

## RECOMENDACIÓN UIT-R F.1246\*, \*\*

**Anchura de banda de referencia de las estaciones receptoras del servicio fijo para la coordinación de asignaciones de frecuencias con las estaciones espaciales transmisoras del servicio móvil por satélite en la gama 1-3 GHz**

(Cuestiones UIT-R 201/8 y UIT-R 118/9)

(1997)

La Asamblea de Radiocomunicaciones de la UIT,

*considerando*

- a) que varias bandas de frecuencias de la gama 1-3 GHz se comparten entre el servicio móvil por satélite (espacio-Tierra) y el servicio fijo (SF);
- b) que las redes del servicio móvil por satélite (SMS) utilizarán por lo general modulaciones digitales y técnicas de acceso (acceso múltiple por división en frecuencia (AMDF), acceso múltiple por división en tiempo (AMDT) o acceso múltiple por división de código (AMDC)), lo que traerá aparejado una forma del espectro relativamente uniforme en la anchura de banda atribuida de la portadora SMS;
- c) que, de conformidad con los datos del Apéndice 4 al Reglamento de Radiocomunicaciones (RR), la mayoría de las redes del SMS utilizan técnicas de modulación de banda estrecha tales, que se pueden encajar varios canales de dichas redes en una anchura de banda de referencia de 1 MHz para los sistemas del servicio fijo y que los canales en cuestión suelen también ser objeto de carga del canal mediante accionamiento por la voz y control de potencia activo, a fin de reducir los requisitos efectivos de potencia en el satélite del SMS;
- d) que, para atender a la hipótesis más desfavorable de interferencia en el SF, las Recomendaciones UIT-R M.1141 y UIT-R M.1142 especifican los niveles del umbral de coordinación de la densidad de flujo de potencia (dfp) para una anchura de banda de referencia de 4 kHz;
- e) que la utilización de anchuras de banda de referencia relativamente grandes para estaciones receptoras del SF permite considerar los tipos prácticos de modulación digital y mecanismos de acceso utilizados en las transmisiones espacio-Tierra desde estaciones espaciales del SMS, lo que permite reducir el nivel real de interferencia prevista;
- f) que deben utilizarse en general sistemas digitales como modelo de referencia para el cálculo de interferencias en la gama 1-3 GHz,

---

\* Esta Recomendación fue elaborada conjuntamente por las Comisiones de Estudio 8 y 9 de Radiocomunicaciones, y se encargarán también conjuntamente de cualquier futura revisión.

\*\* La Comisión de Estudio 9 de Radiocomunicaciones efectuó modificaciones de redacción en esta Recomendación en 2004 de conformidad con la Resolución UIT-R 44.

*recomienda*

1 que se utilice una anchura de banda de referencia de 1 MHz en los sistemas analógicos y digitales del SF para umbrales de coordinación de la dfp y la degradación fraccionaria de la calidad de los sistemas del SMS en las atribuciones al SMS (espacio-Tierra) en la gama 1-3 GHz (véanse las Notas 1, 2, 3 y 4);

2 que se utilice también una anchura de banda de referencia de 4 kHz en los sistemas analógicos MDF-MF del SF para umbrales de coordinación de la densidad de flujo de potencia de los sistemas del SMS en las atribuciones al SMS (espacio-Tierra) en la gama 1-3 GHz (véanse las Notas 1, 3 y 4).

NOTA 1 – Las anchuras de banda de referencia que figuran en los § 1 y 2 constituyen una base para establecer los valores de umbral de coordinación de la dfp y la degradación fraccionaria de la calidad de funcionamiento de las Recomendaciones UIT-R M.1141 y UIT-R M.1142.

NOTA 2 – La utilización de una anchura de banda de referencia de 1 MHz es compatible con la protección de los sistemas digitales (véase el Anexo 1).

NOTA 3 – En los casos en que el espectro de la portadora del SMS es uniforme en toda la anchura de banda ocupada y no presenta una gran concentración en ningún tramo estrecho de la anchura de banda de referencia, la utilización de una anchura de banda de referencia de 1 MHz es generalmente compatible con la protección de los sistemas analógicos (véase el Anexo 1).

NOTA 4 – La utilización simultánea de anchuras de banda de referencia de 1 MHz y 4 kHz sería compatible con la protección de los sistemas MDF-MF analógicos, ya que la utilización de una anchura de banda de referencia de 4 kHz limita la densidad espectral máxima de potencia de las portadoras interferentes de banda estrecha del SMS.

Si el umbral de coordinación aplicable a la anchura de banda de referencia de 1 MHz es de  $X$  dB(W/m<sup>2</sup>), el umbral de coordinación adicional apropiado para la anchura de banda de referencia de 4 kHz es  $X - 18$  dB(W/m<sup>2</sup>) (véase el Anexo 1). Para sistemas analógicos del SF que cursan señales de televisión, no es necesario aplicar el umbral de coordinación correspondiente a la anchura de banda de referencia de 4 kHz.

