7
Alemania	Effelsberg	50° 31' 29"	06° 53' 03"	100
	Stockert	50° 34' 10"	06° 43' 19"	10
	Wetzell	49° 08' 41"	12° 52' 40"	20, 13,2
Italia	Medicina	44° 31' 14"	11° 38' 49"	32
	Noto	36° 52' 33"	14° 59' 20"	32
	Sardinia	39° 29' 34"	09° 14' 42"	64
Letonia	Ventspils	57° 33' 12"	21° 51' 17"	32
Noruega	Ny Ålesund	78° 55' 45"	11° 52' 15"	20
Portugal	Flores	38° 31' 12"	-31° 07' 48"	13
	Santa Maria	36° 58' 12"	-25° 10' 12"	13
Rusia	Badari	51° 45' 27"	102° 13' 16"	32
	Kaliazyn	57° 13' 29"	37° 54' 01"	64
	Pushchino	54° 49' 20"	37° 37' 53"	22
	Svetloe	61° 05' 00"	29° 46' 54"	32
	Zelenchukskaya	43° 49' 34"	41° 35' 12"	32
Sudáfrica	Hartebeesthoek	-25° 52' 48"	-27° 40' 48"	64
	MeerKAT	-30° 43' 16"	21° 24' 40"	64 antenas de 13,5
España	Robledo	40° 25' 38"	-04° 14' 57"	70,34
	Tenerife	28° 30' 00"	-16° 30' 00"	12
	Yebes	40° 31' 27"	-03° 05' 22"	40
Suecia	Onsala	57° 23' 45"	11° 55' 35"	20
	Onsala	57° 23' 35"	11° 55' 04"	2 antenas de 12
Suiza	Bleien	47° 20' 26"	08° 06' 44"	5
Turquía	Kayseri	38° 59' 45"	36° 17' 58"	5
RU	Merlin Cambridge (mean)	52° 10' 01"	00° 03' 08"	32
	Merlin Knockin	52° 47' 25"	-02° 59' 50"	25
	Merlin Darnhall	53° 09' 23"	-02° 32' 09"	25
	Merlin Jodrell Bank (mean)	53° 14' 07"	-02° 18' 23"	64
	Merlin Pickmere	53° 17' 19"	-02° 26' 44"	25

**Lista de estaciones de radioastronomía que funcionan
en la banda 10,6-10,7 GHz**

Región 2

País	Nombre	Latitud N	Longitud E	Tamaño de la antena (m)
Brasil	Itapetinga	-23° 11' 05"	-46° 33' 28"	14
Canadá	Algonquin Radio Obsy	45° 57' 19"	-78° 04' 23"	3,7 y 9,1
EE.UU.	Arecibo	18° 20' 39"	-66° 45' 10"	305
	GGAO Greenbelt	39° 06' 00"	-76° 29' 24"	12
	Green Bank Telescope	38° 25' 59"	-79° 50' 23"	100
	Haystack	42° 36' 36"	-71° 28' 12"	18
	Kokee Park	22° 07' 34"	-159° 39' 54"	20
	Jansky VLA	33° 58' 22" a 34° 14' 56"	-107° 24' 40" a -107° 48' 22"	27 antenas de 25
	VLBA Brewster, WA	48° 07' 52"	-119° 41' 00"	25
	VLBA Fort Davis, TX	30° 38' 06"	-103° 56' 41"	25
	VLBA Hancock, NH	42° 56' 01"	-71° 59' 12"	25
	VLBA Kitt Peak, AZ	31° 57' 23"	-111° 36' 45"	25
	VLBA Los Alamos, NM	35° 46' 30"	-106° 14' 44"	25
	VLBA Mauna Kea, HI	19° 48' 05"	-155° 27' 20"	25
	VLBA North Liberty, IA	41° 46' 17"	-91° 34' 27"	25
	VLBA Owens Valley, CA	37° 13' 54"	-118° 16' 37"	40
	VLBA Pie Town, NM	34° 18' 04"	-108° 07' 09"	25
	VLBA St. Croix, VI	17° 45' 24"	-64° 35' 01"	25
Allen Telescope Array	40° 10' 44"	-119° 31' 53"	42 antenas de 6	
Goldstone	35° 25' 33"	-116° 53' 22"	70,3	

**Lista de estaciones de radioastronomía que funcionan
en la banda 10,6-10,7 GHz**

Región 3

País	Nombre	Latitud N	Longitud E	Tamaño de la antena (m)
Australia	Parkes	-33° 00' 00"	148° 15' 44"	64
	Katherine	-14° 22' 32"	132° 09' 09"	12
	Mopra	-31° 16' 04"	149° 05' 58"	22
	ATCA (Narrabri)	-30° 59' 52"	149° 32' 56"	6 antenas de 22
	Tidbinbilla	-35° 24' 18"	148° 58' 59"	70, 34
	Hobart (Mt. Pleasant)	-42° 48' 18"	147° 26' 21"	26
	Ceduna	-31° 52' 05"	133° 48' 37"	30
	Yarragadee	-29° 02' 47"	115° 20' 48"	12
China	Miyun	40° 33' 29"	116° 58' 37"	50
	Sheshan	31° 05' 58"	121° 11' 59"	25
	Nanshan	43° 28' 16"	87° 10' 40"	25
	Tianma	31° 05' 13"	121° 09' 48"	65
	CSRH	42° 12' 31"	115° 14' 45"	60 antenas de 2
	QTT	43° 36' 04"	89° 40' 57"	110
Japón	Nobeyama	35° 56' 40"	138° 28' 21"	45
	VERA-Mizusawa	39° 08' 01"	141° 07' 57"	20, 10
	VERA-Iriki	31° 44' 52"	130° 26' 24"	20
	VERA-Ogasawara	27° 05' 31"	142° 13' 00"	20
	VERA-Ishigakijima	24° 24' 44"	124° 10' 16"	20
	Ishioka	36° 12' 31"	140° 13' 36"	13,2
	Kashima	35° 57' 21"	140° 39' 36"	34
	Usuda	36° 07' 57"	138° 21' 46"	64
	Nishi-Waseda	35° 42' 25"	139° 43' 20"	2,4 antenas de 64
	Tomakomai	42° 40' 25"	141° 35' 48"	11
	Gifu	35° 28' 03"	136° 44' 14"	11
	Yamaguchi	34° 12' 58"	131° 33' 26"	32
	Tsukuba	36° 06' 11"	140° 05' 19"	32
Corea	KSWC (Jeju)	33° 42' 36"	126° 29' 26"	3
	SGOC (Sejong)	36° 31' 12"	127° 18' 00"	22
	K-SRBL	36° 24' 00"	127° 22' 12"	2 antenas de 2
	KVN-Yonsei	37° 33' 55"	126° 56' 27"	21
	KVN-Ulsan	35° 32' 33"	129° 15' 04"	21
	KVN-Tamna	33° 17' 21"	126° 27' 37"	21
Nueva Zelandia	Warkworth	-36° 25' 59"	174° 39' 52"	30, 12