

UIT-R

Sector de Radiocomunicaciones de la UIT

Recomendación UIT-R M.1640-1 (01/2018)

Características y criterios de protección para estudios de compartición de radares que funcionan en el servicio de radiodeterminación en la banda de frecuencias 33,4-36 GHz

Serie M

**Servicios móviles, de radiodeterminación,
de aficionados y otros servicios
por satélite conexos**



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 M.1640-1

Características y criterios de protección para estudios de compartición de radares que funcionan en el servicio de radiodeterminación en la banda de frecuencias 33,4-36 GHz

(Cuestiones UIT-R 213/7 y UIT-R 226/8)

(2003-2018)

Cometido

La presente Recomendación establece las características técnicas y los criterios de protección de los sistemas de radiodeterminación que funcionan en la banda de frecuencias 33,4-36 GHz. Este texto se elaboró como recurso para apoyar los estudios de compartición, cuando ésta sea posible, entre el servicio de radiodeterminación y otros servicios.

Palabras clave

Características; criterios de protección; radar; reproductores de imágenes radiométricos; radar métrico; buscador; radar de búsqueda; radar de seguimiento

Abreviaturas/Glosario

- IF: Frecuencia intermedia
RF: Radiofrecuencia
RR: Reglamento de Radiocomunicaciones
Rx: Recepción
Tx: Transmisión

Recomendaciones e Informes de la UIT relacionados

Recomendación UIT-R M.1461 – Procedimientos para determinar la posibilidad de interferencia entre radares que funcionan en el servicio de radiodeterminación y sistemas de otros servicios.

La Asamblea de Radiocomunicaciones de la UIT,

considerando

- a) que en algunas bandas de frecuencias son óptimas las características de las antenas, de la propagación de las señales, de la detección del blanco y de la gran anchura de banda necesaria de los radares para cumplir sus funciones;
- b) que las características técnicas de los radares del servicio de radiodeterminación están determinadas por la misión del sistema y son muy variables incluso dentro de una banda;
- c) que se precisan características técnicas y de funcionamiento representativas de los radares para determinar la viabilidad de introducir nuevos tipos de sistemas en las bandas de frecuencias;
- d) que en la Recomendación UIT-R M.1461 figuran los procedimientos y las metodologías para analizar la compatibilidad entre radares y sistemas de otros servicios;
- e) que los radares de radiodeterminación funcionan en la banda de frecuencias 33,4-36 GHz;
- f) que la banda de frecuencias 33,4-34,2 GHz está atribuida al servicio de radiolocalización a título primario;

- g) que la banda de frecuencias 34,2-34,7 GHz está atribuida a los servicios de radio-localización y de investigación espacial (espacio lejano) (Tierra-espacio) a título primario;
- h) que la banda de frecuencias 34,7-35,2 GHz está atribuida al servicio de radiolocalización a título primario y al servicio de investigación espacial a título secundario;
- i) que la banda de frecuencias 35,2-35,5 GHz está atribuida a los servicios de ayudas a la meteorología y de radiolocalización a título primario;
- j) que la banda de frecuencias 35,5-36 GHz está atribuida a los servicios de ayudas a la meteorología, de exploración de la Tierra por satélite (activa), de radiolocalización y de investigación espacial (activa) a título primario,

recomienda

- 1 que se considere que las características técnicas y de funcionamiento de los radares de radiodeterminación descritas en el Anexo 1 son representativas de los que funcionan en las bandas de frecuencias 33,4-36 GHz;
- 2 que en el caso de interferencia continua (no de impulsos) debería utilizarse una relación entre la potencia de la señal interferente y el nivel de potencia de ruido del receptor del radar, I/N , de -6 dB, como nivel de protección necesario para los sistemas de radiolocalización para estudios de compartición en general, incluidos los radares de búsqueda y seguimiento (F) del Cuadro 1 del Anexo 1 en la gama de frecuencias 33,4-36 GHz;
- 3 que para los estudios de compartición de la banda de frecuencias 33,4-36 GHz entre radares (A-E) del Cuadro 1 del Anexo 1 y sistemas de otros servicios, se apliquen los siguientes criterios:
- para los reproductores de imágenes radiométricos el criterio de protección a corto plazo debe ser $-137,8$ dB(W/2 GHz), durante no más de 3 s, y el criterio de protección a largo plazo no debe superar $-144,8$ dB(W/2 GHz), durante no más de 60 s;
 - para buscadores y radares métricos el criterio de protección a corto plazo debe ser $-126,2$ dB(W/6 MHz), durante no más de 5 s, y el criterio de protección a largo plazo no debe superar $-136,1$ dB(W/6 MHz), durante no más de 60 s.

