

RECOMENDACIÓN UIT-R M.1390

**METODOLOGÍA PARA EL CÁLCULO DE LAS NECESIDADES DE ESPECTRO
TERRENAL DE LAS TELECOMUNICACIONES MÓVILES
INTERNACIONALES-2000 (IMT-2000)**

(1999)

Introducción

Las telecomunicaciones móviles internacionales-2000 (IMT-2000) son sistemas móviles de tercera generación cuya entrada en servicio está prevista hacia el año 2000, según lo que indique el mercado. Por medio de uno o varios radioenlaces, las IMT-2000 facilitarán el acceso a una amplia gama de servicios de telecomunicación admitidos por las redes de telecomunicación fijas (por ejemplo, la red telefónica pública conmutada (RTPC)/red digital de servicios integrados (RDSI)) y otros servicios específicos de los usuarios móviles.

Se dispone de diferentes tipos de terminales móviles, que enlazan con redes terrenales y/o redes por satélite, y los terminales pueden diseñarse para utilización móvil o fija.

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

- alto grado de uniformidad de diseño a escala mundial;
- compatibilidad de los servicios de las IMT-2000 entre sí y con las redes fijas;
- alta calidad;
- utilización de un terminal de bolsillo con capacidad itinerante mundial;
- capacidad para aplicaciones multimedia y una amplia variedad de servicios.

Las IMT-2000 vienen definidas por una serie de Recomendaciones de la UIT interdependientes, entre las que figura la presente Recomendación relativa a los servicios.

Las necesidades de espectro para la componente terrenal de las IMT-2000 se estimaron en el Informe UIT-R M.1153 con anterioridad a la CAMR-92. Se consideró que en aquella época los servicios vocales eran la principal fuente de tráfico. A medida que los adelantos tecnológicos proporcionen más capacidades de telecomunicaciones, los usuarios exigirán más de los servicios inalámbricos. Los futuros servicios inalámbricos deben admitir no sólo servicios vocales, sino también una amplia gama de servicios que atenderán una amplia gama de aplicaciones. Servicios tales como multimedia, acceso Internet, formación de imágenes y videoconferencias serán necesarios en los sistemas inalámbricos de tercera generación. En respuesta a estas nuevas aplicaciones, las IMT-2000 admitirán servicios de datos a velocidades elevadas. La prestación de los nuevos servicios descritos en la Recomendación UIT-R M.816 (Marco para los servicios que prestarán las IMT-2000) tiene repercusión en las necesidades de espectro de los sistemas IMT-2000.

Es necesario desarrollar una nueva metodología para la determinación de necesidades de espectro que puedan acomodar no sólo los nuevos servicios de las IMT-2000, sino las nuevas tecnologías de transmisión radioeléctrica que se están desarrollando.

Alcance

Esta Recomendación contiene una metodología para el cálculo de las estimaciones de las necesidades de espectro terrenal de las IMT-2000. Esta metodología podría también aplicarse a otros sistemas de radiocomunicaciones móviles terrestres públicas. Presenta un planteamiento sistemático que incorpora influencias geográficas, repercusiones del mercado y del tráfico, aspectos técnicos y de los sistemas y consolidación de los resultados de necesidades de espectro. La metodología es aplicable a las tecnologías de transmisión radioeléctrica con conmutación de circuitos y con conmutación de paquetes, y puede acomodar servicios caracterizados por flujos de tráfico asimétricos¹⁾.

1) El apéndice 1 incluye un ejemplo de la aplicación de la metodología.