Este nuevo método basado en el empleo simultáneo de anchuras de banda de referencia de 1 MHz y 4 kHz para determinar los niveles de umbral de coordinación sólo puede aplicarse a bandas de frecuencias de la gama 1-3 GHz compartidas entre el SMS y el SF. Tal resultado se basa en que los sistemas analógicos del SF en dichas bandas se utilizan generalmente para capacidades bajas o medianas, de hasta 960 canales. El nuevo método no es adecuado para otras bandas de frecuencias en las que funcionan sistemas de radioenlace analógicos de alta capacidad. (El límite de dfp para el servicio fijo por satélite en la banda de 6825-7075 MHz también se basa tanto en la anchura de banda de referencia de 1 MHz como en la de 4 kHz (véase el Cuadro 21-4 del RR), pero se adoptó por motivos fuera del alcance de la presente Recomendación.)

NOTA 5 – El Anexo 2 contiene información sobre las características de las portadoras digitales de banda estrecha del SMS y las ventajas que aportaría utilizar una anchura de banda de referencia de 1 MHz para la coordinación entre redes de satélites del SMS y redes fijas. En los datos correspondientes al Apéndice 4 del RR, presentados a la Oficina de Radiocomunicaciones para otras redes del SMS previstas figura información detallada sobre las características espectrales de las portadoras del SMS que funcionan en el sentido espacio-Tierra, en la gama de 1-3 GHz.

## Anexo 1

### **Anchura de banda de referencia para los sistemas del servicio fijo que comparten frecuencias con el servicio móvil por satélite**

#### **1 Introducción**

Las Recomendaciones UIT-R M.1141 y UIT-R M.1142 establecen umbrales de coordinación para los sistemas del SF que comparten frecuencias con el SMS. La Conferencia Mundial de Radio-comunicaciones (Ginebra, 1995) (CMR-95) incorporó dichos umbrales de coordinación en el texto revisado del RR.

El presente Anexo comenta algunos aspectos de la anchura de banda de referencia adoptada en las referidas Recomendaciones UIT-R.

#### **2 Anchura de banda de referencia para sistemas digitales del servicio fijo**

La Recomendación UIT-R M.1141 adopta una anchura de banda de referencia de 1 MHz para definir la degradación fraccionaria de la calidad de funcionamiento (DFC) de los sistemas digitales del SF en relación con la compartición de frecuencias con estaciones espaciales no geoestacionarias del SMS (excepto en la banda 2483,5-2500 MHz). En cambio, la Recomendación UIT-R M.1142 adopta una anchura de banda de referencia de 4 kHz para la definición de los umbrales de coordinación desde el punto de vista de la densidad de flujo de potencia para sistemas digitales del SF en relación con la compartición de frecuencias con estaciones espaciales geoestacionarias del SMS.

Tal contradicción debe resolverse. En general, parece adecuado adoptar la anchura de banda de referencia de 1 MHz para proteger los sistemas digitales del SF.

En algunas aplicaciones, los sistemas digitales del SF pueden emplear anchuras de banda relativamente pequeñas y quizás acepten mejor una anchura de banda de referencia más pequeña. Debe señalarse no obstante, que los sistemas del SMS funcionan generalmente con modulaciones digitales (por ejemplo, la MDP-4), cuyos espectros son uniformes en toda una anchura de banda determinada. Por tal motivo, incluso si se adoptara una anchura de banda de referencia de 1 MHz no habría un gran riesgo por la protección de los sistemas digitales del SF con anchuras de banda más pequeñas.

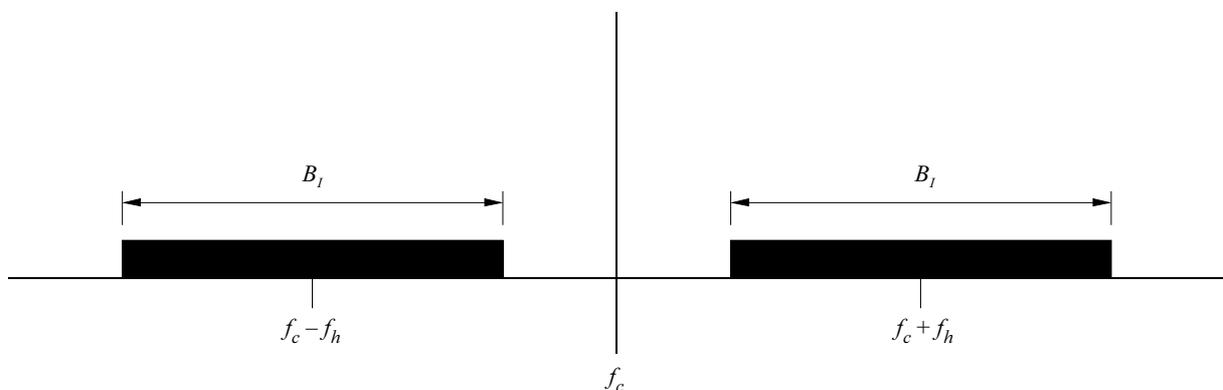
#### **3 Anchura de banda de referencia para sistemas analógicos del SF**

##### **3.1 Evaluación de las interferencias para el caso de dos fuentes de interferencia**

Tradicionalmente se adoptaban anchuras de banda de referencia de 4 kHz para definir criterios de compartición aplicables a los sistemas analógicos del SF, lo cual es particularmente apropiado al definir criterios de compartición aplicables a los sistemas analógicos inalámbricos fijos de alta capacidad. Sin embargo, en la gama 1-3 GHz, la capacidad de los sistemas analógicos del SF suele ser mediana o baja. En tal caso, el efecto de interferencia es menor que el de los sistemas de alta capacidad, ya que para capacidades más bajas es de esperar un mayor efecto de dispersión de la energía durante el proceso de demodulación MF.

