

UIT-R

Sector de Radiocomunicaciones de la UIT

Recomendación UIT-R F.339-7
(02/2006)

Anchuras de banda, relaciones señal/ruido y márgenes para el desvanecimiento en sistemas fijos de alta frecuencia

Serie F
Servicio fijo



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	Radio astronomía
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, 2011

© UIT 2011

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 F.339-7*

Anchuras de banda, relaciones señal/ruido y márgenes para el desvanecimiento en sistemas fijos de alta frecuencia

(1951-1953-1956-1963-1966-1970-1974-1978-1982-1986-2006)

Cometido

Están en servicio, o se elaborarán para responder a futuros requisitos, una gran variedad de sistemas fijos de alta frecuencia. No es adecuado, por lo tanto, pensar en un solo sistema «típico» y utilizarlo como modelo general.

Esta Recomendación facilita una selección de ejemplos de diversos sistemas del servicio fijo de alta frecuencia utilizados en la actualidad y describe los parámetros esenciales (anchura de banda, relaciones señal/ruido (SNR) y márgenes para el desvanecimiento) de dichos sistemas. Esos parámetros deberían utilizarse en la implantación de sistemas fijos de alta frecuencia.

La Asamblea de Radiocomunicaciones de la UIT,

considerando

- a) que para facilitar la respuesta conviene precisar los aspectos técnicos que han de considerarse en futuros estudios;
- b) que se necesitan valores que tengan en cuenta el desvanecimiento y las fluctuaciones de la intensidad de campo;
- c) que, sin embargo, la información contenida en el Anexo 1 a la Recomendación UIT-R P.313 proporciona algunos resultados de los que pueden deducirse datos provisionales sobre condiciones de desvanecimiento,

recomienda

- 1 que se utilicen los valores indicados en el Cuadro 1 del Anexo 1 para la relación señal/ruido (SNR) requerida para la clase de emisión considerada,
- 2 que se utilicen como ayuda los valores que figuran en las columnas de condición de desvanecimiento de los Cuadros del Anexo 1, junto con la estimación del factor de fluctuación de la intensidad de campo que se indica en la Nota 4 para esos Cuadros, con miras a calcular los valores medianos mensuales de la intensidad de campo mediana horaria que se requieren para los distintos tipos y grados de servicio.
- 3 que la Nota infra se considere parte de esta Recomendación.

NOTA 1 – El empleo de los valores recomendados sólo proporciona una estimación, que puede requerir ajuste para los circuitos radioeléctricos de diferentes longitudes de trayecto según el grado de servicio deseado.

* La Comisión de Estudio 9 de Radiocomunicaciones introdujo en 2000 modificaciones de redacción en esta Recomendación, de conformidad con la Resolución UIT-R 44.

