

RECOMENDACIÓN UIT-R M.1391-1

Metodología para el cálculo de los requisitos de espectro para los satélites de las telecomunicaciones móviles internacionales-2000 (IMT-2000)*

(1999-2006)

1 Cometido

Esta Recomendación presenta una metodología para calcular las necesidades de espectro de la componente de satélite de las IMT-2000, que se basa en los requisitos y objetivos definidos en las Recomendaciones pertinentes sobre las IMT-2000.

La metodología está estructurada de manera que es independiente de los detalles de los diversos sistemas que comprende la componente de satélite (por ejemplo, las órbitas). A la hora de seleccionar los valores adecuados de los parámetros de entrada, debe tenerse en cuenta la naturaleza de los servicios que probablemente soportarán las capacidades del sistema.

2 Introducción

Las Telecomunicaciones móviles internacionales (IMT-2000) proporcionan acceso a una amplia gama de servicios de telecomunicaciones soportados por las redes de telecomunicaciones fijas (por ejemplo la RTPC o la RDSI) y a otros servicios específicos de los usuarios móviles.

Se dispone de distintos tipos de terminales móviles, enlazados a las redes terrenales o por satélite, y los terminales pueden diseñarse para la utilización fija o móvil.

Las características fundamentales de las IMT-2000 son las siguientes:

- alto grado de uniformidad de diseño en todo el mundo;
- compatibilidad de los servicios de las IMT-2000 entre sí y con las redes fijas;
- elevado nivel de calidad;
- utilización de terminales de bolsillo con capacidad de itinerancia a escala mundial;
- capacidad para aplicaciones multimedios y una amplia gama de servicios.

Las IMT-2000 están definidas en un conjunto de Recomendaciones de la UIT interdependientes de las cuales forma parte la presente.

La componente de satélite de las IMT-2000 puede satisfacer una parte de la demanda general cada vez mayor de servicios móviles. Considerando que las componentes de satélite y terrenal de las IMT-2000 son mutuamente complementarias y proporcionan servicios compatibles, es necesario atribuir una anchura de banda de espectro adecuada para ambas. Se necesita una metodología específica para calcular los requisitos de la componente de satélite de las IMT-2000. Además, los servicios proporcionados por las IMT-2000 son muy densos en información y fáciles de utilizar (por ejemplo, multimedios). Por lo tanto, debe considerarse la necesidad de ofrecer a los usuarios acceso a varios servicios compatibles con los que ya proporciona la componente terrenal de las IMT-2000.

* Esta metodología también puede utilizarse para los sistemas posteriores a las IMT-2000.

3 Recomendaciones conexas

La presente Recomendación se basa en la Recomendación UIT-R M.818 – Funcionamiento por satélite en las IMT-2000 y la Recomendación UIT-R M.1167 – Marco general sobre la componente de satélite de las IMT-2000. Reconoce los requisitos definidos para la componente de satélite en la Recomendación UIT-R M.1034 – Requisitos de las interfaces radioeléctricas para las IMT-2000, las necesidades de los países en desarrollo (véase la Recomendación UIT-R M.819) y el interés cada vez mayor en la prestación de servicios con velocidades binarias más elevadas.

4 Antecedentes

El punto de partida para el desarrollo de una metodología viene determinado necesariamente por la forma de las estadísticas del tráfico de telecomunicaciones y su disponibilidad. En las Recomendaciones antes citadas se ha reconocido que la componente de satélite de las IMT-2000 puede tomar una gran variedad de formas, cada una de las cuales será el resultado de una optimización para satisfacer las necesidades previstas del mercado. En esta Recomendación, se han considerado dos tipos de tráfico de satélite de las IMT-2000 que se denominan multimedios y no multimedios. Se supone que la demanda de tráfico se expresa en Mbytes por mes o minutos por mes.