A fin de estimar dicho efecto, se han efectuado cálculos para un sistema de radioenlaces del SF que transmite 960 canales de telefonía (banda de base: 60-4 028 kHz). Se consideró en los cálculos una capacidad de 960 canales porque suele ser la mayor capacidad utilizada en la gama 1-3 GHz, por lo que constituye la hipótesis más desfavorable. Se supone una interferencia como la definida en la Fig. 1, es decir, que aparecen dos señales interferentes (ambas de anchura de banda  $B_I$ ) con frecuencias centrales  $f_c + f_h$  y  $f_c - f_h$ , siendo  $f_c$  la frecuencia de la portadora y  $f_h$  la frecuencia máxima de la banda de base. El método de cálculo figura en el Apéndice 1 al Anexo 1.

FIGURA 1  
Situación de interferencia



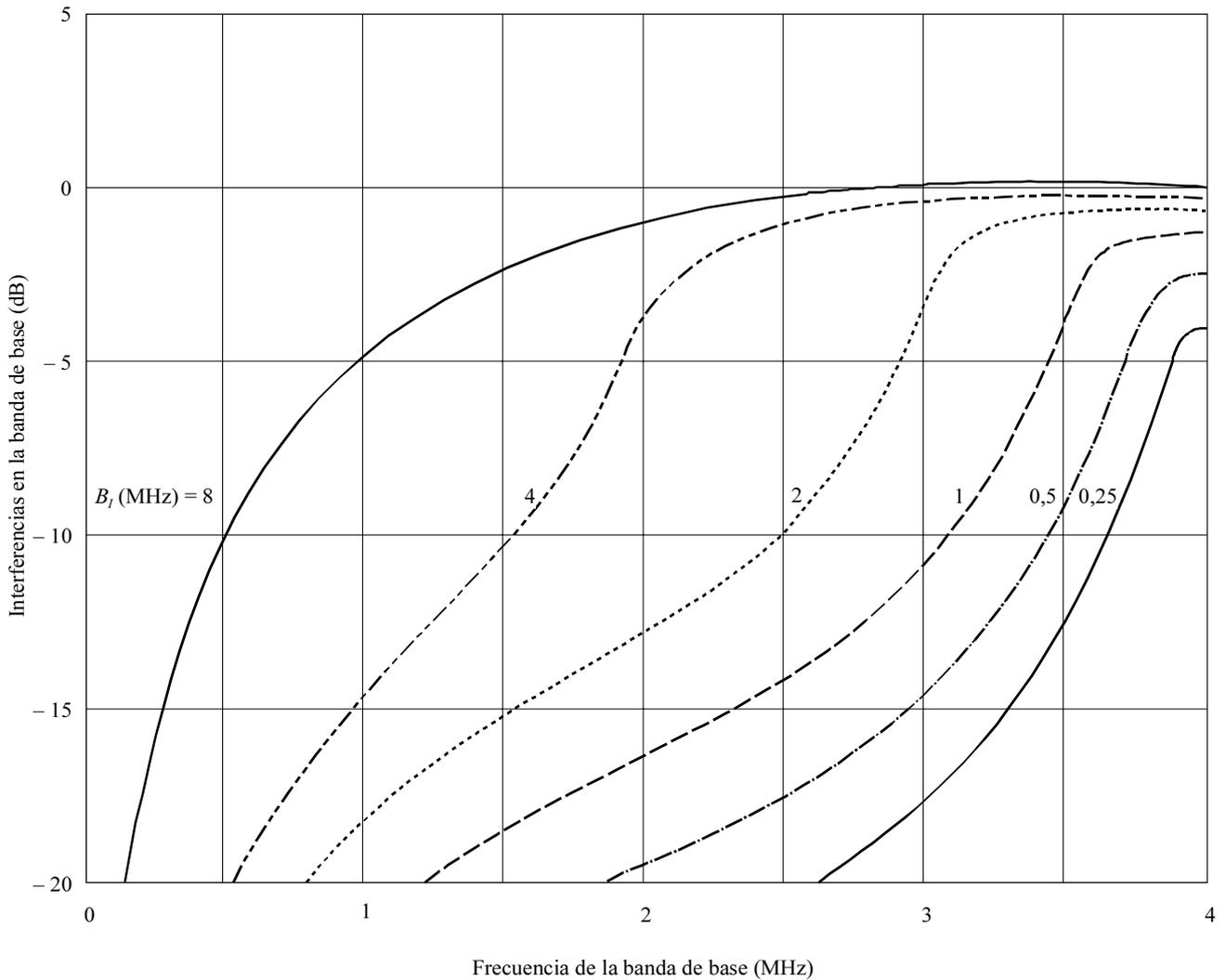
- $f_c$ : frecuencia portadora del sistema del servicio fijo  
 $f_h$ : frecuencia máxima de la banda de base del sistema del servicio fijo  
 $B_I$ : anchura de banda de la señal interferente

1246-01

Los resultados se representan en la Fig. 2.  $B_I = 8$  MHz corresponde al caso de una señal interferente de anchura de banda muy grande (similar al ruido térmico). Se considera que el nivel de interferencia en la banda de base a  $f_h$  ( $= 4\,028$  kHz) para  $B_I = 8$  MHz es 0 dB. La interferencia en la banda de base en la gama 2-4 MHz es casi constante, debido al efecto de preacentuación.