Anexo 1

CUADRO 1

Relaciones señal/ruido requeridas

Clase de emisión	Anchura de banda del receptor antes de la detección (Hz)	Anchura de banda del receptor después de la detección (Hz)	Grado de servicio	SNR en audiofrecuencia ⁽¹⁾ (dB)	Relación señal/densidad de ruido en radiofrecuencia ⁽²⁾ (³) (dB)		
					Condición estable	Condición de desvanecimiento ⁽⁴⁾ ⁽⁵⁾	
						Sin diversidad	Doble diversidad
Telegrafía A1A 8 Bd	3 000	1 500	Recepción acústica ⁽⁶⁾	-4	31	38	
Telegrafía A1B teleimpresor, 50 Bd	250	250	Comercial ⁽⁷⁾	16	40		58
Telegrafía A1B ondulator, 120 Bd	600	600		10	38		49
Telegrafía A2A 8 Bd	3 000	1 500	Recepción acústica ⁽⁶⁾ ⁽¹⁹⁾	-4	35	38	
Telegrafía A2B 24 Bd	3 000	1 500	Comercial ⁽⁷⁾ ⁽¹⁹⁾	11	50	56	
Telegrafía F1B teleimpresor, 50 Bd, 2D = 200 a 400 Hz	1 500	100	$P_C = 0,01$ $P_C = 0,001$ $P_C = 0,0001$ } ⁽⁸⁾		45 } ⁽⁹⁾ 51 } 56 }	53 } ⁽⁹⁾ 63 } 74 }	45 } ⁽⁹⁾ 52 } 59 }
Telegrafía F1B teleimpresor, 100 Bd 2D = 170 Hz con ARQ	300	300			43	52	
Telegrafía F7B teleimpresor, 200 Bd 2D = 400 Hz con ARQ							
Telegrafía F1B MDF-M 33 tonos AT12 10 caracteres/s	400	400	$P_C = 0,01$ $P_C = 0,001$ $P_C = 0,0001$ } ⁽⁸⁾		23 24 26	37 } ⁽²⁵⁾ 45 } 52 }	29 34 39
Telegrafía F1B MDF-M 12 tonos AT15 10 caracteres/s	300	300	$P_C = 0,01$ $P_C = 0,001$ $P_C = 0,0001$ } ⁽⁸⁾		26 27 29	42 } ⁽²⁵⁾ 49 } 56 }	32 36 42
Telegrafía F1B MDF-M 6 tonos AT12 10 caracteres/s	180	180	$P_C = 0,01$ $P_C = 0,001$ $P_C = 0,0001$ } ⁽⁸⁾		25 26 28	41 } ⁽²⁵⁾ 48' } 5 }	31 35 41
Telegrafía F7B							
Telefotografía R3C 60 rpm	3 000	3 000			50	59	
Telefotografía F3C 60 rpm	1 100	3 000	Difícilmente comercial ⁽²²⁾ Comercial bueno ⁽²²⁾	15 20	50 55	58 65	
Telefonía A3E doble banda lateral	6 000	3 000	Apenas utilizable ⁽¹¹⁾ Difícilmente comercial ⁽¹²⁾ Comercial bueno ⁽¹³⁾	6 } ⁽¹⁸⁾ 15 } 33 }	50 59 67 ⁽¹⁴⁾	51 } ⁽²⁰⁾ 64 } 75 ⁽¹⁴⁾ }	48 } ⁽¹⁵⁾ 60 } 70 ⁽¹⁴⁾ }
Telefonía H3E banda lateral única, portadora completa	3 000	3 000	Apenas utilizable ⁽¹¹⁾ Difícilmente comercial ⁽¹²⁾ Comercial bueno ⁽¹³⁾	6 } ⁽¹⁸⁾ 15 } 33 }	53 } ⁽²³⁾ 62 } 70 ⁽¹⁴⁾ }	54 } ⁽²⁰⁾ 67 } 78 ⁽¹⁴⁾ }	51 } ⁽¹⁵⁾ 63 } 73 ⁽¹⁴⁾ }
Telefonía R3E banda lateral única, portadora reducida	3 000	3 000	Apenas utilizable ⁽¹¹⁾ Difícilmente comercial ⁽¹²⁾ Comercial bueno ⁽¹³⁾	6 } ⁽¹⁸⁾ 15 } 33 }	48 } ⁽²⁴⁾ 57 } 65 ⁽¹⁴⁾ }	49 } ⁽²⁰⁾ 62 } 73 ⁽¹⁴⁾ }	46 } ⁽¹⁵⁾ 58 } 68 ⁽¹⁴⁾ }
Telefonía J3E banda lateral única, portadora suprimida	3 000	3 000	Apenas utilizable ⁽¹¹⁾ Difícilmente comercial ⁽¹²⁾ Comercial bueno ⁽¹³⁾	6 } ⁽¹⁸⁾ 15 } 33 }	47 56 64 ⁽¹⁴⁾	48 } ⁽²⁰⁾ 61 } 72 ⁽¹⁴⁾ }	45 } ⁽¹⁵⁾ 57 } 67 ⁽¹⁴⁾ }
Telefonía B8E banda lateral independiente, 2 canales	6 000	3 000 cada canal	Apenas utilizable ⁽¹¹⁾ Difícilmente comercial ⁽¹²⁾ Comercial bueno ⁽¹³⁾	6 } ⁽¹⁸⁾ 15 } 33 }	49 58 66 ⁽¹⁴⁾	50 } ⁽²⁰⁾ 63 } 74 ⁽¹⁴⁾ }	47 } ⁽¹⁵⁾ 59 } 69 ⁽¹⁴⁾ }
Telefonía B8E banda lateral independiente, 4 canales	12 000	3 000 cada canal	Apenas utilizable ⁽¹¹⁾ Difícilmente comercial ⁽¹²⁾ Comercial bueno ⁽¹³⁾	6 } ⁽¹⁸⁾ 15 } 33 }	50 59 67 ⁽¹⁴⁾	51 } ⁽²⁰⁾ 64 } 75 ⁽¹⁴⁾ }	48 } ⁽¹⁵⁾ 60 } 70 ⁽¹⁴⁾ }

CUADRO 1 (Fin)

