

RECOMENDACIÓN UIT-R S.738*

**Procedimiento para determinar si es necesaria la coordinación
entre las redes de satélites geoestacionarios que comparten
las mismas bandas de frecuencia**

(1992)

La Asamblea de Radiocomunicaciones de la UIT,

considerando

- a) que las redes del SFS pueden compartir las mismas bandas de frecuencia;
- b) que pueden causar y experimentar interferencia mutua;
- c) que esta interferencia mutua puede reducirse al mínimo mediante la coordinación;
- d) que es preciso determinar si es necesaria la coordinación,

reconociendo

que según el Artículo 11 del Reglamento de Radiocomunicaciones (Edición de 1994), la necesidad o no de coordinación viene determinada por el Apéndice S8,

recomienda

- 1 que se utilice el método del Anexo 1, denominado método $\Delta T/T$, para determinar si es precisa la coordinación entre las redes de satélites geoestacionarios que comparten las mismas bandas de frecuencias;
- 2 que será necesaria la coordinación cuando el valor calculado de $\Delta T/T$ de la red susceptible de ser interferida sea superior al 6%;
- 3 que se consideren las Notas indicadas a continuación como parte de esta Recomendación:

NOTA 1 – El método $\Delta T/T$ da el aumento aparente de la temperatura equivalente de ruido del enlace de satélite y trata el efecto de la interferencia como un aumento del ruido térmico en la red deseada. Se supone que la potencia de la señal interferente se distribuye uniformemente en la anchura de la banda de frecuencias con una densidad de potencia igual a su densidad máxima. La relación $\Delta T/T$ se expresa en porcentaje.

NOTA 2 – El enfoque mencionado es similar al del Apéndice S8 del Reglamento de Radiocomunicaciones y es aplicable con los datos que indica el Apéndice S4 del Reglamento de Radiocomunicaciones. Incluye también información adicional para facilitar la aplicación del Apéndice S8.

NOTA 3 – El valor umbral del 6% es coherente con lo indicado en el Apéndice S8.

* 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).

ANEXO 1

**Método de cálculo para determinar si se requiere coordinación
entre redes de satélites geostacionarios que comparten
las mismas bandas de frecuencias**

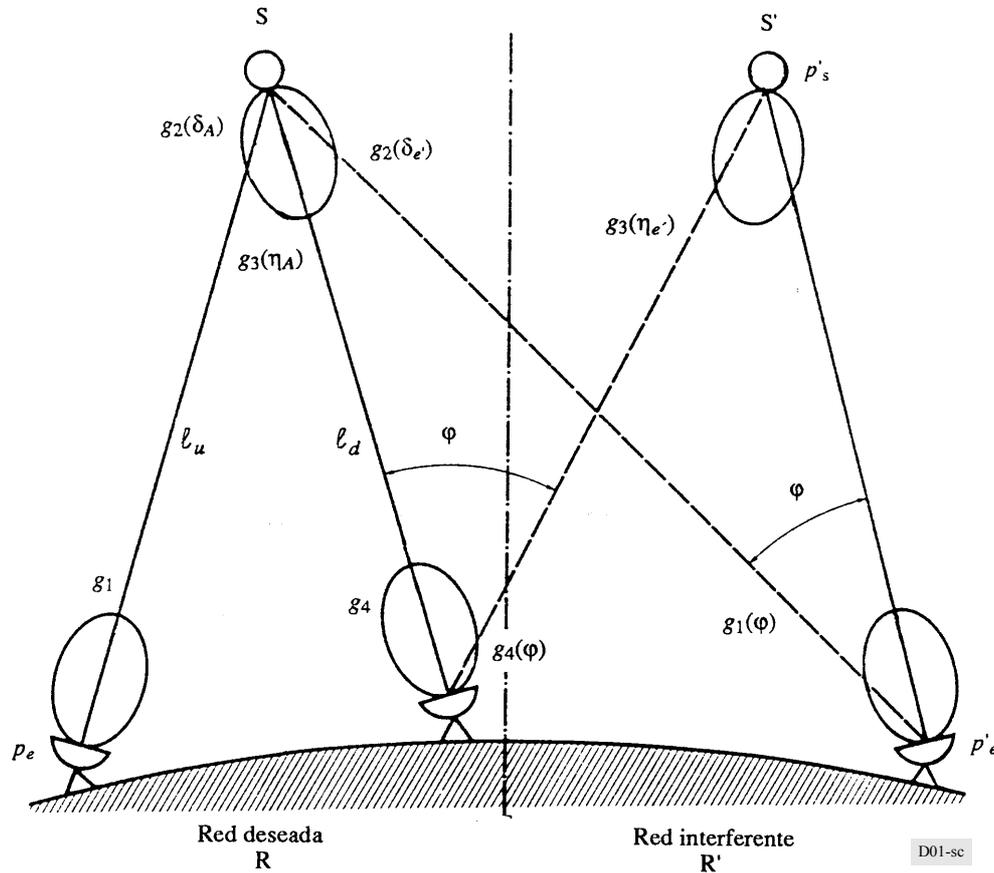
1 Características de las redes

Los satélites de radiocomunicación requieren asignaciones de frecuencias en dos bandas, una para el enlace ascendente y la otra para el enlace descendente. Es práctica común el asociar las bandas de frecuencias por parejas, utilizando una para los enlaces ascendentes y la otra para los enlaces descendentes. El Caso I, a continuación, se relaciona con la posibilidad de interferencia entre dos sistemas a los que se han asignado bandas de frecuencias en esta forma. Sería posible, sin embargo, utilizar dos bandas de frecuencias en el sentido inverso (uso bidireccional) para ambos sistemas, es decir, la banda del enlace ascendente para una red sería la misma que la del enlace descendente para la red que utiliza un satélite adyacente; este es el Caso II. Estos dos casos comprenden todas las posiciones relativas de satélites tanto si están muy próximos como si son casi antipodales.