La Asamblea de Radiocomunicaciones de la UIT,

considerando

- a) que el Reglamento de Radiocomunicaciones (RR) ha identificado las bandas 1 885-2 025 MHz y 2 110-2 200 MHz como bandas destinadas a su utilización, a nivel mundial, por las administraciones que desean introducir las IMT-2000, como se indica en RR S5.388, y en la Resolución 212 (Rev.CMR-97);
- b) que se cree que las primeras realizaciones de las IMT-2000 comenzarán hacia el año 2000, a reserva de consideraciones relativas al mercado;
- c) que las bandas identificadas en el *considerando* a) se utilizan de manera diferente en diversos países;
- d) que la combinación de tráfico y servicios transportada por los sistemas IMT-2000 puede variar de un país a otro, y también dentro de cada país. En algunas partes del mundo puede necesitarse espectro adicional, mientras que en otras las bandas de frecuencia identificadas en el *considerando* a) podrían ser adecuadas para satisfacer las demandas presentes y futuras de servicios IMT-2000;
- e) la necesidad de admitir el funcionamiento de terminales IMT-2000 en diferentes marcos reglamentarios;
- f) que las diversas tecnologías de acceso radioeléctrico que pueden ser apropiadas para las IMT-2000 pueden tener diferentes necesidades de anchura de banda de canal, y por tanto repercusión variable en las posibilidades básicas de utilización de frecuencias;
- g) que continuará creciendo el tráfico cursado por sistemas móviles así como el número y diversidad de los servicios;
- h) que los sistemas futuros pueden incluir la utilización de una amplia gama de tipos de células, desde células de interiores hasta células por satélite, que deben poder coexistir en una ubicación dada;
- j) que las IMT-2000 ofrecerán servicios a velocidades de datos superiores a las de los anteriores sistemas a fin de satisfacer las crecientes demandas de los clientes, lo cual podría crear una demanda de espectro superior a la anteriormente estimada;
- k) que la eficacia de utilización del espectro exige la consideración de los equilibrios entre los costes de los sistemas IMT-2000 y la anchura de banda necesaria;
- l) que la metodología del anexo 1 se considera suficientemente flexible para aplicarla a una visión mundial o a las necesidades específicas de los mercados regionales en materia de espectro terrenal,

recomienda

- 1 que la metodología para el cálculo de las necesidades de espectro IMT-2000 terrenal especificadas en el Anexo 1 deben ser utilizadas por las administraciones como base para efectuar cálculos de las estimaciones de las futuras necesidades de espectro terrenal IMT-2000;
- 2 que la metodología del anexo 1 podría también considerarse para el cálculo de las estimaciones de espectro terrenal de otros sistemas de radiocomunicaciones móviles terrestres públicas, y que se alienta encarecidamente su utilización.

ANEXO 1

Metodología de las necesidades de espectro regional de las IMT-2000

1 Sinopsis de la metodología terrenal

Se presenta a continuación la metodología para la determinación de las necesidades de espectro terrenal. Esta metodología permite el cálculo de estimaciones de espectro que sustenten los servicios de comunicaciones móviles del presente y del futuro. La fórmula para esta estimación es la de la ecuación 1.

Esta metodología es consecuente con la visión mundial de las IMT-2000, y también con los servicios presentados en la Recomendación UIT-R M.816: «Marco para los servicios que prestarán las IMT-2000». La metodología es suficientemente flexible para aplicarla a una visión mundial del espectro necesario o a las necesidades específicas de los mercados regionales.

El fundamento de esta metodología consiste en determinar las necesidades individuales de espectro de todas las combinaciones representativas de entornos y servicios concretos (F_{es}) en una zona geográfica determinada, y combinar entre sí el conjunto de necesidades individuales F_{es} para obtener una estimación de las necesidades de espectro componente terrenal total, $F_{Terrestrial}$ empleando factores de ponderación apropiados (α_{es}) para la suma. El factor (α_{es}) tiene en cuenta la influencia de los servicios concurrentes en una determinada zona geográfica. Se dispone de un factor de ajuste adicional (β) para aplicar a la suma compuesta a fin de tener en cuenta influencias tales como múltiples operadores, compartición del espectro y otras.

La estimación de una necesidad de espectro durante muchos años en el futuro no es un cálculo exacto. En particular, la metodología presentada en este documento no pretende incluir los efectos de segundo o tercer orden, sino que más bien los cálculos recogen las influencias de primer orden significativas que son los factores primarios en el espectro terrenal necesario.

El espectro necesario ($F_{Terrestrial}$) en MHz es:

$$F_{Terrestrial} = \beta \sum \alpha_{es} F_{es} = \beta \sum \alpha_{es} T_{es}/S_{es} \quad (1)$$

donde «e» y «s» son subíndices que indican dependencia de los entornos y de los servicios, respectivamente.