Clase de emisión	Anchura de banda del receptor antes de la detección (Hz)	Anchura de banda del receptor después de la detección (Hz)	Grado de servicio	SNR en audiofrecuencia ⁽¹⁾ (dB)	Relación señal/densidad de ruido en radiofrecuencia ⁽²⁾⁽³⁾ (dB)		
					Condición estable	Condición de desvanecimiento ⁽⁴⁾	
						Sin diversidad ⁽⁵⁾	Doble diversidad
Telegrafía armónica multicanal J7B 16 canales de 75 Bd	3 000	110 cada canal	$P_C = 0,01$ } $P_C = 0,001$ } $P_C = 0,0001$ } (8)		59 } 65 } (21) 69 }	67 } 77 } (21) 87 }	59 } 66 } (21) 72 }
Telegrafía armónica multicanal J7B 15 canales de 100 Bd con ARQ	3 000	110 cada canal	(10)				
Telegrafía armónica multicanal R7B portadora reducida							
Emisión compuesta B7W 16 canales de 75 Bd 1 canal telefónico ⁽¹⁶⁾	6 000	110 por canal telegráfico 3 000 para el canal telefónico	$P_C = 0,01$ } $P_C = 0,001$ } $P_C = 0,0001$ } (8)		60 } 66 } (17) 70 }	68 } 78 } (17) 88 }	60 } 67 } (17) 73 }

- ⁽¹⁾ Anchura de banda de ruido igual a la del receptor después de la detección. Para telefonía de banda lateral independiente, la anchura de banda de ruido es igual a la de un canal después de la detección.
- ⁽²⁾ Los valores en esta columna del Cuadro 1 representan la relación potencia en la cresta de la envolvente de la señal potencia media de ruido para una anchura de banda de 1 Hz, excepto para las emisiones A3E, doble banda lateral, en que los valores representan la relación potencia de portadora potencia media de ruido para una anchura de banda de 1 Hz.
- ⁽³⁾ Los valores de la relación señal densidad de ruido para telefonía enumerados en esta columna se aplican cuando se emplean terminales clásicos. Estos valores pueden reducirse considerablemente (en una proporción que debe aún determinarse) cuando en los terminales se aplica el principio de los compresores-expansores asociados (Lincompex) (véase la Recomendación UIT-R F.1111). Se ha comprobado que una relación señal/ruido (valor tensión cuadrática media) de 7 dB, medida en audiofrecuencia en una banda de 3 kHz, corresponde a una calidad apenas comercial a la salida del sistema, habida cuenta de la mejora introducida por el compresor-expansor.
- ⁽⁴⁾ Los valores de estas columnas representan los valores medianos de la potencia de la señal con desvanecimiento necesaria para obtener un grado de servicio equivalente, y no comprenden el factor de fluctuación de la intensidad (margen para la fluctuación diaria). En general, a los valores de estas columnas pueden añadirse 11,5 dB, como factor de fluctuación de la intensidad, para llegar a valores provisionales de la relación total señal/densidad de ruido requerida, que se pueden utilizar como guía para calcular los valores medianos mensuales necesarios de la intensidad de campo mediana horaria. Ese valor de 11,5 dB se ha obtenido como sigue:

El factor de fluctuación de la intensidad de la señal, con relación a un ruido constante, es de 10 dB, el cual se considera como suficiente protección para el 90% de los días. Para las fluctuaciones de intensidad del ruido atmosférico se toman también 10 dB para el 90% de los días. Admitiendo que no exista correlación entre las fluctuaciones de la intensidad del ruido y las de la señal, una buena evaluación del factor combinado de las fluctuaciones de la intensidad de la señal y del ruido es:

$$10 \log \left(\sqrt{10^2 + 10^2} \right) = 11,5 \text{ dB}$$

- ⁽⁵⁾ En el cálculo de las relaciones señal/densidad de ruido, en radiofrecuencia, para los desvanecimientos rápidos de corta duración, se ha utilizado una distribución logarítmica normal de la amplitud de la señal recibida con desvanecimiento (con un valor de 7 dB para la relación entre el nivel mediano y el nivel rebasado durante el 10% o el 90% del tiempo), salvo en el caso de los servicios telegráficos automáticos de gran velocidad, para los que se ha calculado la protección en la hipótesis de una distribución Rayleigh. Las Notas ⁽⁶⁾ a ⁽²⁵⁾ siguientes se refieren a la protección contra el desvanecimiento rápido o de corta duración.
- ⁽⁶⁾ Para una protección durante el 90% del tiempo.
- ⁽⁷⁾ Para telegrafía A1B teleimpresor a 50 Bd: para protección durante el 99,99% del tiempo. Para telegrafía A2B teleimpresor a 24 Bd: para protección durante el 98% del tiempo.
- ⁽⁸⁾ P_C corresponde a la probabilidad de caracteres erróneos.
- ⁽⁹⁾ En la hipótesis de un ruido atmosférico ($V_d = 6$ dB).
- ⁽¹⁰⁾ Basado en un rendimiento de transmisión del tráfico del 90%.
- ⁽¹¹⁾ Para una inteligibilidad del 90% de las frases.
- ⁽¹²⁾ Cuando está conectado a la red del servicio público. Basado en una protección del 80%.
- ⁽¹³⁾ Cuando está conectado a la red del servicio público. Basado en una protección del 90%.
- ⁽¹⁴⁾ En la hipótesis de una mejora de 10 dB merced al uso de reductores de ruido.
- ⁽¹⁵⁾ Mejora obtenida utilizando diversidad espacial con gran separación (varios km).
- ⁽¹⁶⁾ Se ha supuesto una carga del transmisor correspondiente al 80% de su potencia en la cresta de la envolvente cuando lo modula la señal de telegrafía multicanal.