Anexo 1

Características y criterios de protección de radares que funcionan en el servicio de radiodeterminación en la banda de frecuencias 33,4-36 GHz

1 Objeto

Las características y los criterios de protección que figuran en la presente Recomendación han sido establecidos para su utilización en los estudios de compartición solicitados por las Resoluciones **712 (CMR-2000)** y **730 (CMR-2000)**, y para evaluar la compatibilidad entre los radares y otros sistemas que funcionan en la banda de frecuencias 33,4-36 GHz.

2 Características técnicas

Las frecuencias alrededor de 35 GHz y 94 GHz, corresponden aproximadamente a las dos primeras ventanas de propagación en las características de absorción atmosférica del espectro de ondas milimétricas, y los sistemas del servicio de radiodeterminación necesitan utilizar esas frecuencias a fin de lograr una elevada precisión de las mediciones y una resolución del blanco que es posible en ondas milimétricas. Tanto los sensores pasivos como los activos que funcionan en el servicio de radiodeterminación alrededor de esas frecuencias se utilizan para cartografía, identificación de blancos, navegación, determinación de apuntamientos, instrumentación de polígono de pruebas, etc. El Cuadro 1 resume las características técnicas de los sistemas representativos desplegados en esas bandas. Esta información es suficiente para efectuar los cálculos generales de evaluación de la compatibilidad entre esos radares y otros sistemas.

CUADRO 1

Características técnicas de los radares alrededor de 35 GHz

Parámetro	Unidades	Radar A	Radar B	Radar C	Radar D	Radar E	Radar F
Utilización		Formación de imágenes	Formación de imágenes	Métrica	Métrica	Buscador	Búsqueda y seguimiento
Tipo de sensor		Pasiva	Activa	Activa	Activa	Activa	Activa
Modulación		–	Impulsos	Impulsos	Impulsos	MF lineal	MF lineal Impulsos
Tasa de compresión		–	–	–	–	200	50
Anchura del impulso	μs	–	0,05	0,25	0,05	10	20
Potencia de cresta del transmisor	kW	–	0,5	135	1	0,001	10
Frecuencia de repetición de los impulsos	kHz	–	30	1	50	10	10-30
Anchura de banda de RF	MHz	–	80	10	101	12	2 000
Ganancia de antena	dBi	35	30	52	51	28,7	52
Abertura del haz	grados	0,5 × 3,0	0,75 × 10	0,25 × 0,25	0,5 × 0,5	4,4 × 4,4	0,25 × 0,25
Anchura de banda en FI del receptor	GHz	2	0,040	0,006	0,185	0,100	0,006
Temperatura de ruido	K	850	–	–	–	–	–
Factor de ruido	dB	–	4,5	10	10	5	4
Sensibilidad del receptor	dBm	–	–81	–95	–78	–93	–
Sintonía		Fija	Fija	Fija	Salto de frecuencia	Fija	Salto de frecuencia

3 Criterios de protección

En los párrafos siguientes figuran los criterios de interferencia a corto plazo para los sistemas de radiolocalización terrenal del Cuadro 1.

3.1 Reproductor radiométrico de imágenes

Suponiendo despreciable la variación de la ganancia del sistema, la sensibilidad a la temperatura mínima ΔT de un sistema radiométrico de formación de imágenes es:

$$\Delta T = \frac{T_A + T_r}{\sqrt{B \cdot t_i}} \quad (1)$$

donde:

T_A : temperatura de ruido de la antena

T_r : temperatura de ruido del receptor

B : anchura de banda de RF

t_i : tiempo de integración.

El umbral del radiómetro ΔP viene dado por:

$$\Delta P = k \Delta T B \quad (2)$$

donde k es la constante de Boltzman $= 1,38 \times 10^{-23}$, y ΔT y B son los valores indicados supra. Si se utilizan las ecuaciones (1) y (2), se comprueba que un radiómetro con una anchura de banda de 2 GHz, una temperatura de ruido del sistema de 850 K y un tiempo de integración de 1 ms, tiene un $\Delta P = -137,8$ dB(W/2 GHz).