Sea A un enlace por satélite de la red R asociada al satélite S, y A' un enlace por satélite de la red R' asociada al satélite S'. Los símbolos tales como a, b y c se refieren al enlace por satélite A y los símbolos tales como a', b' y c' se refieren al enlace por satélite A' (véanse las Figs. 1a y 1b).

FIGURA 1a

Geometría – Caso I – Redes deseada e interferente que comparten la misma banda de frecuencias en el mismo sentido de la transmisión

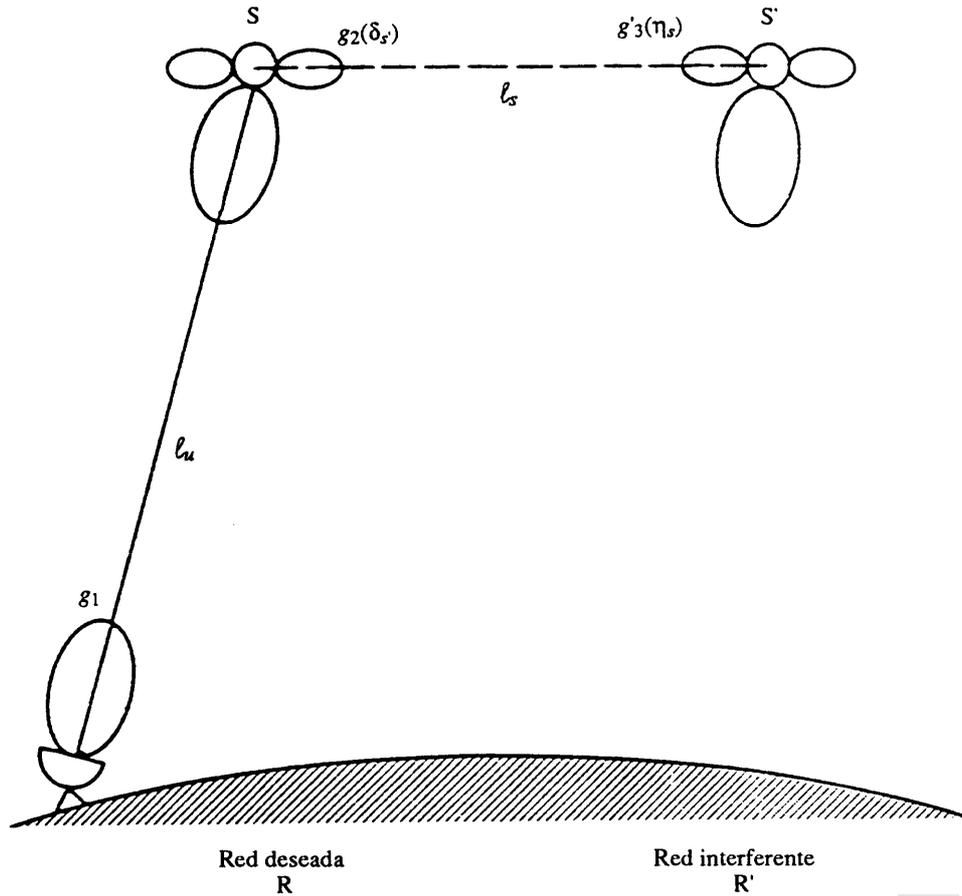


A continuación se definen las notaciones que representan los distintos parámetros (para el enlace por satélite A):

- T : la temperatura de ruido equivalente del enlace por satélite, referida a la salida de la antena receptora de la estación terrestre (K);
- T_s : la temperatura de ruido del sistema receptor de la estación espacial, referida a la salida de la antena receptora de la estación espacial (K);
- T_e : la temperatura de ruido del sistema receptor de la estación terrestre, referida a la salida de la antena receptora de la estación terrestre (K);
- ΔT : incremento aparente de la temperatura de ruido equivalente en todo el enlace de satélite, referido a la salida de la antena de la estación terrestre receptora, causado por las emisiones interferentes de otras redes por satélites;

FIGURA 1b

Geometría – Caso II – Redes deseada e interferente que comparten la misma banda de frecuencias en sentidos opuestos de la transmisión (utilización bidireccional)



D02-sc

- ΔT_s : incremento aparente de la temperatura de ruido del sistema receptor del satélite S, causado por una emisión interferente, referido a la salida de la antena receptora de este satélite (K);
- ΔT_e : incremento aparente de la temperatura de ruido del sistema receptor de la estación terrena, e_R , causado por una emisión interferente, referido a la salida de la antena receptora de dicha estación (K);
- p_s : densidad máxima de potencia por Hz suministrada a la antena transmisora del satélite S (media correspondiente a la banda más desfavorable de 4 kHz, cuando la frecuencia de la portadora es inferior a 15 GHz, o a la banda más desfavorable de 1 MHz, cuando la frecuencia de la portadora es superior a 15 GHz) (W/Hz);