Por tanto, $F_{Terrestrial}$ es el espectro total requerido obtenido como suma ponderada de los distintos F_{es} coexistentes en la misma zona geográfica para todos los entornos «e» y servicios «s» considerados relevantes, ajustados para influencias tales como compartición del espectro con múltiples operadores,

donde:

$F_{Terrestrial}$	= Necesidad de espectro de componente terrenal	Unidades: MHz
T_{es}	= Tráfico/célula _{es}	Unidades: Mbit/s/célula
S_{es}	= Capacidad del sistema	Unidades: Mbit/s/MHz/célula
α_{es}	= Factor de ponderación	Unidades: sin dimensiones
β	= Factor de ajuste	Unidades: sin dimensiones

La ecuación 1 sirve para servicios con conmutación de paquetes o de circuitos, y considera la simetría de tráfico en los sentidos enlace ascendente y descendente. Cada uno de los factores de la ecuación 1 se definirá más detenidamente en los puntos que siguen.

Los cálculos, parámetros y definición de los distintos datos de la metodología se dividen en cuatro categorías y sirven para agrupar a aspectos similares de la metodología en subunidades:

- A** Consideraciones geográficas,
- B** Consideraciones de mercado y de tráfico,
- C** Consideraciones técnicas y del sistema,
- D** Consideraciones de resultados de espectro.

En el apéndice 1 se incluye un ejemplo de cómo se aplica la metodología. Este ejemplo se basa en un subconjunto representativo de entornos y servicios. El ejemplo se calcula con valores de parámetros estimados a partir de investigaciones del mercado de los servicios de comunicaciones móviles terrestres públicas, incluidas las IMT-2000, y con valores de parámetros técnicos estimados de tecnologías de transmisión radioléctrica IMT-2000, para el año 2010.

No debe considerarse que los resultados presentados en este ejemplo dan una respuesta a la cuestión de las futuras necesidades de espectro de los servicios de comunicaciones móviles terrestres públicas, incluidas las IMT-2000, ya que no se han considerado en el ejemplo todos los entornos y servicios que harían el ejemplo completo. No obstante, el ejemplo considera todos los entornos y servicios necesarios para tratar suficientemente todos los aspectos de la metodología.

2 Flujograma de la metodología

El texto que sigue presenta la metodología en formato de «flujograma» con una enumeración secuencial de los pasos, divididos entre las cuatro subcategorías. Los puntos siguientes de este documento proporcionan información detallada y descripción de los términos, parámetros y cálculos efectuados²⁾.

A Consideraciones geográficas

A1 Seleccionar «e»

«e» – tipo de entorno: selecciona densidad y movilidad.

Estos entornos se definen por una combinación de un atributo de densidad y un atributo de movilidad considerados conjuntamente, y se muestran en la matriz siguiente:

Movilidad	En interiores	Peatonal	Vehicular
Densidad			
Urbana densa (CBD)			
Urbana			
Suburbana			
Rural			

Por ejemplo, «urbana densa, en interiores» podría tener un valor de «e».

A2 Seleccionar sentido de cálculo

Enlace ascendente (de la estación móvil a la estación de base) o descendente (de la estación de base a la estación móvil).

A3 Establecer superficie y geometría representativas de la célula **Unidades: metros**

Diámetro en caso de geometría de la célula omnidireccional circular; radio del vértice en caso de geometría de célula hexagonal sectorial.

A4 Calcular superficie de la célula A_e **Unidades: km²**

Cell_Area_e

B Consideraciones de mercado y de tráfico

B1 Seleccionar «s»

s – tipo de servicio: selecciona el tipo de servicio y por tanto la velocidad binaria neta del usuario (Net_User_Bit_Rate_s) (kbit/s).

2) El convenio matemático de describir una función compleja como un nombre de función y una lista de parámetros de entrada se utiliza en varias partes de este documento. Se presenta como sigue:

Función {parámetro1,... parámetro2,..., parámetroN}.