Notas relativas al Cuadro 1 (Fin)

- ⁽¹⁷⁾ Relación señal/densidad de ruido requerida basada en la calidad de los canales telegráficos.⁽¹⁸⁾ Para telefonía, los valores de esta columna representan la relación entre la señal de audiofrecuencia, medida con un vúmetro normal, y el valor cuadrático medio del ruido en una anchura de banda de 3 kHz. (La potencia de cresta de la señal correspondiente, es decir, con una modulación de 100% en el transmisor, se supone 6 dB superior.)
- ⁽¹⁹⁾ En la hipótesis de que la potencia total de la banda lateral, junto con la portadora manipulada se traducirá en un efecto de diversidad parcial (dos elementos). Se concede un margen de 4 dB para una protección del 90% (8 Bd) y 6 dB para una protección del 98% (24 Bd).
- ⁽²⁰⁾ El empleo de terminales Lincompex reducirá estos valores en una proporción que está por determinar.
- ⁽²¹⁾ Para un número inferior de canales estas cifras serán diferentes. Está aún por determinar la vinculación entre el número de canales y la relación señal/ruido requerida.
- ⁽²²⁾ Calidad juzgada de acuerdo con la Recomendación UIT-T T.22, «Imágenes patrón normalizadas para las transmisiones de documentos por facsímil».
- ⁽²³⁾ Para la clase de emisión H3E, los niveles de la señal de las bandas laterales y de la portadora piloto, correspondientes a una modulación al 100%, están cada uno de ellos a - 6 dB en relación con la potencia en la cresta de la envolvente. Para la recepción se utiliza un receptor BLU.
- ⁽²⁴⁾ Para la clase de emisión R3E, se aplica un nivel de la portadora de la señal piloto de - 20 dB en relación con la potencia en la cresta de la envolvente, y el nivel de la señal de las bandas laterales correspondiente a un 100% de modulación es 1 dB inferior a la potencia en la cresta de la envolvente.
- ⁽²⁵⁾ Se indican los valores típicos, que dependen de la velocidad del desvanecimiento.

CUADRO 2

SNR requeridas para módems de alta frecuencia con MDFDC de 39 tonos
(clase de emisión J2D)

a)

SNR ^{(1) (2) (3)} (dB)	BER			
	Velocidad de datos 2 400 bit/s		Velocidad de datos 1 200 bit/s	
	Canal AWGN	Condición de desvanecimiento	Canal AWGN	Condición de desvanecimiento
5		$8,6 \times 10^{-2}$		$6,4 \times 10^{-2}$
10		$3,5 \times 10^{-2}$		$4,4 \times 10^{-3}$
15		$1,0 \times 10^{-2}$		$3,4 \times 10^{-4}$
20		$1,0 \times 10^{-3}$		$9,0 \times 10^{-6}$
30		$1,8 \times 10^{-4}$		$2,7 \times 10^{-6}$

b)

SNR ^{(1) (2) (3)} (dB)	BER			
	Velocidad de datos 300 bit/s		Velocidad de datos 75 bit/s	
	Canal AWGN	Condición de desvanecimiento	Canal AWGN	Condición de desvanecimiento
0		$1,8 \times 10^{-2}$		$4,4 \times 10^{-4}$
2		$6,4 \times 10^{-3}$		$5,0 \times 10^{-5}$
4		$1,0 \times 10^{-3}$		$1,0 \times 10^{-6}$
6		$5,0 \times 10^{-5}$		$1,0 \times 10^{-6}$
8		$1,5 \times 10^{-6}$		$1,0 \times 10^{-6}$

Notas relativas al Cuadro 2:

