

UIT-R

Sector de Radiocomunicaciones de la UIT

Recomendación UIT-R M. 1638-1
(01/2015)

**Características y criterios de protección para
los estudios de compartición de los radares
de radiolocalización (salvo los radares
meteorológicos en tierra) y de
radionavegación aeronáutica
que funcionan en las bandas
de frecuencias entre
5 250 y 5 850 MHz**

Serie M

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



Unión
Internacional de
Telecomunicaciones

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, 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 M.1638-1

Características y criterios de protección para los estudios de compartición de los radares de radiolocalización (salvo los radares meteorológicos en tierra) y de radionavegación aeronáutica que funcionan en las bandas de frecuencias entre 5 250 y 5 850 MHz

(2003-2015)

Cometido

En esta Recomendación se describen las características técnicas y de explotación, y los criterios de protección, de los radares que funcionan en la banda de frecuencias 5 250-5 850 MHz, salvo los radares meteorológicos en tierra que se describen en la Recomendación UIT-R M.1849. Estas características permiten evaluar la compatibilidad de estos sistemas con otros servicios.

Palabras clave

Aeronáutico, embarcado, en tierra, multifunción, protección, radar

Abreviaturas/Glosario

SRNA Servicio de radionavegación aeronáutica

ECCM Contra-contra medidas electrónicas (*electronic counter-counter-measures*)

La Asamblea de Radiocomunicaciones de la UIT,

considerando

- a)* que las características de antena, propagación de la señal, detección del blanco y gran anchura de banda, necesarias para que el radar realice sus funciones, son óptimas en determinadas bandas de frecuencias;
- b)* que las características técnicas de los radares de radiolocalización (salvo los radares meteorológicos en tierra) y radionavegación dependen de la misión del sistema y varían mucho aun dentro de una banda;
- c)* que el servicio de radionavegación es un servicio de seguridad según lo especifica el número **4.10** del Reglamento de Radiocomunicaciones (RR) y requiere medidas especiales para garantizar su protección contra la interferencia perjudicial;
- d)* que las características técnicas y de explotación representativas de los radares de radiolocalización (salvo los radares meteorológicos en tierra) y de los radares de radionavegación deben tener en cuenta la compartición y compatibilidad con estos sistemas cuando sea necesario;
- e)* que la Recomendación UIT-R M.1461 recoge procedimientos y metodologías para analizar la compatibilidad entre los radares y los sistemas de otros servicios;
- f)* que los radares de radiolocalización (salvo radares meteorológicos en tierra) y radionavegación funcionan en las bandas de frecuencias entre 5 250-5 850 MHz;
- g)* que los radares situados en tierra que se utilizan para meteorología pueden funcionar en la banda de frecuencias 5 600-5 650 MHz en condiciones de igualdad con estaciones del servicio de radionavegación aeronáutica (SRNA) (véase el número **5.452** del RR);

h) que en la Recomendación UIT-R M.1849 figuran aspectos técnicos y de explotación de los radares meteorológicos en tierra y que pueden utilizarse como directrices para el análisis de la compartición y la compatibilidad entre los radares meteorológicos en tierra y los sistemas de otros servicios,

recomienda

1 que las características técnicas y operacionales de los radares de radiolocalización (salvo los radares meteorológicos en tierra) y radionavegación descritos en el Anexo 1 se consideren representativas de los radares que funcionan en las bandas de frecuencias entre 5 250 y 5 850 MHz;

2 que se utilice la Recomendación UIT-R M.1461 como directriz para el análisis de la compartición y la compatibilidad entre los radares de radiolocalización (salvo los radares meteorológicos en tierra) y radionavegación con los sistemas de otros servicios;

3 que se utilice un valor de -6 dB para la relación entre la potencia de la señal interferente y el nivel desencadenante de potencia de ruido en el receptor del radar (salvo los radares meteorológicos en tierra), I/N como criterio para la protección necesaria en el macro de estudios de compartición entre la radiodeterminación y otros servicios. Si hubiera varios sistemas interferentes, este criterio de protección representa el nivel de protección neto.