B2 Establecer densidad de población (Population_Density_e) **Unidades: usuarios potenciales/km²**

B3 Establecer nivel de penetración (Penetration_Rate_{es}) **Unidades: %**

B4 Calcular usuarios/célula (Users_Cell_{es}) **Unidades: usuarios**

$$\text{Users/Cell}_{es} = \text{Population_Density}_e * \text{Penetration_Rate}_{es} * \text{Cell_Area}_e$$

B5 Establecer parámetros de tráfico

Intentos de llamada en la hora cargada (Busy_Hour_Call_Attempts_{es})

Unidades: llamadas en la hora cargada

Duración efectiva de la llamada (Effective_Call_Duration_{es})

Unidades: segundos

Factor de actividad (Activity_Factor_{es})

Unidades: sin dimensiones

B6 Calcular tráfico/usuario (Traffic/User_{es})

Unidades: segundos-llamada

$$\text{Traffic/User}_{es} = \text{Busy_Hour_Call_Attempts}_{es} * \text{Call_Duration}_{es} * \text{Activity_Factor}_{es}$$

(Nota - Puede expresarse en Erlangs, donde un Erlang = segundos-llamada/3 600).

B7 Calcular tráfico ofrecido/célula (Offered_Traffic/Cell_{es})

Unidades: segundos-llamada/célula

$$\text{Offered_Traffic/Cell}_{es} = \text{Traffic/User}_{es} * \text{Users/Cell}_{es}$$

(Nota – Puede expresarse en Erlangs, donde un Erlang = segundos-llamada/3 600).

B8 Establecer parámetros de función calidad de servicio (Quality_of_Service_Function_{es})

Unidades: variadas

Tamaño de grupo (Group_Size_{es});

Criterios de bloqueo (Blocking Criteria_s) {Fórmula y grado de servicio para conmutación de circuitos; fórmula y retardo (delay) para conmutación de paquetes}.

C Consideraciones técnicas y del sistema

C1 Calcular número de canales de servicio/célula (Service_Channels/Cell_{es}) necesarios para transportar tráfico ofrecido/célula (Offered_Traffic/Cell_{es})

Unidades: ninguna

$$\text{Service_Channels/Cell}_{es} = \frac{(\text{Quality_of_Service_Function}_s \{ \text{Offered_Traffic/Cell}_{es} * \text{Group_Size}_{es}; \text{Blocking_Criteria}_s \})}{\text{Group_Size}_{es}}$$

C2 Determinar velocidad binaria de canal de servicio (Service_Channel_Bit_Rate_{es}) necesaria para transportar velocidad binaria neta de usuario (Net_User_Bit_Rate_s) **Unidades: kbit/s**

C3 Calcular tráfico (Traffic_{es}) **Unidades: Mbit/s/célula**

$$T_{es} = \text{Service_Channels/Cell}_{es} * \text{Service_Channel_Bit_Rate}_{es}$$

(Nota – Conversión a Mbit/s a partir de kbit/s.)

C4 Determinar parámetros de capacidad neta del sistema (Net_System_Capability_{es}) **Unidades: variadas**

Eficacia espectral del sistema; factor de codificación; factor de tara (Overhead Factor); modelo de despliegue; y otros factores.

C5 Calcular capacidad neta del sistema (Net_System_Capability_{es}) **Unidades: Mbit/s/MHz/célula**

S_{es} = Función de {eficacia espectral; factor de codificación; factor de tara; modelo de despliegue, y otros factores}.

D Consideraciones de resultados de espectro

D1 Calcular componente F_{es} individual en un sentido

(La respuesta corresponderá al sentido de cálculo elegido: enlace ascendente o descendente.)

$F_{es} = T_{es}/S_{es}$ (enlace ascendente o descendente) **Unidades: MHz**

D2 Repetir proceso de cálculo en sentido contrario (enlace descendente o ascendente, según corresponda)

Repetir los pasos A2 a D1.