FIGURA 2

Distribución de las interferencias en la banda de base para señales interferentes de diversa anchura de banda (sistema analógico de radioenlace de 960 canales)



1246-02

Se han efectuado cálculos para  $B_I = 8, 4, 2, 1, 0,5$  y  $0,25$  MHz. El nivel de interferencia en  $f_h$  desciende para  $B_I$  menores. Ello se debe al efecto de dispersión del sistema analógico de radioenlace. De no haber efecto de dispersión, el nivel de interferencia de la banda de base sería como sigue:

- ninguna interferencia para la banda de  $0$  a  $f_h - B_I/2$ ;
- interferencia de prácticamente  $0$  dB para la banda de  $f_h - B_I/2$  a  $f_h$ .

Tal situación se aplicará únicamente a los sistemas de radioenlace de alta capacidad que emplean un índice de modulación muy pequeño. En cambio, en el caso de sistemas de 960 canales, la situación es diferente.

Por ejemplo, si  $B_I = 500$  kHz, el nivel de interferencia en  $f_h$  es  $-2,5$  dB.

En cierto sentido, la situación de la Fig. 1 representa el peor caso. Ello es así, porque se supone que aparecen dos señales interferentes simétricas a ambos lados de la frecuencia portadora del SF. Si desapareciera la señal interferente en un lado, el nivel de interferencia de la banda de base sería 3 dB menor.

La interpretación de los resultados del cálculo que aparecen en la Fig. 2 no es simple. Sin embargo, podría al menos concluirse lo siguiente:

- la anchura de banda de referencia de 4 kHz es demasiado pequeña. Sería razonable optar por una anchura de banda mayor;
- incluso si se optara por una anchura de banda de referencia de 1 MHz, el riesgo real es insignificante, ya que si  $B_I = 500$  kHz, la interferencia de la banda de base equivale a  $-2,5$  dB (para señales interferentes a ambos lados) o  $-5,5$  dB (para una señal de interferencia en un solo lado). Convertido esto en una densidad espectral en 1 MHz, la señal interferente es apenas 0,5 dB mayor o incluso 2,5 dB menor que una señal interferente uniforme para toda una anchura de banda grande (es decir,  $B_I = 8$  MHz).

De lo que antecede puede deducirse que es posible adoptar una anchura de banda de referencia de 1 MHz sin riesgos para la gama de frecuencias de 1 a 3 GHz.

Esta conclusión puede aceptarse si se conoce la naturaleza de la señal interferente (véase el Anexo 2).

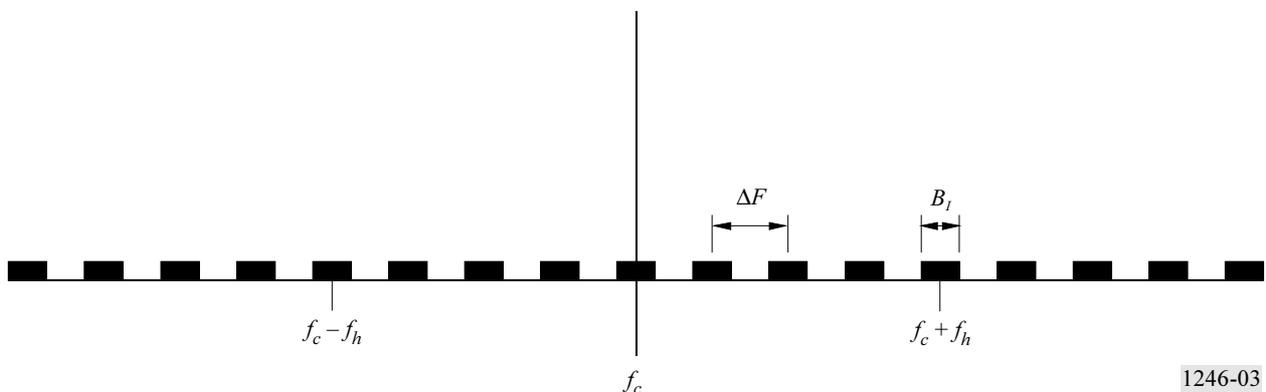
Se considera que las señales radioeléctricas emitidas por las estaciones espaciales del SMS presentan un espectro uniforme para toda una anchura de banda determinada. En tal caso, la anchura de banda de referencia de 1 MHz es generalmente aceptable.

### 3.2 Evaluación de las interferencias en el caso de fuentes múltiples

Para examinar los efectos de la concentración de potencia interferente en los sistemas de radioenlace analógicos, los cálculos se han basado en el supuesto de que, como se indica en la Fig. 3, existen numerosas portadoras interferentes con densidad espectral uniforme en la anchura de banda  $B_I$  y cuya separación de frecuencias es constante,  $\Delta F$ .