- (1) Las cifras representan la relación entre la potencia de portadora y la potencia de ruido media en una anchura de banda de 3 kHz.
- (2) Dos trayectos independientes con desvanecimiento Rayleigh de igual potencia media, con un retardo fijo de 2 ms entre trayectos, con desvanecimiento de 1 Hz.
- (3) Los valores de estas columnas representan los valores medianos de la potencia de la señal con desvanecimiento necesaria para obtener un grado de servicio equivalente, y no comprenden el factor de fluctuación de la intensidad (margen para la fluctuación diaria). En general, a los valores de estas columnas pueden añadirse 11,5 dB, como factor de fluctuación de la intensidad, para llegar a valores provisionales de la relación total señal/densidad de ruido requerida, que se pueden utilizar como guía para calcular los valores medianos mensuales necesarios de la intensidad de campo mediana horaria. Ese valor de 11,5 dB se ha obtenido como sigue:

El factor de fluctuación de la intensidad de la señal, con relación a un ruido constante, es de 10 dB, el cual se considera como suficiente protección para el 90% de los días. Para las fluctuaciones de intensidad del ruido atmosférico se toman también 10 dB para el 90% de los días. Admitiendo que no exista correlación entre las fluctuaciones de la intensidad del ruido y las de la señal, una buena evaluación del factor combinado de las fluctuaciones de la intensidad de la señal y del ruido es:

$$10 \log \left(\sqrt{10^2 + 10^2} \right) = 11,5 \text{ dB}$$

CUADRO 3

**SNR requeridas para velocidades de datos y modulación mostrada
(clase de emisión J2D)
a)**

Velocidad de datos de usuario (bit/s)	Modulación	SNR ⁽¹⁾ promedio (dB)			
		BER 1,0 × 10 ⁻⁴ (2)		BER 1,0 × 10 ⁻⁵ (2)	
		Canal AWGN	Condición de desvanecimiento ⁽³⁾⁽⁴⁾	Canal AWGN	Condición de desvanecimiento ⁽³⁾⁽⁴⁾
12 800	MAQ-64	27	—	28	—
9 600	MAQ-64	21	30	22	32
8 000	MAQ-32	19	26	19	28
6 400	MAQ-16	16	23	16	24
4 800	MDF-8	13	20	14	21
3 200	M DFA	9	14	9	15

CUADRO 3 (*Fin*)
b)

Velocidad de datos de usuario (bit/s)	Modulación	SNR ⁽¹⁾ promedio (dB)			
		BER < 1,0 × 10 ⁻²		BER < 1,0 × 10 ⁻³	
		Canal AWGN	Condición de desvanecimiento ⁽³⁾⁽⁴⁾	Canal AWGN	Condición de desvanecimiento ⁽³⁾⁽⁴⁾
1 200	8 MDF	9		10	20
2 400	8 MDF	10	15	15	25
3 600	8 MDF	17	20	19	40

NOTA 1 – Las técnicas de aplicación de sistemas indicadas en la parte inferior de este Cuadro preceden a los sistemas que figuran en la parte superior del Cuadro 3a) y del Cuadro 2.

- (1) Las cifras representan la relación entre la potencia de portadora y la potencia de ruido media en una anchura de banda de 3 kHz.
- (2) Intercalador «muy largo» de 72 tramas.
- (3) Dos trayectos independientes con desvanecimiento Rayleigh de igual potencia media, con un retardo fijo de 2 ms entre trayectos, con desvanecimiento de 1 Hz.
- (4) Los valores de estas columnas representan los valores medianos de la potencia de la señal con desvanecimiento necesaria para obtener un grado de servicio equivalente, y no comprenden el factor de fluctuación de la intensidad (margen para la fluctuación diaria). En general, a los valores de estas columnas pueden añadirse 11,5 dB, como factor de fluctuación de la intensidad, para llegar a valores provisionales de la relación total señal/densidad de ruido requerida, que se pueden utilizar como guía para calcular los valores medianos mensuales necesarios de la intensidad de campo mediana horaria. Ese valor de 11,5 dB se ha obtenido como sigue:

El factor de fluctuación de la intensidad de la señal, con relación a un ruido constante, es de 10 dB. el cual se considera como suficiente protección para el 90% de los días. Para las fluctuaciones de intensidad del ruido atmosférico se toman también 10 dB para el 90% de los días. Admitiendo que no exista correlación entre las fluctuaciones de la intensidad del ruido y las de la señal, una buena evaluación del factor combinado de las fluctuaciones de la intensidad de la señal y del ruido es:

$$10 \log \left(\sqrt{10^2 + 10^2} \right) = 11,5 \text{ dB}$$