

## RECOMENDACIÓN UIT-R M.1640

**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)

**Resumen**

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.

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, desde la CAMR-79, se han modificado o disminuido de categoría un número considerable de atribuciones en el espectro a la radiolocalización y a la radionavegación (equivalente a unos 1 GHz);
- d) 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;
- e) 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;
- f) que los radares de radiodeterminación funcionan en la banda 33,4-36 GHz;
- g) que la banda de frecuencias 33,4-34,2 GHz está atribuida al servicio de radiolocalización a título primario;
- h) que la banda de frecuencias 34,2-34,7 GHz está atribuida a los servicios de radiolocalización y de investigación espacial (espacio lejano) (Tierra-espacio) a título primario;
- j) 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;
- k) 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;
- l) 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;

3 que para los estudios de compartición de la banda de frecuencias 33,4-36 GHz entre radares del servicio de radiodeterminación 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 Antecedentes**

Se solicitó a la CMR-97 que examinase la provisión de hasta 1 GHz de espectro de frecuencias alrededor de 35 GHz para su utilización por los sensores activos de la Tierra a bordo de vehículos espaciales. El UIT-R estudió la compatibilidad entre los sensores activos instalados a bordo de vehículos espaciales y los sistemas de los servicios de radionavegación y radiolocalización (se consideraron diversas bandas). Si bien los estudios efectuados antes de la CMR-97 indicaban que es posible que los sensores activos a bordo de vehículos espaciales y los sistemas de radar funcionen en la misma banda sin rebasar los criterios de protección, la CMR-97 decidió atribuir la banda 35,5-36 GHz al SRS a título primario, a condición de cumplir con la disposición del número 5.551A del Reglamento de Radiocomunicaciones (RR). La CMR-2000 resolvió reexaminar esta atribución, entre otras, en la banda 35-38 GHz, y estableció el punto 1.12 del orden del día de la CMR-03 para examinar este tema. Esta Recomendación especifica las características técnicas y los criterios de protección para los sistemas de radiolocalización que funcionan en la banda de frecuencias 33,4-36 GHz.

### 3 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	Formación de imágenes	Formación de imágenes	Métrica	Métrica	Buscador
Tipo de sensor	Pasiva	Activa	Activa	Activa	Activo
Modulación	–	Impulsos	Impulsos	Impulsos	MF lineal
Tasa de compresión	–	–	–	–	200
Anchura del impulso	–	0,05	0,25	0,05	10
Potencia de cresta del transmisor (kW)	–	0,5	135	1	0,001
PRF (kHz)	–	30	1	50	10
Anchura de banda de RF (MHz)	–	80	10	101	12
Ganancia de antena (dBi)	35	30	52	51	28,7
Abertura del haz (grados)	0,5 × 3,0	0,75 × 10	0,25 × 0,25	0,5 × 0,5	4,4 × 4,4
Anchura de banda en FI del receptor (GHz)	2	0,040	0,006	0,185	0,100
Temperatura de ruido (K)	850	–	–	–	–
Factor de ruido (dB)	–	4,5	10	10	5
Sensibilidad del receptor (dBm)	–	–81	–95	–78	–93
Sintonía	Fija	Fija	Fija	Salto de frecuencia	Fija

PRF: frecuencia de repetición de los impulsos

### 4 Criterios de protección

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

#### 4.1 Reproductor radiométrico de imágenes

Suponiendo despreciable la variación de la ganancia del sistema, la sensibilidad a la temperatura mínima  $\Delta T$  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  $\Delta P$  viene dado por:

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

donde  $k$  es la constante de Boltzman  $= 1,38 \times 10^{-23}$ , y  $\Delta T$  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.

#### 4.2 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  $\sigma_\theta$  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) se deduce 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 admisibles<sup>1</sup>.

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.

---

<sup>1</sup> 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.