FIGURA 3

Situación de interferencia para el caso de múltiples fuentes de interferencia



La interferencia de la banda de base se calcula para diversos valores de  $B_I$ , suponiendo que la potencia total de cada portadora interferente es constante, es decir, que el incremento de la densidad de flujo de potencia de la portadora interferente,  $\Delta DFP$  (dB), viene dado por:

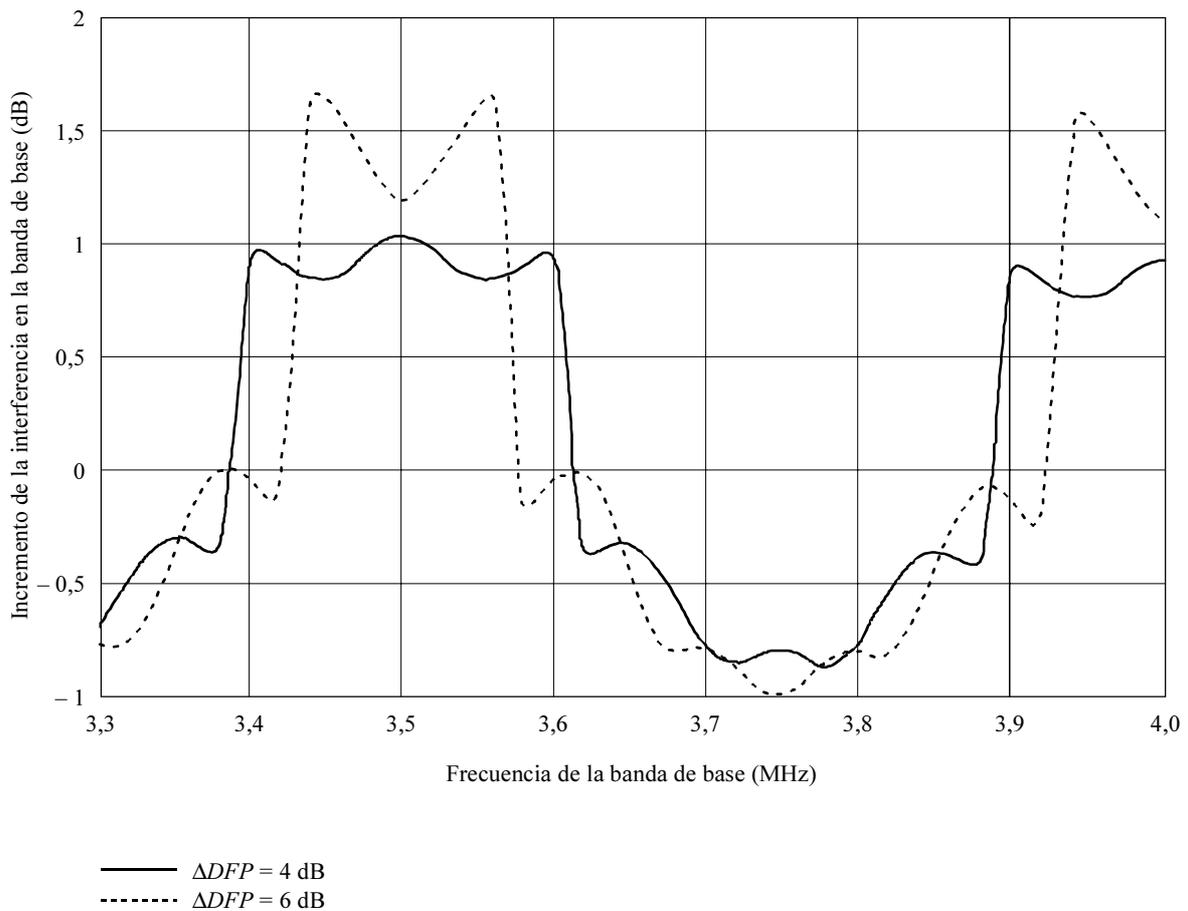
$$\Delta DFP = 10 \log (\Delta F / B_I)$$

El caso  $B_I = \Delta F$  se adopta como referencia. Entonces, el espectro de la potencia interferente será uniforme a lo largo de una banda ancha, como ocurre con el ruido térmico.

Al disminuir  $B_I$ , la interferencia en la banda de base se concentra en algunas frecuencias. La Fig. 4 presenta un ejemplo de estructura fina de la variación de la interferencia en la banda de base para  $\Delta F = 500$  kHz y  $\Delta DFP = 4$  ó  $6$  dB. Se han calculado para varios casos los valores máximos del incremento de la interferencia en la banda de base. Los resultados aparecen en el Cuadro 1 para un sistema analógico de radioenlace de 960 canales (desviación relativa de frecuencia de 200 kHz por canal) y  $\Delta F = 1$  MHz, 500 kHz, 200 kHz y 100 kHz.

El Cuadro 1 indica que, debido al efecto de dispersión de la energía del sistema analógico de radioenlaces, el incremento de interferencia en la banda de base es mucho menor que el valor de  $\Delta DFP$ . La relación entre incremento de interferencia en la banda de base  $\Delta F$  y  $\Delta DFP$  es complicada, pero parecería en general que es aceptable un valor de  $\Delta DFP$  de hasta 6 dB.

