

RECOMENDACIÓN UIT-R S.1151^{*,**}

**Compartición entre el servicio entre satélites en el que intervienen satélites
geostacionarios del servicio fijo por satélite y el servicio
de radionavegación a 33 GHz**

(1995)

La Asamblea de Radiocomunicaciones de la UIT,

considerando

- a) que la banda de frecuencias 32-33 GHz está atribuida con los mismos derechos al servicio entre satélites y al servicio de radionavegación;
- b) que la banda puede ser utilizada por los enlaces entre satélites del servicio fijo por satélite (SFS);
- c) que los actuales textos del UIT-R disponen de información sobre las características técnicas de los dos servicios, complementada por hipótesis razonables en ausencia de información;
- d) que deben tenerse en cuenta los enlaces entre satélites de diversas longitudes de trayecto;
- e) el contenido de la Recomendación UIT-R M.496;
- f) que el servicio de investigación espacial (espacio lejano) (espacio-Tierra) comparte la banda 32-32,3 GHz a título primario y que existen criterios de protección y compartición para este servicio (Recomendación UIT-R SA.578);
- g) que los análisis y conclusiones relativos a la compartición en la banda 32-32,3 GHz deben tener en cuenta las atribuciones al servicio de investigación espacial;
- h) el análisis contenido en el Anexo 1,

recomienda

- 1** que para evitar la necesidad de imponer limitaciones de potencia a las emisiones del servicio entre satélites y del servicio de radionavegación, la máxima separación angular geocéntrica de los dos extremos del enlace entre satélites no sea mayor de 90°;
- 2** que, cuando no sea posible observar la limitación angular indicada en el § 1, la compartición entre estos dos servicios se lleve a cabo aplicando los siguientes criterios:
 - 2.1** para las emisiones del servicio entre satélites, la máxima densidad de flujo de potencia en la superficie de la Tierra procedente de satélites geostacionarios debe estar limitada por los valores indicados en la Curva B de la Fig. 2 del Anexo 1 a la presente Recomendación;
 - 2.2** para las emisiones de onda continua del servicio de radionavegación, la densidad de p.i.r.e. de los transmisores individuales debe limitarse a:

$$A - 43 - 10 \log D \quad \text{dB(W/MHz), para ángulos de separación de } \leq 140^\circ$$

siendo A la densidad espectral de p.i.r.e. combinada cuyo valor viene dado por la Fig. 2 y D el valor medio estimado de la densidad geográfica por km² de los transmisores de radionavegación activos

* Esta Recomendación debe señalarse a la atención de la Comisión de Estudio 8 de Radiocomunicaciones.

** La Comisión de Estudio 4 de Radiocomunicaciones efectuó modificaciones de redacción en esta Recomendación en 2001 de conformidad con la Resolución UIT-R 44 (AR-2000).

simultáneamente en cualquier banda de 1 MHz, teniendo en cuenta las futuras necesidades; este valor medio será el correspondiente a la menor de las superficies siguientes (véase el Anexo 1 a la Recomendación UIT-R M.496): el territorio que depende de la administración interesada o una superficie de 10^6 km².

NOTA 1 – El § 2.2 queda limitado a las emisiones de onda continua. Se necesitan más estudios para los sistemas de radionavegación por impulsos. En el Anexo 2 aparece información sobre sistemas por impulsos.

ANEXO 1

Criterios de compartición entre enlaces entre satélites que conectan satélites geostacionarios del servicio fijo por satélite y el servicio de radionavegación a 33 GHz

1 Introducción

En un futuro próximo puede haber necesidad de una forma limitada de enlaces entre satélites relativamente próximos y que funcionen en frecuencias comprendidas entre, aproximadamente, 15 y 33 GHz.

En esta gama de frecuencias, la Conferencia Administrativa Mundial de Radiocomunicaciones (Ginebra, 1979) (CAMR-79) atribuyó al servicio entre satélites una banda (32 a 33 GHz) compartida con el servicio de radionavegación.