- $g_3(\eta)$: ganancia de la antena transmisora del satélite S en la dirección η (relación numérica de potencias);
- η_A : dirección de la estación terrena receptora e_R del enlace por satélite A, a partir del satélite S;
- $\eta_{e'}$: dirección de la estación terrena receptora e'_R del enlace por satélite A', a partir del satélite S.
- NOTA – El producto $p_s g_3(\eta_{e'})$ es la p.i.r.e. máxima por Hz del satélite S en la dirección de la estación terrena receptora e'_R en el enlace por satélite A';
- $\eta_{s'}$: dirección del satélite S', a partir del satélite S;
- p_e : densidad máxima de potencia por Hz suministrada a la antena transmisora de la estación terrena e_T (media correspondiente a la banda más desfavorable de 4 kHz, cuando la frecuencia de la portadora es inferior a 15 GHz, o a la banda más desfavorable de 1 MHz, cuando la frecuencia de la portadora es superior a 15 GHz) (W/Hz);
- $g_2(\delta)$: ganancia de la antena receptora del satélite S en la dirección δ (relación numérica de potencias);
- δ_A : dirección de la estación terrena transmisora e_T del enlace por satélite A, a partir del satélite S;
- $\delta_{e'}$: dirección de la estación terrena transmisora e'_T del enlace por satélite A', a partir del satélite S;
- $\delta_{s'}$: dirección del satélite S', a partir del satélite S;
- $g_1(\varphi)$: ganancia de la antena transmisora de la estación terrena e_T en la dirección del satélite S' (relación numérica de potencias);
- $g_4(\varphi)$: ganancia de la antena receptora de la estación terrena e_R en la dirección del satélites S' (relación numérica de potencias);
- φ : separación angular topocéntrica entre los dos satélites, teniendo en cuenta las tolerancias longitudinales de mantenimiento en posición.
- NOTA – Cuando se trate del Caso I, sólo debe utilizarse el ángulo topocéntrico φ ;
- φ_g : separación angular geocéntrica, en grados, entre los dos satélites, teniendo en cuenta la tolerancia de mantenimiento en posición longitudinal.
- NOTA – Cuando se trate del Caso II, sólo debe utilizarse el ángulo geocéntrico φ_g ;
- k : constante de Boltzmann ($1,38 \times 10^{-23}$ J/K);
- ℓ_d : pérdida de transmisión en el espacio libre correspondiente al enlace descendente (relación numérica de potencias), calculada entre el satélite S y la estación terrena receptora e_R , para el enlace por satélite A;
- ℓ_u : pérdida de transmisión en el espacio libre correspondiente al enlace ascendente (relación numérica de potencias), calculada entre la estación terrena e_T y el satélite S para el enlace por satélite A;
- ℓ_s : pérdida de transmisión en el espacio libre correspondiente al enlace entre satélites (relación numérica de potencias), calculada entre el satélite S y el satélite S';
- γ : ganancia en transmisión de un enlace por satélite específico sometido a interferencia, evaluada desde la salida de la antena receptora de la estación espacial S hasta la salida de la antena receptora de la estación terrena e_R (relación numérica de potencias, generalmente inferior a 1).

En los símbolos anteriores, las ganancias $g'_1(\varphi)$ y $g_4(\varphi)$ son las de las estaciones terrenas consideradas. En el caso en que no se disponga de datos generales precisos relativos a antenas de estaciones terrenas, se utilizará el diagrama de radiación de referencia dado en la Recomendación UIT-R S.465.

2 Cálculo de la temperatura de ruido equivalente y de la ganancia de transmisión de un enlace por satélite

2.1 Introducción

Este punto tiene por objeto proporcionar algunas directrices para determinar, en el caso de transpondedores con un solo cambio de frecuencia, los valores de las temperaturas de ruido equivalentes y las ganancias de transmisión de un enlace por satélite y, en particular, los conjuntos de valores para:

- la temperatura de ruido equivalente más pequeña del enlace y su ganancia de transmisión asociada, y
- los valores de la ganancia de transmisión y su temperatura de ruido equivalente asociada del enlace, que corresponden al valor más alto de la relación «ganancia de transmisión/temperatura de ruido equivalente» del enlace por satélite.

La temperatura de ruido equivalente, T , de un enlace por satélite, referida a la salida de la antena receptora de la estación terrena, y la ganancia de transmisión γ de un enlace por satélite que utiliza transpondedores con un solo cambio de frecuencia, se pueden determinar de varias maneras, una de las cuales es la siguiente.

2.2 Formulación general

2.2.1 Método 1

La ganancia de transmisión se expresa como sigue:

$$\gamma = \frac{p_s g_3(\eta_A) g_4 \ell_u}{p_e g_1 g_2(\delta_A) \ell_d} \quad (1)$$

donde g_1 y g_4 son las ganancias máximas (en el eje) de las antenas de las estaciones terrenas de recepción y transmisión respectivamente (véase la Fig. 1a).

2.2.2 Método 2

La ganancia de transmisión se expresa como sigue:

$$\gamma = \frac{p.i.r.e.s \ g_4 \ BO_i \ 4 \ \pi}{W_s g_2(\delta_A) \ \ell_d \ BO_o \ \lambda^2} = \frac{(C/N_0)_d}{(C/N_0)_u} \frac{T_e}{T_s} \quad (2)$$

La temperatura de ruido equivalente del enlace se expresa del modo siguiente:

$$T = \frac{(C/N_0)_d}{(C/N_0)_t} T_e \quad (3)$$

donde:

- $(C/N_0)_u$: relación potencia de la portadora/densidad de ruido (sólo ruido térmico y otros ruidos de fondo) para el enlace ascendente (relación numérica)
- $(C/N_0)_d$: relación potencia de la portadora/densidad de ruido (sólo ruido térmico y otros ruidos de fondo) para el enlace descendente (relación numérica)

- $(C/N_0)_t$: relación potencia equivalente de la portadora/densidad de ruido térmico incluida sólo la degradación intrasatélite (interferencia intrasatélite, intermodulación), ruido térmico y otros ruidos de fondo (relación numérica), para el enlace total
- $p.i.r.e.s$: p.i.r.e. del satélite cuando trabaja a saturación (W)
- λ : longitud de onda (m) para la frecuencia del enlace ascendente
- BO_i : reducción de potencia respecto a saturación de una sola portadora (valor numérico) a la entrada del transpondedor
- BO_o : reducción de potencia respecto a saturación de una sola portadora (valor numérico) a la salida del transpondedor
- W_s : densidad de flujo de potencia en condiciones de saturación en el satélite (W/m^2).

