

RECOMENDACIÓN UIT-R M.1463*

**CARACTERÍSTICAS Y CRITERIOS DE PROTECCIÓN PARA LOS RADARES
QUE FUNCIONAN EN EL SERVICIO DE RADIODETERMINACIÓN EN
LA BANDA DE FRECUENCIAS 1215-1400 MHz**

(Cuestión UIT-R 226/8)

(2000)

La Asamblea de Radiocomunicaciones de la UIT,

considerando

- a) que las características en cuanto a antena, propagación de la señal, detección del objetivo y gran anchura de banda necesaria de los radares para lograr sus funciones son óptimas en ciertas bandas de frecuencia;
- b) que las características técnicas de los radares que funcionan en el servicio de radiodeterminación vienen determinadas por la misión del sistema y varían ampliamente incluso dentro de una banda;
- c) que el servicio de radionavegación es un servicio de seguridad, tal como se especifica en el número S4.10 del RR, y no puede aceptarse el que se le cause interferencia perjudicial;
- d) que desde la CAMR-79 se han eliminado o degradado atribuciones considerables de espectro (equivalente a unos 1 GHz) a la radiolocalización y la radionavegación;
- e) que algunos grupos técnicos del UIT-R están considerando la posibilidad de introducir nuevos tipos de sistemas (por ejemplo, el acceso fijo inalámbrico y los sistemas fijos y móviles de gran densidad) o servicios en las bandas comprendidas entre 420 MHz y 34 GHz utilizadas por los radares del servicio de radiodeterminación;
- f) que se requieren características técnicas y operacionales representativas de los sistemas que funcionan en las bandas atribuidas al servicio de radiodeterminación a fin de determinar la viabilidad de la introducción de nuevos tipos de sistemas;
- g) que se necesitan procedimientos y metodologías para analizar la compatibilidad entre los radares que funcionan en el servicio de radiodeterminación y los sistemas de otros servicios;
- h) que las bandas de frecuencias 1215-1300 MHz y 1350-1400 MHz están atribuidas, a título primario, al servicio de radiolocalización y que la banda de frecuencias 1300-1350 MHz está atribuida, a título secundario, al servicio de radiolocalización;
- j) que la banda de frecuencias 1300-1350 MHz está atribuida, a título primario, al servicio de radionavegación aeronáutica, limitado a los radares de tierra y a los transpondedores de aeronave asociados;
- k) que la banda de frecuencias 1215-1300 MHz está atribuida adicionalmente, a título primario, al servicio de radionavegación en muchos países;
- l) que la banda de frecuencias 1215-1260 MHz está atribuida, a título primario, al servicio de radionavegación por satélite (espacio-Tierra);
- m) que la banda de frecuencias 1215-1300 MHz está atribuida, a título primario, a los servicios de exploración de la Tierra por satélite (activo) y de investigación espacial (activo);
- n) que la banda de frecuencias 1350-1400 MHz está atribuida, a título primario, a los servicios fijo y móvil en la Región 1 y que la banda de frecuencias 1215-1300 MHz está además atribuida a los servicios fijo y móvil, a título primario, en los países mencionados en el número S5.330 del RR,

* Esta Cuestión debe señalarse a la atención de la Comisión de Estudio 7 de Radiocomunicaciones y de la Organización de la Aviación Civil Internacional (OACI).

recomienda

- 1 que, se consideren las características técnicas y operacionales de los radares de radiodeterminación descritas en el Anexo 1, como representativas de los que funcionan en la banda de frecuencias 1 215-1 400 MHz;
- 2 que se emplee la Recomendación UIT-R M.1461 como guía en el análisis de compatibilidad entre los radares del servicio de radiodeterminación con los sistemas de otros servicios;
- 3 que, para el caso de interferencia continua (no en forma de impulsos), se utilice una relación entre la potencia de la señal interferente y el nivel de potencia de ruido en el receptor de radar, I/N , de -6 dB como nivel de protección requerido para los radares de radiodeterminación y que esta cifra represente el nivel de protección neto si hay múltiples fuentes interferentes presentes;
- 4 que para el caso de interferencia en forma de impulsos, los criterios se basen en el análisis específico caso por caso de las características del tren de impulsos no deseado y, en la medida de lo posible, del procesamiento de la señal en el receptor del radar.

NOTA 1 – Esta Recomendación será revisada cuando se disponga de información más detallada.

ANEXO 1

Características técnicas y operacionales de los radares de radiodeterminación que funcionan en la banda de frecuencias 1 215-1 400 MHz**1 Introducción**

En el Cuadro 1 se presentan las características de los radares de radiodeterminación que funcionan en todo el mundo en la banda de frecuencias 1 215-1 400 MHz, las cuales se describen a continuación. Las características específicas de los radares de perfil del viento figuran en el § 4 del presente Anexo.