Anexo 1

Características de los radares de radiolocalización (salvo radares meteorológicos en tierra) y radionavegación aeronáutica

1 Introducción

Las bandas de frecuencias entre 5 250 y 5 850 MHz atribuidas al SRNA y los servicios de radionavegación y radiolocalización a título primario se muestran en el Cuadro 1.

CUADRO 1

Banda (MHz)	Atribución
5 250-5 255	Radiolocalización
5 255-5 350	Radiolocalización
5 350-5 460	Radionavegación aeronáutica y radiolocalización
5 460-5 470	Radiolocalización y radionavegación
5 470-5 570	Radionavegación marítima y radiolocalización ⁽¹⁾
5 570-5 650	Radionavegación marítima y radiolocalización
5 650-5 725	Radiolocalización
5 725-5 850	Radiolocalización

⁽¹⁾ De conformidad con el número **5.452** del RR, entre 5 600 y 5 650 MHz, los radares de meteorología situados en tierra pueden funcionar en condiciones de igualdad con las estaciones del servicio de radionavegación marítima. En la Recomendación UIT-R M.1849 figuran las características de los radares meteorológicos en tierra.

Los radares de radiolocalización tienen distintas funciones:

- seguimiento de vehículos espaciales de lanzamiento y vehículos aeronáuticos durante las pruebas de desarrollo y operacionales;
- vigilancia aérea y de los mares;
- mediciones ambientales (por ejemplo, estudio de ciclos acuáticos oceánicos y fenómenos meteorológicos como huracanes);
- formación de imágenes de la Tierra; y
- defensa nacional y misiones multinacionales de mantenimiento de la paz.

Los radares de radionavegación aeronáutica se utilizan principalmente a bordo de aeronaves para detectar tormentas y condiciones de cizalladura por el viento, y para un servicio de seguridad (véase el número **4.10** del RR).

En el Cuadro 2, se muestran los radares multifunción.

El radar multifunción puede realizar las funciones de búsqueda, seguimiento y radionavegación, así como la detección meteorológica, con la misma antena en una sola banda de frecuencias. Por ejemplo, en las aplicaciones en aeronaves se suelen utilizar antenas orientables por procedimientos mecánicos o sistemas de antenas controlados por fase, y entre sus funciones figuran la búsqueda y el seguimiento de blancos aéreos o de superficie, así como la evitación del terreno y la detección de tormentas.

En las aplicaciones en aeronaves se suelen utilizar antenas orientables por procedimientos mecánicos o sistemas de antenas controlados por fase, y entre sus funciones figuran la búsqueda y el seguimiento de blancos aéreos o de superficie, así como la evitación del terreno y detección de tormentas. Estos radares multifunción permiten ahorrar espacio y peso (indispensables en las aplicaciones en aeronaves) y adaptar el modo de explotación a las necesidades en cada momento.

2 Características técnicas

Las bandas de frecuencias entre 5 250 y 5 850 MHz las utilizan muchos tipos diferentes de radares en plataformas fijas terrestres, de navíos, a bordo de aeronaves y transportables. El Cuadro 2 contiene las características técnicas de sistemas representativos desplegados en estas bandas. Esta información suele ser suficiente para los cálculos de evaluación de la compatibilidad entre estos radares y otros sistemas. Estos radares suelen explotarse convencionalmente como radares monoestáticos cuyo emisor y receptor se encuentran en el mismo emplazamiento (Fig. 1a). Sin embargo, los radares 10A y 14A del Cuadro 2 se explotan además como radares biestáticos cuyo transmisor y receptor se encuentran separados espacialmente (Fig. 1b).

La ventaja de que el transmisor y el receptor estén separados es la posible mejora de la sección transversal de un objeto por parte del radar. Un ejemplo de este efecto se muestra en la Fig. 1c para un plano cuadrado. Esto es especialmente importante si el objeto que debe detectarse no refleja mucha energía en dirección de la señal incidente del radar.