El producto de la densidad de flujo de potencia a saturación del satélite por la ganancia de la antena receptora del satélite (esto es, $W_s \cdot g_2(\delta_A)$) es sigual para los valores correspondientes a la cresta del haz y al borde del haz de la antena del satélite. Por tanto, la ganancia de transmisión (γ) es máxima cuando la p.i.r.e. del satélite es máxima. Esta condición se cumple en la cresta del haz de la antena transmisora del satélite.

2.3 Deducción de dos juegos de valores de T y γ

2.3.1 T mínima y γ asociada

La temperatura de ruido equivalente del enlace T_{min} , puede expresarse del modo siguiente:

$$T_{min} = T_e + \gamma_{min} \cdot T_s + T_a \quad (4)$$

donde T_a es otro ruido interno y γ_{min} , su ganancia de transmisión asociada; se obtiene a partir de la ecuación (2) considerando la p.i.r.e. ($p.i.r.e.s$) de saturación del satélite en el borde del haz.

2.3.2 Valores de T y γ que corresponden a la relación γ/T máxima

El valor de γ y su T asociado que corresponden a la máxima relación «ganancia de transmisión/temperatura de ruido equivalente» del enlace, pueden determinarse haciendo máxima la siguiente ecuación:

$$\frac{\gamma}{T} = \frac{\gamma}{T_e + \gamma T_s + T_a} \quad (5)$$

Esta ecuación alcanza su máximo cuando γ es máxima, esto es, cuando se calcula en la cresta del haz de la antena del satélite en lugar de en el borde del haz; en consecuencia:

$$\gamma_{max} = \gamma_{min} \Delta g \quad (6)$$

Δg : diferencia entre los valores de ganancia de la antena de transmisión del satélite en la cresta del haz y en el borde del haz (relación numérica de potencias).

Por consiguiente, la temperatura de ruido equivalente del enlace asociada, viene dada por:

$$T = T_e + \gamma_{min} T_s \Delta g + T_a \quad (7)$$

2.4 Resumen

Los valores de T y γ deben calcularse con ayuda de las fórmulas anteriores o por otros métodos para todos los enlaces de la red por satélite, con objeto de seleccionar el juego adecuado de valores que se utilizarán para el cálculo de $\Delta T/T$.

Estos métodos no deben utilizarse para deducir valores de T y γ a partir de información notificada o publicada por otras administraciones. Por lo que respecta a estos parámetros y a su relación, se requieren estudios ulteriores.

3 Cálculo del aumento aparente de la temperatura de ruido equivalente del enlace de satélite sometido a una emisión interferente

A fin de simplificar los cálculos, deberá establecerse la hipótesis de que las pérdidas básicas de transmisión correspondientes al enlace espacio-Tierra son idénticas, independientemente del satélite y de la estación terrena que consideren. De igual manera, se suponen idénticas las pérdidas básicas de transmisión correspondientes al enlace Tierra-espacio. Para cada uno de estos dos tipos de enlaces, las pérdidas se calculan para la red R' , utilizando la distancia espacio-Tierra o Tierra-espacio, y a la frecuencia central de la banda compartida por las dos redes. Estas hipótesis parecen razonables en el caso de órbita de los satélites geoestacionarios, porque la diferencia entre las pérdidas del enlace más corto y del enlace más largo en el espacio libre, es de tan sólo 1,5 dB, aproximadamente.

Caso I – Redes deseada e interferente que comparten la misma banda de frecuencias en la misma dirección de transmisión (véase la Fig. 1a).

Los parámetros ΔT_s y ΔT_e vienen dados por las ecuaciones:

$$\Delta T_s = \frac{p'_e g'_1(\varphi) g_2(\delta_{e'})}{k\ell_u} \quad (8)$$

$$\Delta T_e = \frac{p'_s g'_3(\eta_e) g_4(\varphi)}{k\ell_d} \quad (9)$$

El incremento de la temperatura de ruido equivalente del enlace por satélite resulta de la interferencia que se recibe tanto en el receptor del satélite como en el de la estación terrena del enlace A. Cuando los satélites S y S' están equipados con simples repetidores-convertidores de frecuencia que utilizan la misma frecuencia de translación, las interferencias que se reciben en el enlace A se originan en los enlaces ascendente y descendente por el mismo enlace A'.

Por consiguiente, puede expresarse como sigue:

$$\Delta T = \gamma \Delta T_s + \Delta T_e \quad (10)$$

$$\Delta T = \gamma \frac{p'_e g'_1(\varphi) g_2(\delta_{e'})}{k\ell_u} + \frac{p'_s g'_3(\eta_e) g_4(\varphi)}{k\ell_d} \quad (11)$$

y por lo tanto, la ecuación (11) combina las interferencias correspondientes a los enlaces ascendente y descendente.