A continuación se examinan las posibilidades de compartición entre los enlaces entre satélites geostacionarios del SFS y el servicio de radionavegación.

2 Características de los enlaces entre satélites que funcionan en el intervalo de frecuencias entre 32 y 33 GHz

Se supone que los enlaces probablemente serían poco numerosos y se utilizarían para pequeñas distancias entre satélites, con objeto de reducir al mínimo el retardo por tiempo de propagación y deberían apoyarse, tanto como fuera posible, en la tecnología actual de vehículos espaciales. En el Cuadro 1 se recoge un conjunto de parámetros que podrían representar enlaces típicos. Se supone que los enlaces aquí considerados, conectan satélites con separaciones orbitales variables, emplean antenas de 2 m de diámetro con seguimiento y funcionan con una relación portadora/ruido de 25 dB, de forma que el enlace entre satélites contribuye a una parte relativamente pequeña del ruido permitido por canal.

CUADRO 1

**Características supuestas de un enlace entre satélites (EES)
y de un sistema del servicio de radionavegación (RN)**

	EES	RN
Temperatura de ruido del sistema receptor, T (K)		
$10 \log T$	31	30
Diámetro de la antena receptora y transmisora (m)	2	–
Ganancia de la antena receptora y transmisora (dBi)	54	50
		35 (A bordo)
Densidad de potencia de ruido del receptor por MHz (referida a la entrada de la antena) (dB(W/MHz))	–138	–139
Relación portadora/ruido (dB)	25	–
Nivel necesario de la portadora en el receptor (dB(W/MHz))	–113	
Máximo nivel de interferencia permitido por debajo del ruido (dB)	–10	–10
Máximo nivel permitido de señal no deseada (dB(W/MHz))	–148	–149
Pérdida combinada debida al seguimiento (dB)	1	–
Pérdidas en el trayecto (Tierra-espacio órbita geoestacionaria) (dB)	215	–
Ancho del haz entre puntos a potencia mitad (EES) (grados)	0,32	–

A partir de los valores obtenidos, se pueden establecer los niveles de interferencia causada o recibida del servicio de radionavegación.

Se considera que el enlace mostrado en el Cuadro 1 es únicamente un posible diseño de un enlace entre satélites, y que han sido también propuestos otros diseños posibles que implican técnicas tales como la remodulación MF. No obstante, tales enlaces se caracterizarían por una densidad de potencia transmitida inferior y, probablemente una menor susceptibilidad a las interferencias, de modo que se considera que las características dadas representan un caso suficientemente conservador.

3 Características del servicio de radionavegación en frecuencias de 32 a 33 GHz

No es posible predecir, con precisión, las características técnicas que serán adoptadas para los sistemas del servicio de radionavegación. No obstante, en el Cuadro 1 se detallan las hipótesis que se han establecido. Se han supuesto dos ganancias de antena, una para instalaciones terrenas y otra para instalaciones a bordo de aeronaves. Estas características se utilizan en los siguientes análisis para establecer los *recomienda* relativos a los sistemas de radionavegación de onda continua.

4 Interferencias de los enlaces entre satélites al servicio de radionavegación

La interferencia de un enlace del servicio entre satélites (SES), se estudia en términos de densidad de flujo de potencia (dfp) sobre la superficie de la Tierra.

Hay dos factores que contribuyen a esta dfp; en primer lugar la potencia por MHz en la antena del enlace del servicio entre satélites (P_T) que es proporcional a la distancia del enlace entre satélites, y en segundo lugar la ganancia fuera del haz principal $G(\theta)$ (véase la Recomendación UIT-R S.672) en la dirección de la Tierra de la antena transmisora. Ambos factores dependen de la separación angular φ (véase la Fig. 1) y puede demostrarse que la dfp sobre la superficie terrestre (dfp_{SES}) es aproximadamente igual a:

$$dfp_{SES} \approx P_T(\varphi) + G(\theta) - 10 \log(4\pi d^2) \quad \text{dB(W/(m}^2 \cdot \text{MHz))}$$

donde:

$P_T(\varphi)$: potencia (dB(W/MHz)) hacia el satélite

$G(\theta)$: ganancia isotrópica (dB) de la antena del enlace entre satélites (SES) en una dirección tangencial fuera del eje del haz principal hacia la superficie de la Tierra

d : es la distancia desde el satélite a la superficie de la Tierra en la dirección θ (m).