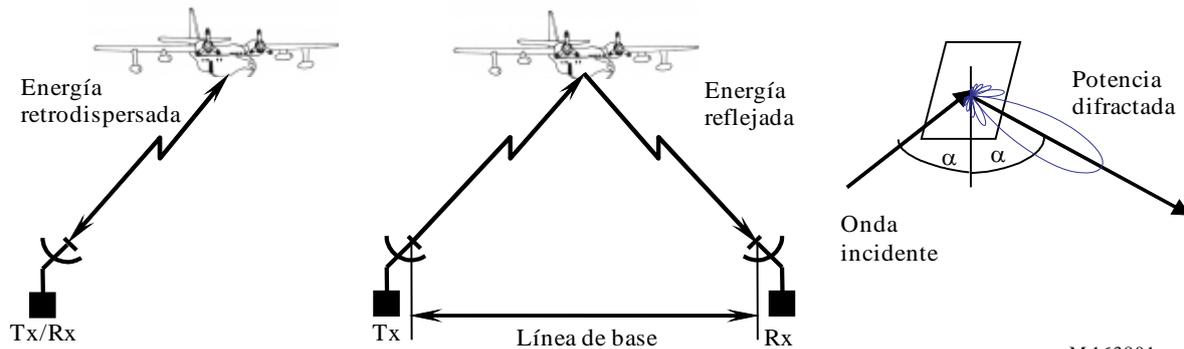
La distancia entre el transmisor y el receptor (línea de base) suele encontrarse en el intervalo de 30-50 km. La sincronización del transmisor y el receptor puede conseguirse con un radioenlace o servicio mundial de navegación por satélite o mediante patrones horarios. Este modo de funcionamiento donde el receptor pasivo se encuentra en un emplazamiento distinto al del transmisor debe tenerse en cuenta en los estudios de compatibilidad. Como los receptores no cambian, los criterios de protección de los receptores de radar monoestáticos y biestáticos son los mismos.

FIGURA 1

1a: Radar monoestático;

1b: Radar biestático;

1c: Potencia difractada de un plano cuadrado sencillo



M.163801

Este Cuadro contiene las características de ciertos radares de salto de frecuencia que funcionan en esta gama de frecuencias. El salto de frecuencia es una de las contra-contra medidas electrónicas (ECCM) más habituales. Los sistemas de radar concebidos para funcionar en entornos electrónicos hostiles de ataque utilizan el salto de frecuencia como una de las técnicas de ECCM. Este tipo de radar suele dividir su banda de frecuencia atribuida en canales. El radar selecciona entonces aleatoriamente un canal entre los disponibles para la transmisión. Esta ocupación aleatoria de un canal puede producirse según la posición del haz, cuando se transmiten muchos impulsos por el mismo canal, o sobre una base de impulsos. Debe considerarse este aspecto importante de los sistemas de radar y debe tenerse en cuenta en los estudios de compartición la posible repercusión de los radares de salto de frecuencia.

CUADRO 2

Características de los radares de radiolocalización (salvo los radares meteorológicos en tierra) y los radares radionavegación aeronáutica