Si las frecuencias de translación de los dos satélites no son iguales, los diferentes enlaces en la red R' pueden interferir con el enlace A en los receptores del satélite y de la estación terrena; sean $\overline{A'}$ y $\overline{A'}$ dos enlaces de la red R' (los parámetros tales como $\overline{a'}$, $\overline{b'}$ y $\overline{c'}$ se refieren al enlace $\overline{A'}$):

$$\Delta T = \gamma \frac{p'_e g'_1(\varphi) g_2(\delta_{e'})}{k\ell_u} + \frac{\overline{p'_s} \overline{g'_3}(\eta_e) g_4(\varphi)}{k\ell_d} \quad (12)$$

De forma análoga, se calculará el incremento $\Delta T'$ de la temperatura de ruido equivalente del enlace por satélite completo referido a la salida de la antena receptora de la estación terrena e'_R , provocado por la interferencia causada por la red R, utilizando las ecuaciones:

$$\Delta T'_{s'} = \frac{p_e g_1(\varphi) g'_2(\delta_e)}{k\ell_u} \quad (13)$$

$$\Delta T'_{e'} = \frac{p_s g_3(\eta_{e'}) g'_4(\varphi)}{k\ell_d} \quad (14)$$

Cuando las frecuencias de translación de los dos satélites son iguales:

$$\Delta T' = \gamma' \frac{p_e g_1(\varphi) g'_2(\delta_e)}{k\ell_u} + \frac{p_s g_3(\eta_{e'}) g'_4(\varphi)}{k\ell_d} \quad (15)$$

Cuando las frecuencias de translación de los dos satélites son distintas (denominando A y \bar{A} dos enlaces de la red R y \bar{a} , \bar{b} y \bar{c} los parámetros correspondientes):

$$\Delta T' = \gamma' \frac{p_e g_1(\varphi) g'_2(\delta_e)}{k\ell_u} + \frac{\bar{p}_s \bar{g}_3(\eta_{e'}) g'_4(\varphi)}{k\ell_d} \quad (16)$$

En el caso de dos satélites de acceso múltiple, deberá efectuarse el cálculo para cada uno de los enlaces por satélite establecidos mediante uno de los satélites con relación a todos los enlaces por satélite establecidos por medio del otro.

Si sólo el enlace ascendente o el descendente de la red de satélites deseada comparte una banda de frecuencias con la red de satélites interferente, el valor de ΔT debe obtenerse mediante la ecuación (3), haciendo cero ΔT_s o ΔT_e , según proceda.

Caso II – Redes deseada e interferente que comparten la misma banda de frecuencias en direcciones opuestas de transmisión (uso bidireccional) (véase la Fig. 1b).

Empleando la notación, el aumento de la temperatura de ruido ΔT_s referido a la salida de la antena receptora del satélite del enlace A viene dado por:

$$\Delta T_s = \frac{p'_s g'_3(\eta_s) g_2(\delta_{s'})}{k\ell_s} \quad (17)$$

Por consiguiente, el incremento aparente de la temperatura de ruido equivalente del enlace viene dado por:

$$\Delta T = \gamma \Delta T_s \quad (18)$$

El incremento $\Delta T'$ de la temperatura de ruido equivalente del enlace A' originado por las emisiones interferentes del satélite asociado al enlace A, viene dado por:

$$\Delta T' = \gamma' \Delta T'_{s'} = \gamma' \frac{p_s g_3(\eta_{s'}) g'_2(\delta_s)}{k\ell'_s} \quad (19)$$

Si los dos enlaces A y A' únicamente comparten una banda, se producirá interferencia entre enlaces de satélites adyacentes solamente en el enlace que utilice la banda compartida para su trayecto ascendente.

En el caso de interferencia entre estaciones terrenas asociadas a enlaces con asignaciones inversas de frecuencia, se emplearán procedimientos de coordinación análogos a los utilizados para la coordinación entre estaciones terrenas y terrenales.

4 Consideraciones respecto al aislamiento por polarización

Puede también utilizarse la discriminación por polarización para reducir la probabilidad de interferencias entre redes de satélite, cuando se emplean polarizaciones diferentes. En este caso, el incremento aparente de la temperatura de ruido equivalente del enlace por satélite puede determinarse mediante las siguientes expresiones:

– Caso I

$$\Delta T = \frac{\gamma \Delta T_s}{Y_u} + \frac{\Delta T_e}{Y_d} \quad (20)$$

– Caso II

$$\Delta T = \frac{\gamma \Delta T_s}{Y_{ss}} \quad (21)$$

donde las definiciones de γ , ΔT_s y ΔT_e se han dado anteriormente e Y_u , Y_d e Y_{ss} son los factores de discriminación por polarización (relación numérica) para el enlace ascendente, el enlace descendente y el enlace entre satélites, respectivamente. En el Apéndice S8 del Reglamento de Radiocomunicaciones se dan valores de los factores de aislamiento por polarización. Estos valores han sido objeto de un estudio más amplio (véase la Recomendación UIT-R S.736).

Como los factores de aislamiento por polarización dependen de los tipos de polarización utilizada por cada red y de la distribución estadística de los niveles de polarización ortogonal, el factor de aislamiento por polarización antes indicado se tendrá en cuenta solamente si se ha notificado o publicado la polarización de acuerdo con lo establecido en el Artículo 11 del Reglamento de Radiocomunicaciones (Edición de 1994).