2 Características técnicas

La banda 1 215-1 400 MHz está utilizada por diversos tipos distintos de radares en plataformas fijas en el suelo y transportables. Las funciones de radiodeterminación que realizan los sistemas de radar en esta banda incluyen el seguimiento y la búsqueda y vigilancia de larga distancia. Puede suponerse que las frecuencias de funcionamiento radar se distribuyen uniformemente en la banda 1 215-1 400 MHz. El Cuadro 1 contiene las características técnicas de los radares representativos de radiolocalización y radionavegación y que funcionan en la banda 1 215-1 400 MHz.

2.1 Transmisores

Los radares que funcionan en la banda 1 215-1 400 MHz utilizan impulsos de onda continua, e impulsos modulados en frecuencia (comprimidos) y codificados en fase. En las etapas finales de los transmisores se utilizan dispositivos de salida de campo transversal, haz lineal y estado sólido. La tendencia en los nuevos sistemas de radar se orienta hacia los dispositivos de salida de haz lineal y estado sólido debido al requisito de procesamiento de la señal Doppler. Además, los radares que emplean dispositivos de salida de estado sólido tienen una potencia de salida de cresta del transmisor inferior y ciclos de trabajo de impulsos superiores que llegan hasta el 50% cuando funcionan en canal único (un canal puede constar de tres o cuatro frecuencias discretas en una anchura de banda de 10 MHz). También hay la tendencia hacia sistemas de radar de radionavegación con agilidad de frecuencia que pueden suprimir o reducir la interferencia.

Las anchuras de banda de emisión de RF típicas en el transmisor de los radares que funcionan en la banda 1 215-1 400 MHz oscilan entre 0,5 a 2,5 MHz. Las potencias de salida de cresta del transmisor van desde 45 kW (76,5 dBm) para los transmisores de estado sólido a 5 MW (97 dBm) para los radares de gran potencia que utilizan klystrons.

2.2 Receptores

La generación más reciente de sistemas de radar utiliza el procesamiento digital de la señal tras la detección para el alcance, el acimut y el procesamiento Doppler. Por lo general, el procesamiento de la señal incluye técnicas utilizadas para mejorar la detección de los blancos deseados y producir símbolos del blanco en la pantalla. Las técnicas de

procesamiento de la señal utilizadas para la mejora e identificación de los blancos deseados dan también algún tipo de supresión de la interferencia de ciclo de trabajo corto, inferior al 5%, que es asíncrona respecto a la señal deseada.

Además, el procesamiento de la señal en los radares de la generación más reciente utiliza impulsos con compresión y codificados en fase que dan ganancia de procesamiento para la señal deseada y pueden también suprimir las señales no deseadas.

Algunos de los transmisores de estado sólido y baja potencia más recientes utilizan un procesamiento de la señal en canal de receptor múltiple con ciclo de trabajo elevado para mejorar los retornos de la señal deseada. Algunos receptores radar tienen capacidad para identificar canales de RF que tienen señales no deseadas de nivel reducido y controlan el transmisor para que transmita en estos canales de RF.

2.3 Antenas

Los radares que funcionan en la banda 1 215-1 400 MHz utilizan diferentes tipos de antenas. La nueva generación de radares que utilizan antenas de tipo reflector tienen múltiples bocinas. Las bocinas dobles se utilizan para transmitir y recibir mejorando la detección en condiciones de eco de superficie. Asimismo, las antenas de bocinas múltiples, de haz en pila y de reflector se utilizan para radares tridimensionales. Las antenas de bocinas múltiples reducirán el nivel de interferencia. Las antenas de elementos radiantes en fase distribuidos se utilizan también en algunos radares de esta banda. Estas últimas tienen módulos de transmisión/recepción montados en la antena. Además, los radares que las utilizan tienen en general niveles más bajos de lóbulo lateral que los de las antenas de tipo reflector, y un haz de exploración estrecho en elevación.

Dado que los radares de la banda 1 215-1 400 MHz realizan funciones de búsqueda, seguimiento y vigilancia de largo alcance, las antenas exploran 360° en el plano horizontal. Se utilizan polarizaciones horizontal, vertical y circular.