Características	Unidades	Radar 1	Radar 2	Radar 3	Radar 4	Radar 5	Radar 6	Radar 7	Radar 8	Radar 9
Función		Instrumentación	Instrumentación	Instrumentación	Instrumentación	Instrumentación	Búsqueda en superficie y aire	Búsqueda multifunción en superficie y aire	Investigación y generación de imágenes de la Tierra	Búsqueda
Tipo de plataforma (a bordo de aeronaves, de navíos, en tierra)		En tierra	En tierra	En tierra	En tierra	En tierra	Barco	Barco	En aeronave	En aeronave
Gama de sintonía	MHz	5 300	5 350-5 850	5 350-5 850	5 400-5 900	5 400-5 900	5 300	5 450-5 825	5 300	5 250-5 725
Modulación		N/A	Ninguna	Ninguna	Impulso/Impulso modulado	Impulso modulado	MF lineal	Ninguna	MF no lineal/lineal	Impulso CW
Potencia de transmisión en antena	kW	250	2 800	1 200	1 000	165	360	285	1 o 16	0,1-0,4
Anchura de impulso	µs	1,0	0,25; 1,0; 5,0	0,25; 0,5; 1,0	0,25-1 (sin modular) 3,1-50 (impulso modulado)	100	20,0	0,1/0,25/1,0	7 u 8	1,0
Tiempo de subida/caída del impulso	µs	0,1/0,2	0,02-0,5	0,02-0,05	0,02-0,1	0,5	0,5	0,03/0,05/0,1	0,5	0,05
Cadencia de repetición de impulsos	pps	3 000	160, 640	160, 640	20-1 280	320	500	2 400/1 200/750	1 000-4 000	200-1 500
Ancho de banda del impulso modulado	MHz	N/A	N/A	N/A	4,0	8,33	1,5	N/A	62, 124	N/A
Ancho de banda de la emisión en RF -3dB -20dB	MHz	4,0 10,0	0,5-5	0,9-3,6 6,4-18	0,9-3,6 6,4-18	8,33 9,9	1,5 1,8	5,0/4,0/1,2 16,5/12,5/7,0	62, 124 65, 130	4,0 10,0
Tipo de diagrama de la antena (haz muy estrecho, abanico, cosecante al cuadrado, etc.)		Haz muy estrecho	Haz muy estrecho	Haz muy estrecho	Haz muy estrecho	Haz muy estrecho	Haz muy estrecho	Cosecante al cuadrado	Abanico	Abanico
Tipo de antena (reflector, sistema de antenas controladas por fase, ranurada, etc.)		Reflector parabólico	Parabólica	Parabólica	Sistema de antenas controladas por fase	Sistema de antenas controladas por fase	Parabólica	Alimentador de onda progresiva	Dos bocinas polarizadas en un mismo pedestal	Ranurada

CUADRO 2 (Continuación)

Características	Unidades	Radar 1	Radar 2	Radar 3	Radar 4	Radar 5	Radar 6	Radar 7	Radar 8	Radar 9
Polarización de la antena		Vertical/circular izquierda	Horizontal	Horizontal	Horizontal y vertical	Circular				
Ganancia del haz principal de la antena	dBi	38,3	54	47	45,9	42	28,0	30,0	26	30-40
Abertura angular de elevación de antena	grados	2,5	0,4	0,8	1,0	1,0	24,8	28,0	28,0	2-4
Abertura angular de acimut de antena	grados	2,5	0,4	0,8	1,0	1,0	2,6	1,6	3,0	2-4
Cadencia de exploración horizontal de la antena	grados/s	N/A (Seguimiento)	36, 72	90	N/A	20				
Tipo de exploración horizontal de la antena (continua, aleatoria, 360°, sector, etc.)	grados	N/A (Seguimiento)	Continua 360	Sector 30-270	Fijo a la derecha o la izquierda de la trayectoria de vuelo	Continua				
Cadencia de exploración vertical de la antena	grados/s	N/A (Seguimiento)	N/A	N/A	N/A	N/A				
Tipo de exploración vertical de la antena (continua, aleatoria, 360°, sector, etc.)	grados	N/A (Seguimiento)	N/A	Fija	Fija en elevación (-20 a -70)	N/A				
Niveles lóbulo lateral de la antena (SL) (primer SL y SL remotos)	dB	-20	-20	-20	-22	-22	-20	-25	-22	-25
Altura de la antena	m	20	20	8-20	20	20	40	40	Hasta 8 000	9 000
FI del receptor, anchura de banda 3 dB	MHz	1	4,8, 2,4, 0,25	4, 2, 1	2-8	8	1,5	1,2, 10	90, 147	1
Valor de ruido del receptor	dB	6	5	5	11	5	5	10	4,9	3,5
Señal mínima discernible	dBm	-105	-107	-100	-107, -117	-100	-107	-94 (impulso corto/medio) -102 (impulso ancho)	-90, -87	-110

CUADRO 2 (Continuación)