D3 Calcular F_{es} para el servicio «s», combinando componentes de enlace ascendente y descendente

$F_{es} = (F_{es} \text{ de enlace ascendente} + F_{es} \text{ de enlace descendente})$. **Unidades: MHz**

D4 Repetir proceso (pasos A1 a D3) para todos los «e», «s» deseados

D5 Determinar factor de ponderación aplicable a cada F_{es} individual: α_{es} **Unidades: ninguna**

D6 Determinar factor(es) de ajuste: β **Unidades: ninguna**

D7 Calcular valor de espectro $F_{\text{Terrestrial}}$ total final **Unidades: MHz**

$$F_{\text{Terrestrial}} = \beta \sum \alpha_{es} F_{es}$$

3 Descripción detallada de la metodología

A Consideraciones geográficas

A1 Entorno

El punto inicial para la consideración de las necesidades de espectro terrenal es determinar las características de las células que utilizará el sistema. El sistema operará en una variedad de entornos, con diversas combinaciones de densidad y movilidad. A continuación se presenta una tabla de posibles entornos, aunque no se ha dado ninguna indicación de qué entornos concretos deben considerarse. Se estima que la matriz que sigue es suficientemente flexible para tratar la mayoría de las situaciones encontradas en el despliegue de un sistema de radiocomunicaciones móviles terrestres públicas.

El subíndice variable «e» representa el entorno para el cual se efectúa el cálculo, y el entorno es definido por una combinación de un atributo densidad y un atributo de movilidad considerados conjuntamente, que se muestran en la matriz siguiente:

Movilidad	En interiores	Peatonal	Vehicular
Densidad			
Urbana densa (CBD)			
Urbana			
Suburbana			
Rural			

Por ejemplo, «urbana densa, en interiores» podría tener un valor de «e».

Es evidente que algunos de estos entornos pueden superponerse (geográficamente), en tanto que otros pueden estar separados. En el cálculo del espectro total necesario para las IMT-2000, será necesario determinar el espectro máximo que podría necesitarse de manera realista en cualquier zona. Se prevé que no se necesitarán todas las combinaciones (valores de «e») y en la mayoría de los casos sólo necesitarán considerarse unas pocas combinaciones. Por ejemplo, «urbana densa, vehicular» como valor de «e» puede no necesitarse en la práctica en algunos cálculos. Por tanto, la primera etapa de la metodología es determinar los entornos que podrían coexistir, y cuáles originarían la máxima demanda de espectro total.

En la práctica se tratará de una combinación de entornos urbano denso y urbano. El método para determinar el espectro total necesario se aplica pues a cada uno de los miembros de este conjunto de entornos superpuestos.

A2 Seleccionar sentido de cálculo

Enlace ascendente (de la estación móvil a la estación de base) o enlace descendente (de la estación de base a la estación móvil).

Las cifras de tráfico y de espectro en los pasos A2 a D1 se calculan por separado para los sentidos enlace ascendente y enlace descendente, debido a la asimetría de tráfico en algunos servicios. El espectro necesario para cualquier F_{es} es la suma de las necesidades en uno y otro sentido.

A3 Establecer superficie y geometría representativas de la célula

Para cada uno de los entornos «e» identificados en A1, han de establecerse la superficie y geometría de la célula. Ejemplos típicos serían un círculo o un hexágono, cualquiera de los cuales podría considerarse en su conjunto o podría dividirse en sectores. Es posible que, por razones operacionales, diferentes entornos utilicen células con geometría diferente, y ciertamente puede haber una gama de tamaños de células.

A4 Calcular superficie de la célula (Cell_Area_e)**Unidades: km²**

Una vez identificada la geometría y dimensiones de la célula para cada entorno, es necesario calcular la superficie de la célula.

Por ejemplo:

Para una célula circular, $Cell_Area_e = \pi R^2 = \pi D^2/4$

Donde: R = radio del círculo.

D = diámetro del círculo.

Para una célula hexagonal, $Cell_Area_e = (3/2) * (\sqrt{3}) * R^2$

Donde: R = radio (al vértice) del hexágono.

Para una célula que es un sector de un círculo/hexágono, la superficie que debe utilizarse (Cell_Area_e) es la superficie del sector, y puede ser suficiente dividir la superficie del círculo/hexágono completo para obtener la superficie del sector.

Pueden utilizarse otras geometrías de célula y fórmulas correspondientes para calcular la superficie.

B Consideraciones de mercado y de tráfico**B1 Seleccionar «s»**

«s» – tipo de servicio: selecciona el tipo de servicio y por tanto la velocidad binaria neta del usuario (Net_User_Bit_Rate_s) (kbit/s)

Para un determinado servicio de radiocomunicaciones móviles terrestres públicas hay un conjunto de servicios que se ofrecen. Seleccionando un tipo de servicio «s» se elige un determinado servicio de ese conjunto para fines de cálculo.