5 Comparación entre el valor calculado y el valor preestablecido del incremento de la temperatura de ruido equivalente del enlace por satélite

Para determinar el mayor valor de $\Delta T/T$ es necesario asegurar que se han incluido todos los casos de posible interferencia. La mayor interferencia entre redes de satélite puede ser la del enlace ascendente o la del enlace descendente por lo que deberá poderse disponer de datos suficientes para calcular ambos casos con respecto a cada zona de servicio espacio-Tierra y a cada utilización prevista de conformidad con el Apéndice S4 del Reglamento de Radiocomunicaciones. $\Delta T/T$ viene dado por la expresión:

$$\frac{\Delta T}{T} = \frac{\Delta T_e}{T} + \frac{\gamma \Delta T_s}{T} \quad (22)$$

Cuando $\gamma \Delta T_s/T \gg \Delta T_e/T$, el mayor valor de $\Delta T/T$ se produce cuando γ/T es máximo. Cuando $\Delta T_e/T \gg \gamma \Delta T_s/T$, el mayor valor de $\Delta T/T$ se produce cuando γ/T es mínimo. Por tanto, es preciso hacer determinaciones utilizando los valores de γ y T asociados al valor máximo de γ/T y empleando el valor mínimo de T y su valor asociado de γ . Los mayores valores calculados de $\Delta T/T$ y $\Delta T'/T'$, expresados en %, deben compararse con los preestablecidos, que son iguales al 6% de las

temperaturas de ruido equivalentes del enlace correspondiente (véase el Apéndice S8 del Reglamento de Radiocomunicaciones):

- si el valor calculado de $\Delta T/T$ es inferior o igual al preestablecido, el nivel de interferencia causado por el enlace del satélite A' en el enlace del satélite A será admisible, independientemente de las características de modulación de ambos enlaces por satélite y de las frecuencias específicas utilizadas;
- si el valor calculado de $\Delta T/T$ es superior al preestablecido, habrá que efectuar un cálculo más detallado aplicando los métodos y técnicas establecidos en los Informes 388 y 455 del ex CCIR, durante el procedimiento de coordinación entre administraciones.

La comparación entre el valor calculado y el valor preestablecido de $\Delta T'/T'$, debe efectuarse de la misma manera.

Puede verse, como ejemplo de este método, que en el caso de un enlace por satélite cuyas características de funcionamiento estén de acuerdo con las actuales Recomendaciones UIT-R, que utilice telefonía con modulación de frecuencia y tenga un ruido total por canal telefónico de 10 000 pW0p, incluidos 1 000 pW0p de ruido de interferencia producidos por sistemas de relevadores radioeléctricos terrenales y 2 000 pW0p de ruido de interferencia causados por otros enlaces por satélite, un aumento del 6% de la temperatura de ruido equivalente correspondería a un máximo de 420 pW0p de ruido debido a la interferencia.

Dado que, para las nuevas redes cuya publicación anticipada se efectuó después de 1987, se ha aumentado a 800 pW0p (de 600 pW0p) el criterio de interferencia de una sola fuente de la Recomendación UIT-R S.466, y a 2 500 pW0p, de 2 000 pW0p, la potencia de ruido de interferencia en un canal telefónico procedente de las restantes redes por satélite sin reutilización de frecuencias (2 000 pW0p, de 1 500 pW0p con reutilización de frecuencia), el valor correspondiente del incremento relativo de la temperatura de ruido equivalente de un enlace por satélite sería del 6% (con reutilización de frecuencias) y del 6,5% (sin reutilización de frecuencias) para las nuevas redes. Considerando una potencia de ruido total en un canal telefónico de 10 000 pW0p, incluidos 1 000 pW0p de ruido de interferencia procedente de redes de relevadores radioeléctricos terrenales y 2 500 pW0p de ruido de interferencia procedente de redes por satélite, incrementos del 6 y 6,5% en la temperatura de ruido del enlace por satélite corresponderán a un ruido de interferencia de 390 y 420 pW0p en un canal telefónico, respectivamente, si la anchura de banda de la portadora interferente es mayor que la de la portadora interferida. Si la portadora interferente es de banda más estrecha, los incrementos de ruido serán menores.

6 Procedimientos para el caso de transpondedores que efectúan un proceso de la señal

Cuando la señal sufra una modificación de su modulación o una regeneración en el satélite, el cálculo de los efectos de la interferencia del enlace ascendente en la calidad de funcionamiento del enlace completo exigirá procedimientos especiales. En ciertos casos, como cuando se emplean transpondedores analógicos con proceso de la señal, que incluya una demodulación y remodulación de ésta, sería posible calcular un valor apropiado de γ que tenga en cuenta el proceso de la señal y relacionar la contribución de interferencia del enlace ascendente al enlace descendente. En estos casos podría efectuarse el cálculo utilizando la ecuación (10) y el factor γ modificado.

En otros casos puede no ser posible calcular un valor de γ que refleje razonablemente el tratamiento sufrido por la señal en el satélite; tal ocurre cuando se emplean transpondedores regeneradores digitales. En estos casos habrá que tratar por separado los enlaces ascendente y descendente y determinar valores individuales de temperatura equivalente de ruido del enlace para ambos enlaces. Se notificarían independientemente los valores de T_{seq} y T_{eeq} para los enlaces ascendente y descendente respectivamente, en donde T_{seq} es la temperatura equivalente del sistema en el enlace ascendente referida a la salida de la antena receptora del satélite, y T_{eeq} la temperatura equivalente del sistema en el enlace descendente referida a la salida de la antena receptora de la estación terrena. Se calcularán entonces $\Delta T_s/T_{seq}$ y $\Delta T_e/T_{eeq}$, y se compararán con un valor predeterminado. Hasta tanto se realicen estudios más detenidos, este valor será de 6% tanto para el enlace ascendente como para el enlace descendente.