En términos generales, cabe esperar que a lo largo del tiempo los avances tecnológicos puedan proporcionar una disminución de las necesidades de espectro para soportar un volumen determinado de tráfico de usuario en una categoría de servicio concreta. Los avances técnicos asociados con la codificación de la fuente y el diseño de la antena, por ejemplo, han permitido lograr una mejora en la reutilización de frecuencias en los sistemas, lo que ha dado lugar a un incremento global de la eficacia en la utilización del espectro. Teniendo en cuenta la combinación de servicios que deben soportar las IMT-2000, la introducción de las técnicas de conmutación de paquetes y de tolerancia al retardo pueden también ayudar a mejorar dicha eficacia.

Se espera que estas mejoras en la utilización del espectro se incorporen a los sistemas de las IMT-2000. Ayudarán a compensar las necesidades adicionales de espectro provocadas por el incremento previsto en la demanda del tráfico de usuario, a causa de un aumento en el número de abonados, que puede estimularse por la disponibilidad de nuevos servicios. Estos factores han sido tenidos en cuenta en el desarrollo y aplicación de la metodología de cálculo del espectro.

5 Metodología recomendada

La Asamblea de Radiocomunicaciones de la UIT,

recomienda

1 que se utilice la siguiente metodología para el cálculo de los requisitos de espectro de frecuencias de la componente de satélite de las IMT-2000.

5.1 Consideraciones generales

El tráfico por satélite de las IMT-2000 punto a punto (P-P) se divide en dos categorías principales: tráfico de multimedios y tráfico de no multimedios. El tráfico de multimedios es el tráfico que supuestamente van a cursar los sistemas avanzados que soportan altas velocidades de transmisión de datos, haces puntuales estrechos y servicios de conmutación de paquetes. El tráfico no multimedios es el tráfico que supuestamente van a cursar los sistemas que soportan únicamente bajas velocidades de transmisión de datos, haces puntuales algo mayores y servicios con conmutación de circuitos. Aunque puede haber otros tipos de sistemas, por ejemplo sistemas con haces puntuales muy estrechos que soportan únicamente servicios de banda estrecha, se considera

que esta división es útil para representar el conjunto de tecnologías diferentes que cabe esperar se utilicen en el periodo de tiempo que abarca este estudio.

Para el tráfico multimedios, se supone que todo el tráfico se cursa en modo conmutación de paquetes y todos los servicios se multiplexan conjuntamente sobre las mismas portadoras. Éste es el medio más eficaz de cursar un volumen determinado de datos a través de una red. El tráfico de IMT-2000 (P-P) por satélite lo proporcionarían sistemas del servicio móvil por satélite. El tráfico de la multidifusión/radiodifusión lo proporcionarían los sistemas del SRS o del SMS.

Por otro lado, el tráfico no multimedios se divide en tres categorías de servicio: tráfico de datos a baja velocidad, mensajería y telefonía vocal. Se supone que cada uno de estos servicios se cursa por distintos tipos de portadora. Además del tráfico del SMS (P-P), también se presenta una metodología de cálculo para el tráfico multidifusión.

5.2 Descripción detallada

En los puntos siguientes se presentan las ecuaciones para el cálculo de las necesidades de espectro de los sistemas IMT-2000 por satélite que cursan tráfico multimedios (incluido el tráfico de difusión/multidifusión) y no multimedios, respectivamente. Si se consideran varios sistemas, los requisitos totales de espectro se calculan sumando los requisitos individuales de espectro de cada uno de los sistemas.

5.2.1 Tráfico multimedios

La ecuación básica necesaria para calcular las necesidades de espectro (S , MHz) para los servicios multimedios es la siguiente:

$$S = N_{haces} \cdot B \cdot \left\lceil \frac{T_{BH} \cdot 8000}{3600 \cdot eff \cdot R} \right\rceil \quad (1)$$

siendo:

- N_{haces} : número de haces de una agrupación de reutilización de frecuencias
- T_{BH} : tráfico de un haz en la hora cargada (en Mbytes)
- B : anchura de banda de la portadora (en MHz)
- eff : factor de eficacia que tiene en cuenta la carga media de cada portadora
- R : velocidad de transmisión de datos efectiva media de una portadora (kbit/s).