CUADRO 1

Características de diversos sistemas de radiodeterminación en la banda 1 215-1 400 MHz

Parámetro	Sistema 1	Sistema 2	Sistema 3	Sistema 4
Potencia de cresta entregada a la antena (dBm)	97	80	76,5	80
Duración del impulso (µs)	2	88,8; 58,8 (Nota 1)	0,4; 102,4; 409,6 (Nota 2)	39, secuencia única 26 y 13, secuencia doble (Nota 3)
Frecuencia de repetición de impulsos (pps)	310-380 escalonada	291,5 ó 312,5 promedio	200-272 a larga distancia 400-554 a corta distancia	774 promedio
Anchura de banda para impulsos modulados en frecuencia (comprimidos)	No se aplica	770 kHz para ambas anchuras de impulso	2,5 MHz para 102,4 µs 625 kHz para 409,6 µs	No se aplica
Anchura del subimpulso codificado en fase (MS)	No se aplica			1
Relación de compresión	No se aplica	68,3:1 y 45,2:1	256:1 para ambos impulsos	
Anchura de banda de emisión en RF (3 dB) (MHz)	0,5	1,09	2,2; 2,3; 0,58;	1
Dispositivo de salida	Klystron	Transistor		Amplificador de campo transversal

CUADRO 1 (Fin)

Parámetro	Sistema 1	Sistema 2	Sistema 3	Sistema 4
Tipo de antena	Reflector con alimentador de bocina	Reflector de haz apilado	Sistema en fase giratorio	Cilindro parabólico
Polarización de la antena	Horizontal, vertical, circular levógira, circular dextrógira	Vertical, circular	Horizontal	Vertical
Ganancia máxima de la antena (dBi)	34,5, transmisión 33,5, recepción	32,4-34,2, transmisión 31,7-38,9, recepción	38,9, transmisión 38,2, recepción	32,5
Abertura del haz de la antena en elevación (grados)	3,6 conformado a 44	3,63-5,61, transmisión 2,02-8,79, recepción	1,3	4,5 conformado a 40
Abertura del haz de la antena en acimut (grados)	1,2	1,4	3,2	3,0
Características de exploración horizontal de la antena (rpm)	360° mecánica a 5 rpm		360° mecánica a 6 rpm para larga distancia y 12 rpm para corta distancia	360° mecánica a 6, 12 ó 15 rpm
Características de exploración vertical de la antena (rpm)	No se aplica	-7° a +30° en 12,8 ó 13,7 ms	-1° a +19° en 73,5 ms	No se aplica
Anchura de banda de FI del receptor	780 kHz	0,69 MHz	4,4 a 6,4 MHz	1,2 MHz
Factor de ruido del receptor (dB)	2		4,7	3,5
Tipo de plataforma	Fija		Transportable	
Porcentaje de tiempo de funcionamiento de sistema (%)	100			

NOTA 1 – El radar tiene 44 pares de canales de RF, seleccionándose uno de los 44 pares en el modo normal. La onda transmitida consiste en un impulso de 88,8 μ s a frecuencia f_1 , seguido de un impulso de 58,8 μ s a frecuencia f_2 . La separación entre f_1 y f_2 es de 82,854 MHz.

NOTA 2 – El radar tiene 20 canales de RF en incrementos de 8,96 MHz. El grupo de ondas transmitidas consiste en un impulso P0 de 0,4 μ s (opcional) seguido de un impulso con modulación de frecuencia lineal de 102,4 μ s (si el impulso P0 de 0,4 μ s no se transmite) y fluctuación de 2,5 MHz que puede ir seguido de uno a cuatro impulsos con modulación de frecuencia lineal de 409,6 μ s para largo alcance, estando modulados cada uno de ellos con una fluctuación de 625 kHz y transmitiéndose en portadoras distintas separadas 3,75 MHz. El modo normal de funcionamiento emplea la versatilidad de frecuencias mediante la que se seleccionan frecuencias individuales de cada grupo de ondas de forma pseudoaleatoria entre uno de los 20 posibles canales de RF de la banda 1 215-1 400 MHz.

NOTA 3 – El radar tiene capacidad para funcionar con frecuencia única o doble. Los canales dobles de RF están separados 60 MHz. En el modo de canal único se utiliza una anchura de impulso de 39 μ s. En el modo de canal doble, el impulso de 26 μ s se transmite a la frecuencia f , seguido de un impulso de 13 μ s transmitido a $f+60$ MHz.

3 Criterios de protección

El efecto de desensibilización en los radares de radiodeterminación procedente de otros servicios con señal de onda continua o modulación de tipo ruido se relaciona predeciblemente con su intensidad. En todo sector acimutal del que llegue dicha interferencia, su densidad espectral de potencia puede simplemente añadirse a la densidad espectral de potencia del ruido térmico del receptor radar, en una aproximación razonable. Si se denomina N_0 a la densidad espectral de potencia del ruido en el receptor radar en ausencia de interferencia e I_0 a la interferencia de tipo ruido, la densidad espectral de potencia de ruido efectiva resultante es simplemente la suma $I_0 + N_0$. Un aumento de 1 dB aproximadamente constituye una degradación significativa, equivalente a una reducción del alcance de detección del 6% aproximadamente. Un aumento de este tipo corresponde a una relación $(I + N)/N$ de 1,26 o a una relación I/N de -6 dB, aproximadamente. Esto representa el efecto acumulado de múltiples fuentes de interferencia presentes; la relación I/N admisible para una fuente interferente individual depende del número de fuentes de interferencia y de su geometría, y se ha de evaluar a lo largo del análisis de una situación determinada. Si se recibiese interferencia de onda continua de la mayoría de las direcciones acimutales, habría que mantener una relación I/N inferior.