El valor de $P_T(\varphi)$ se determina por el nivel de potencia necesario a la entrada del receptor en el otro extremo del enlace entre satélites (normalmente -112 dB(W/MHz)), entonces:

$$P_T(\varphi) = -112 + 20 \log(\lambda/4\pi L) + 2 \times G_0 \quad \text{dB(W/(m}^2 \cdot \text{MHz))}$$

siendo:

λ : longitud de onda (m)

L : longitud del enlace entre satélite (m)

G_0 : ganancia de cada antena de los satélites del enlace (dBi).

Combinando estos factores y expresando L y θ en términos de φ la densidad de flujo de potencia para el peor caso (menor ángulo de llegada) es:

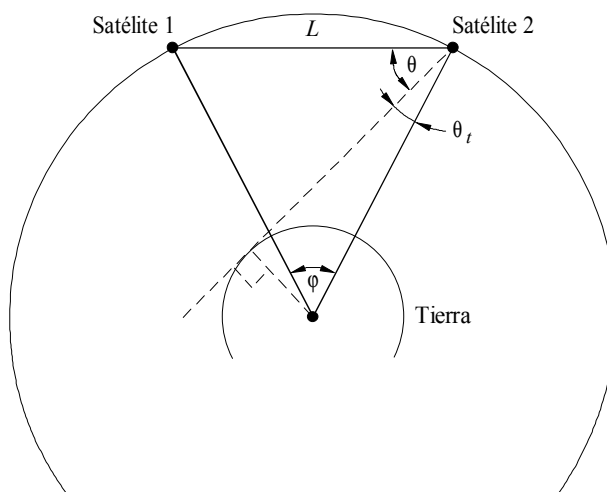
$$dpf_{SES} \approx -220 + 20 \log \left[\frac{8\pi \times 4,22 \times 10^7 \text{ sen } (\varphi/2)}{\lambda} \right] + 54 - 25 \log \left(\frac{163 - \varphi}{0,32} \right) - 164$$

que da como resultado la expresión:

$$dpf_{SES} \approx 10 \log \left[\frac{8\pi \times 4,22 \times 10^7 \text{ sen } (\varphi/2)}{\lambda} \right]^2 - 25 \log \left(\frac{163 - \varphi}{0,32} \right) - 330 \quad \text{dB(W/(m}^2 \cdot \text{MHz))}$$