Criterio de protección a corto plazo

Dado que es poco probable que se produzca, un operador puede aceptar que la imagen se degrade mucho durante varios segundos. Si se permite que el nivel de la señal no deseada se aproxime al umbral del radiómetro el nivel de la señal no deseada admisible llega a $-137,8$ dB(W/2 GHz) durante no más de 3 s.

Criterio de protección a largo plazo

Se puede considerar aceptable una degradación menor durante periodos de tiempo de hasta 1 min. En este caso, la degradación no necesariamente es evidente para un operador, pero causa una cierta pérdida de resolución de la imagen. Si se permite que una señal no deseada alcance el 20% del umbral del radiómetro, el nivel de interferencia admisible llega a $-144,8$ dB(W/2 GHz) durante no más de 60 s.

3.2 Buscadores y radares métricos

En el caso de buscadores y radares métricos terrenales (instrumentación), cabe observar que dos importantes parámetros de calidad de funcionamiento, la precisión angular σ_θ y el alcance de detección del blanco R , están relacionados con la relación S/N recibida por:

$$\sigma_\theta \propto \frac{1}{\sqrt{S/N}} \quad (3)$$

$$R \propto \frac{1}{\sqrt[4]{S/N}} \quad (4)$$

Es posible tener una abertura de haz de antena estrecha y una elevada precisión angular con antenas bastante pequeñas en longitud de ondas milimétricas. En efecto, esta característica es una de las principales razones por las que los radares de instrumentación y los buscadores de misiles se han diseñado para esas frecuencias. De las ecuaciones (3) y (4) cabe deducir que la precisión angular del radar es más sensible a la relación S/N recibida que el alcance de detección, por lo que se utilizará este parámetro de calidad al determinar los niveles de interferencia admisibles¹.

Como en el caso del sistema de formación de imágenes del punto anterior, es posible establecer criterios a corto y largo plazo para la degradación admisible de la calidad del sistema causada por señales no deseadas (interferencia).

Dado que se trata de un fenómeno poco probable se admitirá una interferencia a corto plazo que degrade de manera importante al sistema durante un periodo de tiempo suficientemente corto como para que pueda ser aceptable para el operador. Se admitirá una interferencia a largo plazo que degrade de manera incremental la calidad del sistema hasta un nivel que no sea inmediatamente aparente para el operador, pero que no obstante sea aceptable durante un periodo de tiempo especificado.

Criterio de protección a corto plazo

Una degradación de la relación S/N del radar puede causar un error de seguimiento que puede anular parcialmente la ventaja de funcionar a frecuencias elevadas, y afectar significativamente a la misión del radar. Si se permite que una señal no deseada alcance el nivel de ruido del radar ($I/N = 0$ dB) se producirá un aumento del 40% del error angular. Puede suponerse nuevamente que esta degradación no es muy importante, dado que es un fenómeno poco probable, si se produce durante periodos de tiempo inferiores a unos 5 s. Por tanto, el nivel admisible de la señal no deseada puede llegar a $-126,2$ dB(W/6 MHz) durante no más de 5 s (si se utiliza el radar que figura en el Cuadro 1, cuya anchura de banda es la más estrecha).

Criterio de protección a largo plazo

Parecería razonable que el error del radar sea más importante a medida que aumenta el periodo de tiempo. Para periodos de hasta 1 min de duración, deberá suponerse que un aumento del error angular, debido a una señal no deseada no deberá ser superior al 5%. Por tanto, el criterio a largo plazo es el de admitir un nivel de señal no deseada de $-136,1$ dB(W/6 MHz) durante no más de 60 s.

3.3 Radares de búsqueda y seguimiento

Para los radares de búsqueda y seguimiento, el criterio de protección de una potencia de señal interferente para el nivel de potencia de ruido de receptor de radar, I/N , es -6 dB.

¹ Para simplificar, en este caso se supone que las señales interferentes serán interpretadas por el receptor perjudicado como un aumento de la potencia de ruido en las etapas de FI. Puede ser necesario considerar la respuesta exacta de los sistemas de radar, pero ello escapa al alcance de este estudio de carácter general.