Características	Unidades	Radar 10	Radar 10A	Radar 11	Radar 12	Radar 13	Radar 14	Radar 14A	Radar 15
Función		Radionavegación, búsqueda en superficie y en el aire	Radionavegación, búsqueda en superficie y en el aire	Radiolocalización	Radiolocalización	Radiolocalización	Radiolocalización	Radiolocalización	Radiolocalización
Tipo de plataforma (en aeronaves, de navíos, en tierra)		En aeronaves En tierra	En tierra (biestática)	En tierra	En aeronaves	En tierra	En tierra	En tierra (biestática)	En tierra
Gama de sintonía	MHz	5 250-5 875	5 250-5 875	5 250-5 350	5 400-5 900	5 450-5 850	5 300-5 800	5 300-5 800	5 400-5 850
Modulación		Bifase Código de Barker	Bifase Código de Barker	Impulsos codificados	Impulsos codificados	Pulsada, no coherente	NA	NA	Impulsos sin modular
Potencia de transmisión en la antena	kW	90	90	0,400	25	750	50	50	1 000
Anchura de impulso	us	0,30-14,0	0,30-14,0	0,08	0,32	1	NA	NA	0,25-1
Tiempo de subida/caída del impulso	us	0,04-0,1	0,04-0,1	0,03/0,03	0,015/0,035	0,108/0,216	0,100/0,100	0,100/0,100	0,150/0,200
Cadencia de repetición de impulsos	pps	4 000-5 000	4 000-5 000	5 000	8 000	160-1 280	NA	NA	160 – 640
Anchura de banda de impulso	MHz	1,5	1,5	N/A	N/A	NA	NA	NA	NA
Anchura de banda de emisión de RF -3 dB -20 dB	MHz	4 12 20 a -40 dB	4 12 20 a -40 dB	6 11	1,55 20	0,8 4,1	470 490	470 490	1,8 10
Diagrama de antena (haz muy estrecho, en abanico, cosecante cuadrado, etc.)		Abanico	Abanico	N/A	N/A	Haz muy estrecho	Haz muy estrecho	Haz muy estrecho	N/A
Tipo de la antena (reflector, sistema de antenas controladas por fase, ranurada, etc.)		Sistema pasivo de antenas controlado por fase	Sistema pasivo de antenas controlado por fase	Sistema de antenas controlado por fase	Sistema de antenas controlado por fase	Parabólica	Sistema de antenas controlado por fase	Sistema de antenas controlado por fase	Bocina
Polarización de antena		Horizontal	Horizontal	Vertical	Vertical	Lineal, vertical	NA	NA	Vertical, lineal
Ganancia haz principal de la antena	dBi	33 (<55)	33 (<55)	16	25	42,94	40	40	42

CUADRO 2 (Continuación)

Características	Unidades	Radar 10	Radar 10A	Radar 11	Radar 12	Radar 13	Radar 14	Radar 14A	Radar 15
Abertura angular de elevación de antena	grados	7	7	12,5	26	2,5	2,5	2,5	1,2
Abertura angular de acimut de antena	grados	1,8	1,8	12,5	2	2,5	2,5	2,5	1,2
Cadencia de exploración horizontal de la antena	grados/s	6-60	6-60	N/A	N/A	25	30	30	Variable -45
Tipo de exploración horizontal de la antena (continua, aleatoria, 360°, sector, etc.)	grados	360	360	N/A	360	360	360	360	360
Cadencia de exploración vertical de la antena	grados/s	N/A	N/A	N/A	N/A	25	N/A	N/A	Variable -45
Tipo de exploración vertical de la antena (continua, aleatoria, 360°, sector, etc.)	grados	N/A	N/A	N/A	Orientada electrónicamente	N/A	Orientada electrónicamente	Orientada electrónicamente	N/A
Niveles lóbulo lateral de la antena (SL) (primer SL y SL remotos)	dB	-29	-29	N/A	N/A	-8,7	-40	-40	-22
Altura de la antena	m	45	30	N/A	30	NA	NA	NA	NA
FI del receptor, anchura de banda 3 dB	MHz	11	11	10	7	2,75	NA	NA	20
Valor de ruido del receptor	dB	3	3	10	4	3	4	4	2,3
Señal mínima discernible	dBm	-115	-115	-111	-116	-107	-100	-100	-112