FIGURA 4  
 Distribución de las interferencias en la banda de base (estructura fina) para  
 fuentes de interferencia múltiples ( $\Delta F = 500$  kHz,  $\Delta DFP = 4$  ó  $6$  dB)  
 (sistema analógico de radioenlace de 960 canales)



CUADRO 1

Valores máximos del incremento de la interferencia en la banda de base (dB) para diversos valores de  $\Delta F$  y  $\Delta DFP$  (sistema analógico de radioenlace de 960 canales)

$\Delta F$ (kHz)	$\Delta DFP$ (dB)					
	0	2	4	6	8	10
1 000	0	1,0	1,8	2,5	3,0	3,9
500	0	0,5	1,0	1,6	2,0	3,0
200	0	0,4	0,6	1,1	2,0	3,1
100	0	0,4	0,8	1,4	2,2	3,3

Puede observarse asimismo que los cálculos mencionados suponen la existencia de un gran número de señales interferentes con la misma separación de frecuencias y la misma densidad espectral. Es una manera de aplicar la hipótesis más desfavorable.

Se ha efectuado un cálculo similar para evaluar las repercusiones de la concentración de potencia de la portadora interferente en el ruido de interferencia en la banda de base de un sistema analógico de radioenlaces MDF-MF de 960 canales. La forma del espectro para la portadora MDF-MF de 960 canales se ha tomado de la Recomendación UIT-R SF.766. La portadora SMS interferente de anchura de banda de 25 kHz se ha caracterizado como una función del tipo  $(\text{sen } X/X)^2$ .

En los cálculos se ha utilizado una técnica de convolución numérica para evaluar la interferencia en la banda de base. Tras convolucionar el espectro deseado y el espectro de potencia interferente, se obtuvo la potencia de ruido de interferencia en la banda de base causada en cualquier canal de la banda de base del sistema de radioenlaces deseado, para las diversas desviaciones de frecuencia, mediante la expresión:

$$N_p = 10^{0,1(87,5-B-C/I)}$$

en la que:

$B$ : representa el factor de reducción de la interferencia (dB)

$N_p$ : potencia de interferencia ponderada (pW0p)

$C/I$ : relación portadora-interferencia (dB) para una sola portadora interferente.

Del análisis se determinó que un canal de banda de base cercano a la frecuencia máxima de dicha banda de base recibe el máximo de ruido de interferencia para una separación de portadoras de 4000 kHz. Seguidamente se evaluó el efecto de múltiples portadoras interferentes considerando un número de 40, 20, 10 y 5, para separaciones de 25 kHz, 50 kHz, 100 kHz y 200 kHz respectivamente. Se ajustó la potencia de cada portadora de modo que la potencia total en la anchura de banda de 1 MHz fuese constante.

El análisis permitió establecer que el efecto en la banda de base de 40 portadoras interferentes con un nivel de potencia de interferencia de  $X$  dBW por portadora en emplazamientos contiguos y con una separación de 4 MHz respecto a la frecuencia central de la portadora del radioenlace en el canal más vulnerable de la banda de base era casi idéntico al de 20 portadoras (separación de 50 kHz), 10 portadoras (separación de 100 kHz) y 5 portadoras (separación de 200 kHz), con niveles de potencia de interferencia de  $X+3$  dBW,  $X+6$  dBW y  $X+9$  dBW por portadora, respectivamente. Se ha determinado a partir del análisis que el incremento relativo máximo en la banda de base

producido por 5 portadoras, cada una con un nivel de potencia de interferencia de  $X + 9$  dBW y una separación de 200 kHz es de aproximadamente 0,9 dB respecto al de 40 portadoras, cada una con un nivel de potencia de interferencia de  $X$  dBW.

El cálculo ha demostrado que la concentración de potencia en una anchura de banda pequeña no produce un incremento importante del ruido de interferencia en la banda de base del sistema de radioenlaces MDF-MF de 960 canales. Deben proseguir los estudios en base a este análisis.

#### 4 Conclusión

4.1 Para la protección de los sistemas digitales del SF conviene adoptar la anchura de banda de referencia de 1 MHz.

4.2 Para la protección de sistemas analógicos del SF conviene adoptar la anchura de banda de referencia de 1 MHz, pero se ha de adoptar al mismo tiempo un umbral adicional de coordinación que emplee una anchura de banda de referencia de 4 kHz, para limitar la densidad espectral máxima de potencia de las portadoras interferentes de banda estrecha del SMS.