FIGURA 1

Enlace entre satélites

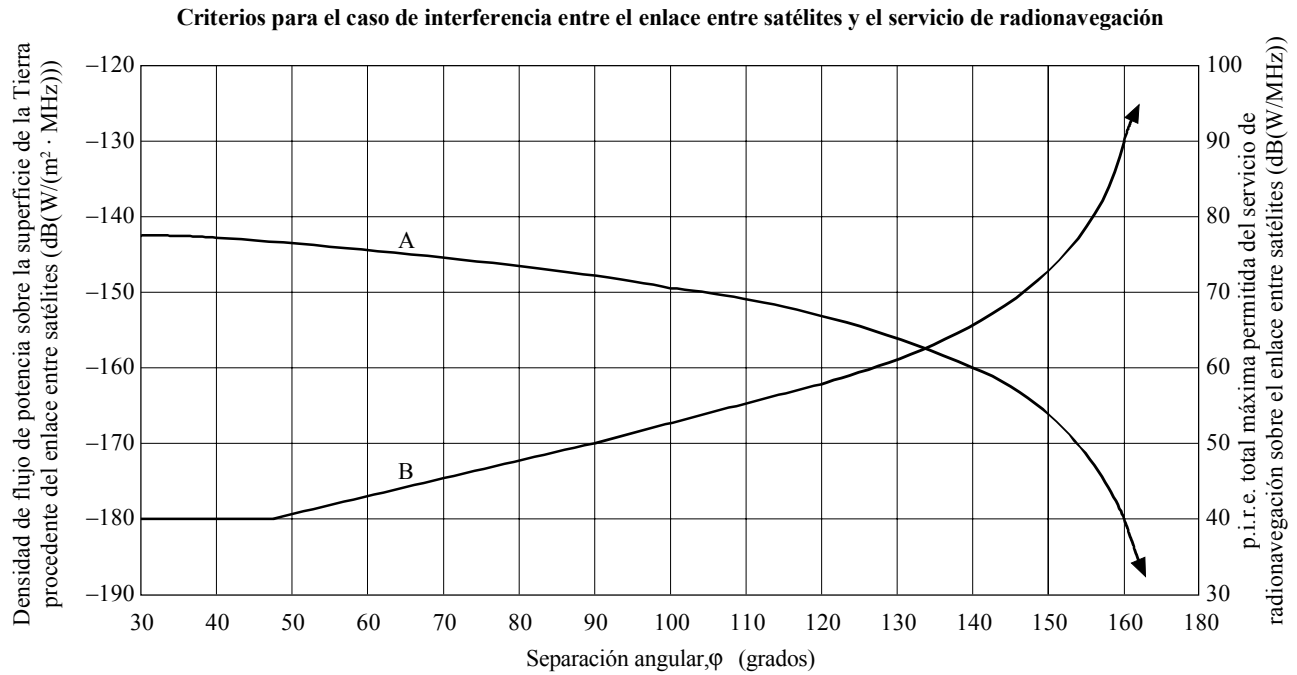


- θ : ángulo con relación al eje del haz principal
- θ_t : ángulo tangencial (constante)
- φ : separación angular

D01

La Fig. 2 muestra la dfp calculada a partir de las características supuestas y para separaciones angulares de 40° a 160° . Obsérvese que la expresión utilizada anteriormente para la ganancia de la antena fuera del eje se reduce a -10 dB para una separación angular entre satélites, φ de $46,6^\circ$. Esto produce la forma plana y la discontinuidad mostradas en la Fig. 2.

FIGURA 2



Curvas A: Servicio de radionavegación interfiriendo al servicio entre satélites (p.i.r.e._{RNmáx})
 B: Servicio entre satélites interfiriendo al servicio de radionavegación (dfp_{SES})

1151-02

5 Interferencia causada por el servicio de radionavegación a los enlaces entre satélites

Las interferencias procedentes del servicio de radionavegación (RN), dependerán principalmente de la ganancia de la antena receptora del enlace entre satélites en la dirección de la Tierra $G(\theta)$, y de la p.i.r.e del servicio de radionavegación.

Suponiendo que la potencia total de interferencia debe estar limitada a la décima parte del ruido del sistema receptor, podría considerarse apropiada una relación portadora/interferencia total de 35 dB (comparada con la relación portadora/ruido de 25 dB).

De acuerdo con estas condiciones puede estimarse la máxima p.i.r.e., (p.i.r.e._{RNmáx}) procedente del servicio de radionavegación en función de las separaciones angulares, de la siguiente forma:

$$\begin{aligned}
 p.i.r.e._{RNmáx} &\approx \text{Pérdidas en el trayecto} - \text{Interferencia máxima permitida} - G(\theta) \\
 &\approx 215 - 148 - G(\theta) \\
 &\approx 13 + 25 \log \left(\frac{163 - \varphi}{0,32} \right) \quad \text{dB(W/MHz)}
 \end{aligned}$$

La Fig. 2 representa la p.i.r.e. máxima para separaciones angulares de 40° a 160°.