CUADRO 2 (Continuación)

Características	Unidades	Radar 16	Radar 17	Radar 18	Radar 19	Radar 20	Radar 21	Radar 22	Radar 23
Función		Radionavegación aeronáutica	Multifunción	Multifunción	Multifunción	Multifunción	Multifunción	Multifunción	Multifunción
Tipo de plataforma (en aeronaves, de navíos, en tierra)		En aeronaves	En aeronaves	En tierra	En tierra	En barcos	En tierra/barcos	Búsqueda en superficie y en el aire, vehículo en tierra	Búsqueda, vehículo en tierra
Gama de sintonía	MHz	5 440	5 370	5 600-5 650	5 300-5 700	5 400-5 700	5 300-5 750	5 400-5 850	5 250-5 850
Modulación		N/A	N/A	NA	Impulsos sin modular	Impulsos sin modular	N/A	Impulsos codificados/ Código de Barker y salto de frecuencia	Impulsos codificados/ Código de Barker y salto de frecuencia
Potencia de transmisión en la antena	kW	0,200 de cresta	70 de cresta	7,5	250	350	300-400 de cresta	12 de cresta	70
Anchura de impulso	us	1-20	6,0	0,0005-0,20	0,8 a 2,0	2	0,05..4,0	4,0-20,0	3,5/6,0/1,0
Tiempo de subida/caída del impulso	us	0,1	0,6	0,0005/0,0005	0,08	0,096/0,33	0,1	0,2	0,3
Cadencia de repetición de impulsos	pps	180-1 440	200	3 000	250-1 180	250-500	200-1 300	1 000-7 800	2 500-3 750
Anchura de banda de impulso	MHz			NA	NA	NA	NA	NA	NA
Anchura de banda de emisión de RF -3 dB -20 dB	MHz			2 15	1,25 8,3	0,4 2,88	NA	5 No disponible	5 No disponible
Diagrama de antena (haz muy estrecho, en abanico, cosecante cuadrado, etc.)		Haz muy estrecho	Abanico	Haz muy estrecho	Haz muy estrecho	Haz muy estrecho	Cónico	Haz muy estrecho	Haz muy estrecho
Tipo de la antena (reflector, sistema de antenas controladas por fase, ranurada, etc.)		Ranurada	Parabólica	Reflector parabólico	Reflector parabólico	Reflector parabólico	Parabólica	Sistema de antenas controlado por fase	Sistema de antenas controlado por fase
Polarización de antena		Horizontal	Horizontal	Horizontal	Horizontal	Horizontal	Vertical	Vertical	Horizontal

CUADRO 2 (Fin)

Características	Unidades	Radar 16	Radar 17	Radar 18	Radar 19	Radar 20	Radar 21	Radar 22	Radar 23
Ganancia haz principal de la antena	dBi	34	37,5	38,5	44,5	40	44,5	35	31,5
Abertura angular de elevación de antena	grados	3,5	4,1	2,2	1	1,7	2,0	30	30
Abertura angular de acimut de antena	grados	3,5	1,1	2,2	1	1,7	2,0	2	2
Cadencia de exploración horizontal de la antena	grados/s	20	24	3,4	Variable	6	36	Variable	Variable
Tipo de exploración horizontal de la antena (continua, aleatoria, 360°, sector, etc.)	grados	Continua	Sector 180	360	NA	360	360	360	Sector 360
Cadencia de exploración vertical de la antena	grados	45	N/A	6,5	Variable	NA	3	NA	NA
Tipo de exploración vertical de la antena (continua, aleatoria, 360°, sector, etc.)	grados	Sector	N/A	NA	NA	NA	30	Sector	Sector
Niveles lóbulo lateral de la antena (SL) (primer SL y SL remotos)	dB	-31	-20	-31	-25	-29	-30	-40	-30
Altura de la antena	m	Altitud de la aeronave	Altitud de la aeronave	10	10	10	10..40	10	6-13
FI del receptor, anchura de banda 3 dB	MHz	1,0	0,6	3	0,75	0,5	0,8	4	5
Valor de ruido del receptor	dB	5	6	4	3	2	3	5	13
Señal mínima discernible	dBm	-109	-106	-123	-109	-115	-120	-103	-108