### Apéndice 1 al Anexo 1

#### Cálculos de interferencia

##### 1 Caso de dos fuentes de interferencia

Suponiendo que la potencia requerida de la portadora sea la unidad, la señal  $Z(t)$  acompañada de una señal interferente puede expresarse como sigue:

$$Z(t) = \sqrt{2} \cos[2\pi f_c t + s(t)] + I(t) \quad (1)$$

donde:

$f_c$ : frecuencia portadora

$s(t)$ : ángulo de fase producido por la modulación de frecuencia

$$I(t) = \sqrt{2} \sum b_k \cos 2\pi(f_c + \Delta f_k)t \quad (\text{señal interferente}) \quad (2)$$

Suponiendo que la relación portadora-interferencia sea suficientemente grande (es decir,  $|b_k| \ll 1$ ), la ecuación (1) puede convertirse en:

$$Z(t) = \sqrt{2} \cos [2\pi f_c t + s(t) + \sum b_k \text{sen} (2\pi \Delta f_k t - s(t))] \quad (3)$$

Entonces, el ángulo de fase  $\varphi_I(t)$  producido por la interferencia viene dado por:

$$\varphi_I(t) = \sum b_k \text{sen} (2\pi \Delta f_k t - s(t)) \quad (4)$$

A fin de calcular el espectro de potencia de  $\varphi_I(t)$ , calculamos primero la función de autocorrelación  $R_\varphi(\tau)$  de  $\varphi_I(t)$ . Al cabo de algunos cálculos complicados, puede obtenerse la siguiente relación:

$$R_\varphi(\tau) = E[\varphi_I(t) \cdot \varphi_I(t - \tau)] = R_I(\tau) \cdot \exp[-R_s(\tau)] \quad (5)$$

en la que  $E[\ ]$ : valor previsto.

$$R_I(\tau) = R_I(0) \frac{\text{sen}(2\pi f_{I2} \tau) - \text{sen}(2\pi f_{I1} \tau)}{2\pi(f_{I2} - f_{I1}) \tau} \quad (6)$$

(función de autocorrelación de la señal interferente)

$$R_s(\tau) = 2m^2 \int_{\varepsilon}^1 \frac{\text{sen}^2(\pi f_h \tau u)}{u^2} p(u) du \quad (7)$$

(función de autocorrelación de la señal de modulación de fase)

donde:

$$f_{I1} = f_h - B_I/2 \text{ (extremo inferior de la interferencia)}$$

$$f_{I2} = f_h + B_I/2 \text{ (extremo superior de la interferencia)}$$

$m$ : índice de modulación ( $m = 0,276$  para 960 canales que corresponde a una desviación r.m.s. de frecuencia de 200 kHz por canal)

$f_h$ : frecuencia máxima de modulación en la banda de base

$f_i$ : frecuencia mínima de modulación en la banda de base

$$\varepsilon = f_i/f_h$$

$$p(f/f_h) = C_0 + C_2 (f/f_h)^2 + C_4 (f/f_h)^4 \quad (8)$$

donde:

$$C_0 = 0,4, C_2 = 1,35 \text{ y } C_4 = 0,75 \text{ (véase la Recomendación UIT-R SF.675)}$$

En la situación descrita, el espectro de potencia  $W(f)$  de la fase de interferencia  $\varphi_I(t)$  puede calcularse mediante la transformada de Fourier como sigue:

$$W(f) = 4 \int_0^{\infty} R_{\varphi}(\tau) \cos(2\pi f \tau) d\tau \quad (9)$$

Debe observarse no obstante, que hay un componente de potencia correspondiente a la portadora discreta residual en la señal MF requerida. El valor de  $R_s(\tau)$  para  $\tau = \infty$  corresponde a la portadora residual (véase la Recomendación UIT-R SF.675).  $R_s(\tau)$  para  $\tau = \infty$  viene dado por:

$$R_s(\infty) = \frac{m^2 (1 - \varepsilon)}{\varepsilon} \left[ C_0 + \varepsilon C_2 + \frac{C_4}{3} (\varepsilon + \varepsilon^2 + \varepsilon^3) \right] \quad (10)$$

En este caso,  $R_{\varphi}(\tau)$  consta de dos partes, una producida por el componente de la portadora discreta residual MF y otra correspondiente a los componentes de la banda lateral continua de la señal MF. La función de autocorrelación  $R_d(\tau)$  correspondiente al componente de portadora discreta residual MF se expresa mediante:

$$R_d(\tau) = R_I(\tau) \cdot \exp[-R_s(\infty)] \quad (11)$$

Por consiguiente, es apropiado calcular  $W(f)$  como sigue:

$$W(f) = 4 \int_0^{\infty} [R_{\varphi}(\tau) - R_d(\tau)] \cos(2\pi f \tau) d\tau + 4 \int_0^{\infty} R_d(\tau) \cdot \cos(2\pi f \tau) d\tau \quad (12)$$

La primera integral del miembro de la derecha corresponde a la interferencia debida a la convolución de la señal interferente y los componentes de la banda lateral continua de la señal MF, y la segunda corresponde a la interferencia producida por el acoplamiento de la señal interferente con la portadora discreta residual MF.

Para tener en cuenta el efecto del discriminador de frecuencias y la desacentuación en el receptor analógico del radioenlace, el valor finalmente deducido de la interferencia en la banda de base es proporcional a:

$$\frac{f^2}{p(f/f_h)} W(f) \quad (13)$$

La Fig. 2 contiene los resultados del cálculo.