El factor de acumulación puede ser muy sustancial en el caso de ciertos sistemas de comunicaciones en los que puede instalarse un gran número de estaciones.

El efecto de la interferencia impulsiva es más difícil de cuantificar y depende fuertemente del diseño de los receptores y el procesador, así como del modo de funcionamiento. En particular, las ganancias del procesamiento diferenciales para retornos de blanco válidos que son sincrónicos con los impulsos, y los impulsos de interferencia que generalmente son asincrónicos, suelen tener efectos importantes en la repercusión de los niveles determinados de interferencia impulsiva. Este tipo de desensibilización puede dar lugar a diversas formas distintas de degradación de la calidad. La evaluación de éstas será un objetivo de los análisis de interacciones entre tipos específicos de radares. En general, cabe esperar que las numerosas características de los radares de radiodeterminación contribuyen a suprimir la interferencia impulsiva de ciclo de trabajo pequeño, especialmente la procedente de algunas fuentes aisladas. Las técnicas para suprimir la interferencia impulsiva con ciclo de trabajo corto figuran en la Recomendación UIT-R M.1372 – Utilización eficaz del espectro radioeléctrico por las estaciones del servicio de radiodeterminación.

4 Radares de perfil del viento

Un radar de perfil del viento es un radar Doppler para medir el viento desde el suelo, utilizando el eco radar que produce la turbulencia en cielo despejado. La turbulencia en cielo despejado da lugar a fluctuaciones del índice de refracción cuya escala es la mitad de la longitud de onda del radar (dispersión Bragg). Un radar de perfil del viento utiliza una serie de haces de antena que apuntan al cielo. A partir de la deriva Doppler a lo largo de la dirección del haz de la antena, puede medirse la velocidad del viento en el haz radar. Suponiendo que el campo de viento es homogéneo horizontalmente, pueden medirse tres componentes de un vector de viento con un mínimo de tres observaciones de haz. El alcance en altura observable de los radares depende de la potencia de transmisión, del tamaño de la antena y de la frecuencia radar, así como de la magnitud de la fluctuación de la refractividad de la atmósfera.

Actualmente se utilizan varias frecuencias para los radares de perfil del viento, incluyendo las de 50 MHz, 400 MHz, 900 MHz y 1 300 MHz. La utilización de cada una de ellas presenta ventajas e inconvenientes. Generalmente, los sistemas que funcionan en las proximidades de 400 MHz con grandes aperturas de antena suelen observar los vientos en la troposfera superior o en la estratosfera inferior. Por el contrario, los sistemas que funcionan en 900 MHz o en frecuencias superiores pueden efectuar medidas únicamente hasta varios kilómetros de altura. No obstante, las ventajas de los sistemas de frecuencia superior son un tamaño compacto de antena, y un alcance «ciego» más corto, lo que indica que estos sistemas son adecuados para las mediciones de viento en la capa límite y para realizaciones económicas. El Cuadro 2 contiene las características de los radares de perfil del viento que funcionan específicamente en la gama de frecuencias 1 300-1 375 MHz. La Recomendación UIT-R M.1227 contiene información y características adicionales de los radares de perfil del viento, incluyendo las de las que funcionan alrededor de 1 000 MHz.

CUADRO 2

Características de los radares de perfil del viento que funcionan en 1 300-1 375 MHz

Parámetro	Valor
Potencia de cresta entregada a la antena	1 kW (60 dBm)
Duración del impulso (μ s)	0,5, 1, 2
Frecuencia de repetición de impulsos (kHz)	1-25
Anchura de banda en emisión de RF (MHz)	8
Dispositivo de salida del transmisor	Transistor
Tipo de antena	Reflector parabólico
Polarización de la antena	Horizontal
Ganancia máxima de la antena (dB)	33,5
Apertura del haz en elevación de la antena (grados)	3,9
Apertura del haz acimutal de la antena (grados)	3,9
Exploración horizontal de la antena	No se aplica
Exploración vertical de la antena	-15° a +15° (aproximadamente 15 s)
Anchura de banda de FI del receptor (MHz)	2,5
Factor de ruido del receptor (dB)	1,5
Tipo de plataforma	Emplazamiento fijo
Porcentaje de tiempo de funcionamiento del sistema (%)	100