Por ejemplo, en las IMT-2000, un conjunto de servicios razonable (la gama de «s») podría ser:

- Conversación (conmutación de circuitos)
- Mensaje simple (conmutación de paquetes)
- Datos conmutados (conmutación de circuitos)
- Multimedia de medio nivel (conmutación de paquetes)
- Multimedia de alto nivel (conmutación de paquetes)
- Multimedia interactivos de alto nivel (conmutación de paquetes)

B2 Establecer densidad de población (Population_Density_e)**Unidades: usuarios potenciales/km²**

Para cada entorno considerado, es también necesario determinar una densidad de población. Será una cifra básica indicativa del número de personas por unidad de superficie en el entorno considerado.

Ubicaciones geográficas similares pueden tener densidades de población diferentes en función del componente movilidad. Por ejemplo, un entorno urbano-peatonal puede tener una densidad de población de 100 000 usuarios/km², pero la misma área podría tener una densidad urbana vehicular de más de 3 000 usuarios/km².

B3 Establecer nivel de penetración (Penetration_Rate_{es})**Unidades: %**

Este parámetro es la relación del número de abonados al servicio «s» de la población total, en el entorno «e».

Debe señalarse que el uso de cada servicio no es exclusivo. Cada nivel de penetración (Penetration_Rate_e) designa la penetración de ese servicio como proporción de la base total de usuarios potenciales. Como los usuarios pueden utilizar más de un servicio, es posible que la penetración *total* en un entorno (en todos los servicios) sea superior a un (100%) si una elevada proporción de usuarios están utilizando más de un servicio.

B4 Calcular usuarios/célula (Users/Cell_{es})

Este parámetro es dependiente de la densidad de población y de la superficie de la célula para cada entorno «e» y del nivel de penetración del servicio «s» y del entorno «e».

Representa el número de abonados efectivos al servicio «s» en una célula del entorno «e».

$$\text{Users/Cell}_{es} = \text{Population_Density}_{es} * \text{Penetration_Rate}_{es} * \text{Cell_Area}_e$$

B5 Establecer parámetros de tráfico

Para cada servicio, en cada entorno, deben establecerse los siguientes parámetros:

Intentos de llamadas en la hora cargada (*Busy_Hour_Call_Attempts_{es}*)

Unidades: número de llamadas en la hora cargada

Se define como el número de llamadas intentadas para el usuario medio durante la hora cargada. Debe señalarse que estas llamadas pueden originarse desde el usuario o desde la red. No se hace distinción aquí entre estas dos fuentes, teniendo que ser el mismo el resultado en términos de recurso necesario. Este parámetro es autosuficiente para los servicios con conmutación de circuitos, y para los servicios con conmutación de paquetes una llamada se entiende como una sesión.

Duración de la llamada (*Call_Duration_{es}*)

Unidades: segundos

Este parámetro se define como la duración media efectiva de la llamada o de la sesión durante la hora cargada.

Factor de actividad (*Activity_Factor_{es}*)

Unidades: sin dimensiones

Se define como el porcentaje de tiempo durante el cual el recurso es efectivamente utilizado durante la llamada. Por ejemplo, si se transmite voz solamente si el usuario habla, o si una transmisión de paquete se hace por ráfagas, la transmisión sólo es activa durante un tiempo relativamente pequeño.

B6 Calcular tráfico/usuario (Traffic/User_{es})

Unidades: segundos-llamada

Este parámetro se define como la probabilidad de que el usuario esté «descolgado» y activo en la hora cargada para una llamada con conmutación de circuitos o una sesión con conmutación de paquetes. Se define evidentemente en Erlangs (segundos-llamada/3 600) en los servicios con conmutación de circuitos, y en los servicios con conmutación de paquetes tiene la unidad equivalente de actividad relativa media en un periodo de referencia de la hora cargada.

$$\text{Traffic/User}_{es} = \text{Busy_Hour_Call_Attempts}_{es} * \text{Call_Duration}_{es} * \text{Activity_Factor}_{es}$$