$\lceil \rceil$ significa redondeo al siguiente entero mayor, imprescindible para que el número de portadoras sea un entero.

Normalmente, las previsiones de tráfico se hacen para un cierto número de categorías de tráfico basándose en distintos entornos, tales como el aeronáutico, terrestre y marítimo, y en diferentes servicios, por ejemplo móvil, transportable y de vehículos. El tráfico en la hora cargada T_{BH} , se calcula añadiendo los requisitos de tráfico de todas estas categorías (véase la ecuación (2a)). Como la previsión de tráfico se expresa en Mbytes por mes (para el tráfico de datos) o en minutos por mes (por ejemplo, para el tráfico vocal) es necesario realizar la conversión de estas previsiones a Mbytes en la hora cargada. Esto se hace mediante las siguientes ecuaciones:

$$T_{BH} = \sum_i T_i \quad (2a)$$

$$T_i = \frac{T_{Mi} \cdot P_{BHi} \cdot P_{HSi} \cdot H_i}{MD_i \cdot N_{haces}} \quad (2b)$$

$$T_i = \frac{T_{Mi} \cdot 60 \cdot R_{VC} \cdot p_{BHi} \cdot p_{HSi} \cdot H_i}{8000 \cdot MD_i \cdot N_{haces}} \quad (2c)$$

siendo:

- T_{Mi} : previsión de tráfico global por mes por categoría de tráfico i ; si se expresa en Mbytes, se utiliza la ecuación (2b); si se expresa en minutos, se utiliza la ecuación (2c)
- R_{VC} : velocidad de codificación (kbit/s)
- p_{BHi} : porción de tráfico diurno en la hora cargada para la categoría de tráfico i
- p_{HSi} : porción de tráfico global en la agrupación de puntos calientes para la categoría de tráfico i
- H_i : factor de desplazamiento de la hora cargada (entre 0 y 1) para la categoría de tráfico i (véase el § 5.2.3)
- MD_i : relación de conversión de mes a día para la categoría de tráfico i
- N_{haces} : el número de haces de una agrupación de reutilización de frecuencias.

Cabe señalar que en estas ecuaciones se ha supuesto que el tráfico se distribuye uniformemente entre los haces de la agrupación de puntos calientes. Se trata de una simplificación que puede subestimar un tanto la necesidad de espectro.

Aplicación al tráfico de radiodifusión/multidifusión

El tráfico de radiodifusión/multidifusión es un caso particular del tráfico multimedios. Es necesario realizar algunas hipótesis:

En la ecuación (1):

- eff : igual a 1 en este caso, porque el tráfico de radiodifusión/multidifusión es un tráfico con carga completa
- T_{BH} : T es el tráfico multidifusión previsto (en Mbytes) para dar servicio a una zona del haz porque la noción de hora cargada no es pertinente en el caso de tráfico radiodifusión/multidifusión.

En consecuencia, se obtiene:

$$S = N_{haces} \cdot B \cdot \left\lceil \frac{T \cdot 8000}{3600 \cdot R} \right\rceil \quad (3)$$

En la ecuación (2b):

- T_M : tráfico global previsto por mes expresado en Mbytes
- p_{BH} : porción de tráfico diurno que se produce en la hora cargada (normalmente $p_{BH} = 1/24$)
- p_{HS} : igual a 1 en este caso porque el tráfico no depende del emplazamiento geográfico del usuario
- H : igual 1 porque el tráfico estará igualmente distribuido en el tiempo y la noción de hora cargada no es pertinente para el tráfico de radiodifusión
- MD : relación de conversión de mes a día (normalmente $MD = 30$ para el tráfico multidifusión)
- N_{haces} : es el número de haces en una agrupación de reutilización de frecuencias.