## 2 Caso de fuentes múltiples de interferencia

En el caso de fuentes múltiples de interferencia de la Fig. 3, la única modificación necesaria para el cálculo de la interferencia consiste en aplicar la siguiente función de autocorrelación de la señal interferente total, en lugar de la ecuación (6):

$$R_I(\tau) = R_I(0) \frac{\text{sen}(\pi B_I \tau) \cdot \text{sen}[(4n+1)\pi \Delta F \tau]}{(4n+1)\pi B_I \tau \cdot \text{sen}(\pi \Delta F \tau)} \quad (14)$$

en la que  $n = f_h/\Delta F$ . En el cálculo se consideran  $(4n+1)$  portadoras interferentes.

## Anexo 2

### **Ejemplo de características pertinentes del SMS a tener en cuenta en relación con las anchuras de banda de referencia de estaciones receptoras fijas que han de utilizarse en la coordinación de asignaciones de frecuencias a las estaciones espaciales transmisoras del servicio móvil por satélite en la gama 1-3 GHz**

#### 1 Introducción

La densidad de potencia espectral de las transmisiones del enlace descendente de satélites del SMS no suele ser uniforme en una anchura de banda de 1 MHz, de modo que la proporción de la potencia total en una anchura de banda de 1 MHz respecto de la correspondiente a una anchura de banda de 4 kHz es considerablemente menor que la relación entre dichas anchuras de banda. En consecuencia, las redes del SMS pueden evitar con mayor facilidad el rebasamiento del nivel del umbral de coordinación de la densidad de flujo de potencia (dfp) establecido para una anchura de banda de referencia de 1 MHz, que el establecido para una anchura de banda de referencia de 4 kHz. Además, en los casos en que se justifica la coordinación de los enlaces descendentes del SMS que utilizan técnicas de modulación de banda estrecha, el recurso de una gran anchura de banda de referencia permite considerar la actividad de los canales del SMS y los límites en la asignación y carga de los canales, como un medio para limitar la interferencia a niveles aceptables.

## 2 Ventajas al evitar coordinaciones innecesarias

En los sistemas fijos que utilizan técnicas digitales de modulación y multiplexión se puede por lo general utilizar una anchura de banda de referencia de al menos 1 MHz para los cálculos de interferencia, en cuyo caso la anchura de banda de referencia abarcaría varios canales descendentes de banda estrecha del SMS. La dfp en la anchura de banda de referencia de 1 MHz no sería uniforme para la dfp máxima generada en una señal de enlace descendente típica de banda estrecha de satélite del SMS, debido a la existencia de bandas de guarda entre señales adyacentes del SMS. Por otra parte, las transmisiones no se producirán en forma concurrente en todos los posibles canales descendentes del SMS que son contiguos a lo largo de la anchura de banda de referencia. Por ejemplo, hay 200 canales del SMS con un ancho de banda de 5 kHz dentro de una anchura de banda de referencia de 1 MHz, y la anchura de banda ocupada por la señal descendente en cada canal sería del orden de 3,3 kHz, lo que ofrece una ventaja de 2 dB respecto de la anchura de banda de referencia de 4 kHz. Además, dado el importante número de canales de banda estrecha del SMS dentro de la anchura de banda de referencia de 1 MHz para el SF, es posible tener en cuenta el efecto de carga del canal del SMS, que puede aportar una ventaja adicional de 4 dB. Por lo tanto, en este ejemplo la red del SMS estaría en condiciones de sobrepasar el umbral de dfp establecido para una anchura de banda de referencia de 4 kHz hasta en 6 dB sin rebasar el umbral de dfp a escala de la anchura de banda, según se define para una anchura de banda de referencia de 1 MHz.

## 3 Ventajas del proceso de coordinación

Los sistemas de control de la red del SMS permiten determinar la cantidad y la posición de las frecuencias respectivas de los canales asignados del SMS para cualquier anchura de banda de referencia. Este control permite considerar restricciones en cuanto al número de canales de banda estrecha del SMS que se asignarán en un ancho de banda de referencia, con objeto de limitar la densidad de potencia total de las señales interferentes.

Volviendo al ejemplo citado de canales del SMS de 5 kHz y una anchura de banda de referencia de 1 MHz, si se limitara el número de canales del SMS asignados por MHz a un séptimo del máximo posible de canales por MHz, podría reducirse en 8 dB la potencia posible de la señal interferente. Esta restricción, por ejemplo, no afectaría a la capacidad de un satélite del SMS cuyos mecanismos de acceso sean del tipo AMDT/AMDF y utilice siete haces como mínimo en un diagrama de reutilización de frecuencias de siete células y suponiendo una distribución uniforme del tráfico ofrecido entre los diversos haces.

## 4 Conclusión

Teniendo presente las ventajas mencionadas, debe utilizarse en lo posible una anchura de banda de referencia de 1 MHz al determinar la necesidad de coordinar las asignaciones de frecuencias a los enlaces de servicios descendentes de los satélites del SMS y las estaciones fijas. Concretamente, la utilización de una anchura de banda de referencia de 1 MHz (en lugar de una anchura de banda de 4 kHz) para los umbrales de coordinación podría, en algunos casos, evitar la necesidad de coordinación, facilitándola en otros. Debe además considerarse la mayor anchura de banda de referencia posible (hasta el ancho de banda del canal de los sistemas fijos más corrientes) al proceder en la práctica a la coordinación de las asignaciones de frecuencias.

---