7 Determinación de los enlaces por satélite que hay que tomar en consideración para calcular el incremento de la temperatura equivalente de ruido a partir de los datos suministrados para la publicación anticipada de información sobre una red de satélites

Debe determinarse el incremento de temperatura de ruido equivalente causado en cualquier enlace de las otras redes de satélites existentes o en proyecto, debido a interferencias producidas por la red de satélites propuesta.

Para cada antena receptora del satélite de la red interferida, habrá que determinar la posible ubicación de la estación terrena transmisora de la red de satélites interferente que sea más desfavorable, superponiendo, sobre un mapa de la superficie de la Tierra, a los contornos de ganancia de la antena receptora de la estación espacial, las zonas de servicio «Tierra-espacio» de la red interferente. La posible ubicación más desfavorable para la estación terrena transmisora es aquella que se encuentra en la dirección de máxima ganancia de la antena de recepción del satélite de la red interferida.

Asimismo, se determinará de manera análoga para cada zona de servicio «espacio-Tierra» de la red interferida, la posible ubicación más desfavorable de la estación terrena receptora de la red interferida. La posible ubicación más desfavorable de la estación terrena receptora, es aquella que se encuentra en la dirección de máxima ganancia de la antena transmisora del satélite de la red interferente.

Otra posibilidad consiste en utilizar el método descrito en el Apéndice 1 para tener en cuenta las ubicaciones menos favorables de la estación terrena en la determinación de $\Delta T/T$.

Las ganancias de las antenas receptora y transmisora indicadas en los dos párrafos precedentes se obtienen de los respectivos contornos de ganancia requeridos por el Artículo 11 del Reglamento de Radiocomunicaciones (Edición de 1994), como parte del procedimiento de publicación anticipada. Cuando uno de los dos sistemas de satélites geoestacionarios considerados o ambos estén en servicio, será preferible utilizar los diagramas de radiación reales medidos de las antenas de satélite. Estos diagramas de radiación medidos permitirían una evaluación más realista de la interferencia potencial en los cálculos ulteriores.

Si el satélite de la red interferida está dotada de transpondedores simples de traslación de frecuencia, estas determinaciones de ubicación deben hacerse por pares, es decir: por una parte, para la antena receptora del satélite asociada a un determinado transpondedor y, por otra parte, para la zona de servicio «espacio-Tierra» correspondiente a la antena transmisora del satélite asociada a ese transpondedor.

El método de cálculo anterior permite determinar también el incremento de la temperatura de ruido equivalente provocado en cualquier enlace de la red por satélite en proyecto, como consecuencia de interferencias producidas por cualquier otra red de satélites.

8 Datos que se han de tomar en consideración

Para la determinación del aumento de la temperatura de ruido equivalente del enlace por satélite, es necesario disponer de la correspondencia entre las bandas de los enlaces ascendentes y las de los enlaces descendentes. Además, sería útil conocer, respecto de cada banda de frecuencias, el número del repetidor utilizado y la designación del haz empleado.

Además, la ganancia de las antenas de la estación espacial se podría presentar en forma de diagrama de radiación, trazado sobre un fondo que represente la Tierra vista desde el satélite. En dicho diagrama se mencionarían la ganancia máxima en el centro del haz y las ganancias relativas de cada contorno (2, 4, 6, 10, 20, 30 dB, ...). También se indicaría el contorno correspondiente a la zona de servicios con un tipo de línea distinto del utilizado para los contornos de ganancia.

Esta información daría una idea más concreta del enlace completo y, por ende facilitaría el cálculo del aumento aparente de la temperatura de ruido equivalente del enlace.

9 Consideración de las portadoras de banda estrecha

El método de cálculo descrito en este Anexo 1 puede subestimar la interferencia procedente de portadoras de televisión de exploración lenta sobre ciertas portadoras de banda estrecha (un solo canal por portadora – SCPC). El UIT-R está haciendo estudios más profundos para facilitar la predicción exacta de la interferencia mutua entre redes de satélites en estas circunstancias (véase la Recomendación UIT-R S.671).

10 Otras consideraciones

10.1 Atenuación en cielo despejado

Con el empleo de frecuencias más altas, la atenuación en cielo despejado o la absorción debida a los gases se convierten en factores significativos para determinar los parámetros operacionales. Como afecta también a los trayectos interferentes, podría incluirse en los cálculos de $\Delta T/T$. Es necesario definir más concretamente el procedimiento que permita tener en cuenta la atenuación en cielo despejado.

10.2 Temperatura de ruido del enlace en un modo multiportadoras

Siempre que una red funcione con transpondedores en modo multiportadoras, ha de considerarse el efecto del funcionamiento con multiportadoras para la determinación de la temperatura del ruido del enlace. La razón es que la ausencia del ruido de intermodulación implica un modo de portadora sencilla o doble que, a su vez, supone el empleo de portadoras de relativamente alta capacidad. Este tipo de portadoras, son protegidas adecuadamente con valores algo más altos de ΔT .

APÉNDICE 1

AL ANEXO 1

Cálculos de $\Delta T/T$ para satélites geostacionarios con ubicaciones no especificadas de estación terrena

A continuación, se presenta un método de cálculo de $\Delta T/T$ cuando no se conocen específicamente las ubicaciones de la estación terrena.