3 Características de explotación

3.1 Radares de radionavegación aeronáutica

Los radares que funcionan en el SRNA en la banda de frecuencias 5 350-5 460 MHz son principalmente sistemas a bordo de aeronaves para la seguridad del vuelo. Se utilizan radares meteorológicos y de detección de zonas de mal tiempo que funcionan continuamente durante el vuelo, así como radares de detección de cizalladura por el viento que funcionan automáticamente cuando la aeronave descienda por debajo de 2 400 pies (732 m). Ambos sistemas tienen características similares y son principalmente radares de previsión que exploran un volumen alrededor de la trayectoria de vuelo de aeronaves. Son sistemas de exploración automática sobre una determinada escala de acimut y elevación, y generalmente el piloto puede hacer una corrección manual (mecánica) de elevación (para el piloto puede ser interesante disponer de varios «cortes» de elevación para tomar decisiones de navegación).

3.2 Radares de radiolocalización

Hay muchos tipos de radares, con diversas misiones, que funcionan en el servicio de radiolocalización en toda la gama de frecuencias 5 250-5 850 MHz. En el Cuadro 2 se indican las características técnicas de varios tipos representativos de radares que utilizan estas frecuencias, que pueden servir para evaluar la compatibilidad entre los radares de radiolocalización y los sistemas de otros servicios. En los siguientes párrafos se describe brevemente el funcionamiento de estos radares.

Los radares de instrumentación en campo de pruebas se utilizan para proporcionar datos de posición sumamente exactos sobre los vehículos espaciales de lanzamiento y los vehículos aeronáuticos durante las pruebas de desarrollo y operacionales. Estos radares se caracterizan por su alta potencia de transmisión y su antena de reflector parabólico de gran abertura, con haces muy estrechos.

Los radares tienen antenas de seguimiento automático, que hacen un seguimiento radárico o de radiofaro del objeto de interés. (Obsérvese que los radiofaros de radar no aparecen en el Cuadro 2; normalmente se pueden sintonizar en la gama de frecuencias 5 400-5 900 MHz, su potencia de transmisor es del orden de 50-200 W máximo, y retransmiten la señal de radar recibida.) Pueden funcionar en periodos que van de unos minutos hasta 4-5 h, según el programa de la prueba. Las operaciones se realizan en determinados momentos durante 24 h/día, 7 días/semana.

Los radares de vigilancia aérea y del mar a bordo de barcos se utilizan para la protección de éstos y funcionan continuamente durante la navegación, al arribar y al salir del puerto. Estos radares funcionan continuamente durante el despliegue del barco con arreglo al plan de navegación y a la disponibilidad. Estos radares efectúan misiones tales como la protección del medio ambiente marino; los servicios de seguridad en los puertos y aguas interiores, la seguridad costera la asistencia humanitaria, y/o la respuesta en caso de catástrofe y las misiones de búsqueda y salvamento en las que entren en juego blancos de pequeña sección transversal tales como aeronaves de pequeña envergadura, botes salvavidas, canoas, lanchas neumáticas y personas con chalecos salvavidas. Estos radares de vigilancia funcionan generalmente con transmisores relativamente potentes y tienen antenas para exploración electrónica en elevación y exploración mecánica en acimut sobre 360°. En las condiciones de utilización, puede haber varios navíos con estos radares simultáneamente en una zona geográfica dada.

Hay otros radares especializados que también funcionan en la banda de frecuencias 5 250-5 850 MHz. El Radar 7 (Cuadro 2) es un radar a bordo de aeronaves de abertura simulada, que se utiliza en estudios de mapas e imágenes terrestres, ambientales y de ordenación territorial, y en otras actividades de investigación relacionadas. Funciona continuamente a distintas altitudes y con distintos ángulos de observación durante periodos variables, hasta varias horas, según la campaña de medición específica que se realiza.