6 Resultados

En las curvas de la Fig. 2 puede verse que una limitación dada de la d_{fp} , para proteger el servicio de radionavegación, establece un valor máximo para la separación angular permisible del enlace entre satélites. Recíprocamente la máxima separación angular del enlace, dentro de la cual pueden estar comprendidos los enlaces entre satélites, determina el límite para la máxima p.i.r.e en el servicio de radionavegación.

6.1 Interferencia causada por el enlace entre satélites a la radionavegación

Tomando como valor de la ganancia de la antena 50 dB y una potencia de ruido de -139 dB(W/MHz) para el servicio de radionavegación, se obtendría un límite de -155 dB(W/(m² · MHz)) en el servicio entre satélites, dando lugar a un límite para la separación angular de 140°.

6.2 Interferencia causada por la radionavegación al enlace entre satélites

De acuerdo con el § 6.1 anterior, una separación angular máxima de 140° daría lugar a un límite de p.i.r.e. conjunta de alrededor de 60 dBW.

7 Conclusiones para sistemas de onda continua en el servicio de radiolocalización

Se concluye que no habrá problemas de interferencia para ninguno de los dos servicios en caso de enlaces cortos (separación angular hasta 90°). Los enlaces largos entre satélites tienen más capacidad de causar o recibir interferencias, y, de acuerdo con las características supuestas del Cuadro 1, se evidencia que puede ser necesario limitar las separaciones angulares hasta 140°, aproximadamente.

ANEXO 2

Características del sistema de radionavegación por impulsos

En el Cuadro 2 aparecen las características identificadas de un sistema de radionavegación por impulsos a bordo. La potencia de cresta del impulso de estos sistemas rebasa los límites de p.i.r.e. del § 2, pero la p.i.r.e. media es muy inferior a estos límites; es decir, presenta un bajo ciclo de trabajo. Es necesario realizar análisis para evaluar la interferencia causada a los enlaces entre satélites.

CUADRO 2

Características de un sistema de radionavegación por impulsos a bordo

<p>Emisión</p> <p>17M4PON (modo fijo) 117MPON (modo ágil)</p> <p>Potencia de salida</p> <p>38,6 kW (potencia pulso pico)</p> <p>Dispositivo de salida</p> <p>Magnetron co-axial invertido Servocontrolado</p> <p>Antena de transmisión y recepción</p> <p>Tipo de antena: haz único (Antena 1)</p> <p>Exploración: vertical -29° a $+10^\circ$, mecánica horizontal $\pm 135^\circ$ a 7, 13 ó 21 r.p.m.</p> <p>Ganancia: 41,1 dBi 23,1 dBi a un acimut fuera del eje, de $1,1^\circ$ 17,2 dBi a una elevación fuera del eje de $1,4^\circ$</p> <p>Polaridad: horizontal o circular levógira</p> <p>Anchura de haz (grados): 0,8 H, 1,0 V</p>	<p>Sintonía</p> <p>Fija – 9 canales separados 100 MHz Ágil (espectro ensanchado) sobre 100 MHz</p> <p>Características del impulso</p> <p>Velocidad: 1 600 impulsos/s Anchura: 0,2 μs (impulsos sin modular)</p> <p>Tipo de diagrama de antena: $\text{cosec}^2 \cdot \cos^{(1)}$ (Antena 2)</p> <p>Exploración: vertical -29° a $+10^\circ$, mecánica horizontal $\pm 135^\circ$ a 7, 13 ó 21 r.p.m.</p> <p>Ganancia: 35,2 dBi 30,1 dBi a una elevación de -31° 23,1 dBi a una elevación de -3°</p> <p>Polaridad: horizontal o circular levógira</p> <p>Anchura de haz (grados): 0,8 H, proporcional a $\text{cosec}^2 \cdot \cos^{(1)}$ desde -3 a -31 V</p>
--	--

⁽¹⁾ Obsérvese que $\text{cosec}^2 \cdot \cos$ es un diagrama genérico empleado en muchos radares.