En consecuencia, se obtiene:

$$T = \frac{T_M \cdot p_{BH}}{MD \cdot N_{haces}} \quad (4)$$

5.2.2 Tráfico no multimedios

Como se menciona en el § 5.1, se consideran tres tipos de tráfico no multimedios: tráfico de datos a baja velocidad, mensajería y telefonía vocal, cada uno de los cuales se supone cursado por un tipo de portadora distinta. Los tres tipos de tráfico se designan mediante el subíndice i en las siguientes ecuaciones.

Para el tráfico no multimedios (conmutación de circuitos), se utiliza la fórmula Erlang-B para convertir el tráfico de hora cargada en Erlang al número necesario de circuitos, es decir:

$$S_i = N_{haces} \cdot ErlangB(T_{Erl,i}, GoS_i) \cdot B_i \quad (5)$$

siendo:

- N_{haces} : número de haces de una agrupación de reutilización de frecuencias
- $T_{Erl,i}$: tráfico de un haz en la hora cargada (Erlang) para el tipo de tráfico i
- GoS_i : grado de servicio (probabilidad de bloqueo) para el tipo de tráfico i
- B_i : anchura de banda de la portadora (MHz) para el tipo de tráfico i .

$$T_{Erl,i} = \frac{T_{M,i} \cdot H_i \cdot p_{HS,i} \cdot p_{BH,i} \cdot 8000}{N_{haces} \cdot MD_i \cdot R_i \cdot 60 \cdot 60} \quad (6a)$$

$$T_{Erl,i} = \frac{T_{M,i} \cdot H_i \cdot p_{HS,i} \cdot p_{BH,i}}{N_{haces} \cdot MD_i \cdot 60} \quad (6b)$$

siendo:

- $T_{M,i}$: previsión de tráfico global por mes para el tipo de tráfico i ; si se expresa en Mbytes, se utilizará la ecuación (6a), si se expresa en minutos, se utilizará la ecuación (6b)
- H_i : factor de desplazamiento de la hora cargada (entre 0 y 1) para el tipo de tráfico i (véase el § 5.2.3)
- $p_{BH,i}$: porción de tráfico diurno en la hora cargada para el tipo de tráfico i
- $p_{HS,i}$: porción del tráfico global en una agrupación de puntos calientes para el tipo de tráfico i
- MD_i : relación de conversión mes a día para el tipo de tráfico i
- N_{haces} : número de haces en una agrupación de reutilización de frecuencias
- R_i : velocidad de datos de la portadora para el tipo de tráfico i .

Así pues, la necesidad de espectro total para el tráfico no multimedios viene dada por la suma de las necesidades de los tres tipos de tráfico distintos, es decir:

$$S = \sum S_i \quad (7)$$

5.2.3 Comentarios adicionales sobre la obtención del tráfico en la hora cargada

En esta metodología se supone que las necesidades de tráfico vienen dadas en Mbytes o en minutos por mes. Para obtener el tráfico en la hora cargada, se utilizan los factores mes a día y día a hora cargada. Estos factores deben obtenerse basándose en consideraciones sobre las estadísticas de tráfico o sobre el comportamiento esperado del tráfico y la calidad de servicio, tales como la tolerancia al retardo de los distintos servicios.

Los cálculos del espectro deben realizarse para varias regiones del mundo; por ejemplo, las tres Regiones de la UIT. Para determinar las necesidades máximas de espectro en una región puede que sea necesario aplicar factores geográficos, dependiendo de la resolución de los datos de tráfico de entrada.

En el caso de tráfico no multimedios, como hay tres tipos de tráfico distintos, puede que no coincidan las horas cargadas de los distintos tipos de tráfico. Las necesidades de espectro deben calcularse en la hora cargada global. El factor de desplazamiento de la hora cargada, H , convierte el tráfico de la hora cargada de cada tipo de tráfico en el tráfico en la hora cargada global.