4 Criterios de protección

Se puede considerar que el efecto de desensibilización de los radares que funcionan en esta banda, provocado por otros servicios con modulación de onda continua o de ruido, será proporcional a su intensidad. En cualquier sector de acimut expuesto a esta interferencia, sólo tiene que sumarse su densidad espectral de potencia a la densidad espectral de potencia del ruido térmico en el receptor del radar, con una aproximación razonable. Si la densidad espectral de potencia del ruido en el receptor del radar es N_0 , sin interferencia, y la interferencia que se asimila al ruido es I_0 , la densidad espectral de potencia resultante de ruido efectivo es simplemente $I_0 + N_0$. Un aumento de 1 dB aproximadamente constituiría una degradación significativa para los radares de radiolocalización salvo los radares meteorológicos en tierra. Este aumento corresponde a una relación $(I + N)/N$ de 1,26, o una relación I/N de -6 dB aproximadamente. Para los radares del servicio de radionavegación y meteorológicos, considerando su función de seguridad de la vida humana, un aumento de 0,5 dB aproximadamente constituiría una degradación significativa. Este aumento corresponde a una relación I/N de -10 dB aproximadamente. Sin embargo, hace falta seguir estudiando el tema para validar este valor. Estos criterios de protección representan los efectos acumulados de varios sistemas interferentes presentes; la relación I/N tolerada para un determinado interferente depende del número de interferentes y su geometría; es preciso evaluarla en el curso de un análisis de determinadas condiciones de servicio.

El factor de acumulación puede ser muy importante en el caso de algunos sistemas de comunicación que pueden suponer la instalación de un gran número de estaciones.¹

El efecto de la interferencia de impulsos es más difícil de apreciar y depende mucho del diseño y el modo de funcionamiento del receptor/procesador. En particular, las ganancias diferenciales de procesamiento por el retorno de un blanco válido, que se hace por impulsos síncronos, y los impulsos de interferencia, que son generalmente asíncronos, muchas veces influyen significativamente en el impacto de determinados niveles de interferencia impulsiva. Esta forma de desensibilización puede provocar varias formas diferentes de degradación. En los análisis de las interacciones entre determinados tipos de radares se deberá evaluar este efecto. En general, se puede considerar que muchas de las características de los radares de radiodeterminación ayudan a suprimir la interferencia impulsiva durante el ciclo de trabajo reducido, especialmente de unas pocas fuentes aisladas. En la Recomendación UIT-R M.1372 – Utilización eficaz del espectro radioeléctrico por las estaciones del servicio de radiodeterminación, se describen las técnicas para la supresión de la interferencia impulsiva durante el ciclo de trabajo reducido.

¹ Los criterios de protección para los radares meteorológicos en tierra figuran en la Recomendación UIT-R M.1849.

5 Técnicas de reducción de la interferencia

En general, la exploración de los haces de la antena mejora la compatibilidad mutua entre los radares de radiolocalización (salvo los radares meteorológicos en tierra) y radionavegación aeronáutica, porque así se limitan los casos de acoplamiento del haz principal. También se puede reducir la interferencia haciendo que la forma de onda de los dos tipos de radares sea diferente, y rechazando los impulsos no deseados mediante técnicas de filtración y procesamiento de las señales en el receptor, como la limitación, el control de tiempo de sensibilidad y la integración de señales. Además, la interferencia se puede mitigar mediante la separación de frecuencia portadora o la discriminación en el tiempo, mediante técnicas de rechazo/supresión de impulsos asíncronos. En las interacciones entre radares, la separación en frecuencia no siempre es necesaria para un funcionamiento compatible, porque hay un gran espaciado natural en acoplamiento de potencia y en tiempo, o se puede conseguir mediante un diseño apropiado. La Recomendación UIT-R M.1372 contiene más información sobre las técnicas de reducción de la interferencia empleadas por los sistemas de radar.