El ángulo topocéntrico φ_t entre dos satélites, es función de la longitud y latitud de las estaciones terrenas con respecto al punto subsatelital. La longitud y latitud determinan el ángulo geocéntrico ψ entre el punto subsatelital y la estación terrena. Cuando ψ aumenta, φ_t disminuye y aumentan las distancias a los dos satélites d_1 y d_2 . Se pueden formar las relaciones entre ángulos topocéntrico y geocéntrico (φ_t/φ_g), así como las relaciones de distancias (d_1/d_0) y (d_2/d_0), donde d_0 es la distancia entre el satélite y el punto subsatelital.

Las magnitudes ΔT_s y ΔT_e , pueden calcularse utilizando $G(\varphi_g)$ y d_0 en vez de ℓ_u y ℓ_d y añadiendo una atenuación $\Delta \ell$ que es:

$$\Delta \ell = 25 \log (\varphi_t/\varphi_g) + 20 \log (d_1/d_0 \text{ ou } d_2/d_0) \quad \text{dB}$$

suponiendo que es aplicable la atenuación de envolvente de lóbulos laterales de estación terrena de referencia $25 \log \varphi$. Se obtienen los valores mínimos de (φ_t/φ_g) cuando las estaciones terrenas están situadas en el ecuador E-W. Se presenta un caso ortogonal cuando las estaciones terrenas están situadas en la longitud correspondiente a la mitad de la separación entre satélites N-S. Para el caso E-W (φ_t/φ_g), d_1 y d_2 se calculan utilizando las ecuaciones del Anexo III del Apéndice S8 del Reglamento de Radiocomunicaciones. Cuando φ_g se aproxima a 0:

$$(\varphi_t / \varphi_g)_{E-W} \approx \frac{42\,166}{d} \cos T \quad \text{para } d_1 = d_2 = d$$

para las estaciones terrenas situadas en el ecuador, donde T es el ángulo entre las estaciones terrenas visto desde el satélite. Para el caso N-S:

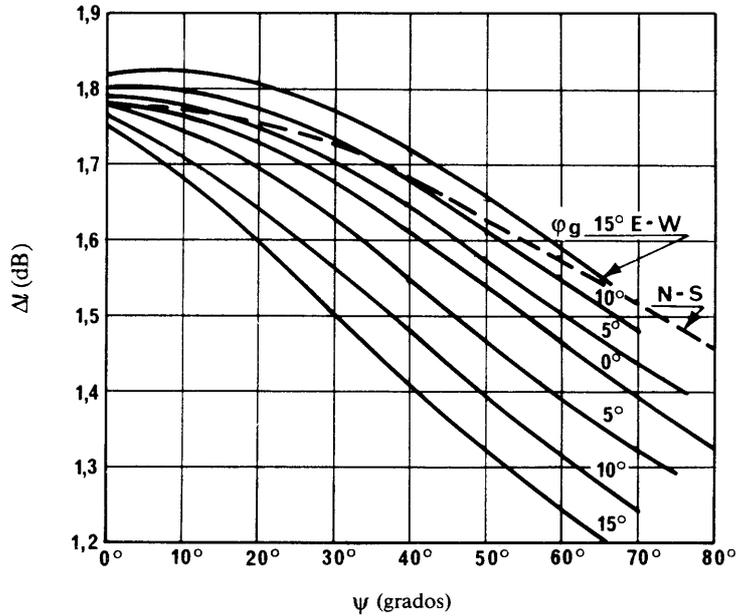
$$(\varphi_t / \varphi_g)_{N-S} \approx \frac{42\,166}{d} \quad \text{para } d_1 = d_2 = d$$

para φ_g hasta como mínimo 15 a 20°, y para las estaciones terrenas situadas en la longitud correspondiente al punto medio de la separación entre satélites.

Con estas funciones se calcula $\Delta \ell$, en función de ψ para φ_g de hasta 15°; el resultado se ha representado en la Fig. 2. El ángulo ψ corresponde al satélite más próximo y el ángulo $(\psi + \varphi_g)$, al satélite más alejado en el plano E-W.

FIGURA 2

Atenuación adicional Δ del trayecto de interferencia como función del ángulo geocéntrico ψ entre el punto subsatelital y la estación terrena



- ϕ_g : Separación angular geocéntrica entre satélites
- ψ : Ángulo geocéntrico de la Tierra entre el punto subsatelital y la estación terrena
- Δ : Atenuación adicional del trayecto de interferencia cuando se utilizan 35 796 km para calcular la atenuación en espacio libre y la ganancia fuera del eje de la antena de la estación terrena es proporcional a $-25 \log \phi_g$

D03-sc

Si la interferencia del enlace ascendente se asocia con d_1 la interferencia del enlace descendente quedará asociada con d_2 o viceversa, y, en consecuencia, $\Delta \ell_u$ y $\Delta \ell_d$ están relacionadas de modo similar. Si está limitado el ángulo de elevación H de la estación terrena también lo estará el ángulo ψ . Las funciones aproximadas para $\Delta \ell$, son:

Caso E-W:

$$\Delta \ell_d \approx A \pm 0,011 \phi_g \text{ y } \Delta \ell_u \approx A \pm 0,011 \phi_g \quad \text{dB}$$

donde:

$$A \approx 1,32 + 0,0065 H + 0,006 \phi_g \quad \text{dB}$$

con H y ϕ_g (grados).

Caso N-S:

$$\Delta \ell_d = \Delta \ell_u \approx 1,45 + 0,00056 H + 0,006 \phi_g \quad \text{dB}$$

Pueden determinarse los valores de ψ buscando los valores de ganancia más altos de la antena de satélite, como se describe en el § 4. Puede estimarse por extrapolación el $\Delta \ell$ para las estaciones terrenas situadas en un punto distinto del ecuador o de la línea de la longitud correspondiente al punto medio de la separación entre satélites.