B7 Calcular tráfico ofrecido/célula (Offered_Traffic/Cell_{es})

Unidades: segundos-llamada

Es el tráfico total emitido en una determinada célula del entorno «e» para el servicio «s» durante la hora cargada.

$$\text{Offered_Traffic/Cell}_{es} = \text{Traffic/User}_{es} * \text{Users/Cell}_{es}$$

Se define evidentemente en Erlangs (segundos-llamada/3 600) en los servicios con conmutación de circuitos, y en los circuitos con conmutación de paquetes tiene la unidad equivalente de actividad relativa media en un periodo de referencia de la hora cargada.

B8 Establecer parámetros de función calidad de servicio (Quality_of_Service_Function_{es}) (QOS_{es})

Unidades: variadas

Parámetros necesarios:

Tamaño de grupo (*Group_Size_{es}*)

Criterios de bloqueo (*Blocking Criteria_s*) (Fórmula y bloqueo para conmutación de circuitos)

o

Criterios de bloqueo (*Blocking Criteria_s*) (Fórmula y retardo para conmutación de paquetes)

Discusión de aspectos de calidad de servicio

Las capacidades de canal portador se caracterizan en forma de parámetros indicativos de la calidad de servicio y del grado de servicio. Establecer valores del parámetro función calidad de servicio ($Quality_of_Service_Function_{es}$) ($Quality_of_Service_Function_s$ se utiliza genéricamente para aplicarse a la calidad de servicio y también al grado de servicio) repercute directamente en el número de recursos de canal de servicio que se necesitan para transportar los trenes de velocidad binaria neta de usuario ($User_Net_Bit_Rate_s$).

Estos parámetros son necesarios para determinar la cantidad efectiva de recurso que se necesita para transportar el tráfico emitido desde la célula. En los servicios con conmutación de circuitos, el parámetro necesario es bloqueo aceptable, porcentaje máximo de llamadas que no pueden ser tratadas por la red.

En los servicios con conmutación de paquetes, la calidad de servicio se define en forma de máximo retardo de paquetes y probabilidad de pérdida de paquetes. Los valores aceptables de estos parámetros deben establecerse para un determinado tipo de servicio ($Service_Type$) «s».

El caudal de un sistema con conmutación de paquetes es dependiente de la elección de un protocolo de acceso múltiple adecuado (por ejemplo, Aloha, PMRA, etc.). Dado un determinado protocolo, puede determinarse el caudal total para un determinado $Service_Type$ «s» por aplicación de un modelo de tráfico adecuado y una $Quality_of_Service_Function_{es}$ de paquetes apropiada.

Los modelos de tráfico para la conmutación de paquetes son dependientes de muchos parámetros, algunos de los cuales podrían incluirse en la variable capacidad neta del sistema ($Net_System_Capability_{es}$). Algunos ejemplos de parámetros de tráfico con conmutación de paquetes son:

- tiempos de llegada estadísticos de diversas sesiones;
- números de ráfagas de paquetes por sesión;
- tiempos de llegada de las ráfagas de paquetes dentro de una sesión;
- estadísticas de tamaño de paquetes.

Los valores de los parámetros citados son también dependientes del $Service_Type$ «s». Cuando una sesión consta de múltiples servicios, debe utilizarse un modelo de tráfico combinado.

La función necesaria que se utiliza para el cálculo de $Quality_of_Service_Function_{es}$ relativa al número de canales de servicio es un asunto que depende de la elección de la función apropiada para hacer concordar el $Service_Type$ «s» seleccionado. Por ejemplo, Erlang B con un valor de bloqueo de cierto porcentaje (por ejemplo un bloqueo del 2%) ha sido tradicionalmente utilizado para conversación (conmutación de circuitos) y puede ser una elección apropiada que aplicar en la determinación del espectro asociado con el tipo de servicio vocal. Otras funciones que se tratan previamente, que describen la $Quality_of_Service_Function_{es}$ apropiada a la conmutación de paquetes se utilizarían en los cálculos de los tipos de servicios por paquetes.

Teniendo en cuenta que las tecnologías de transmisión radioeléctrica y las instalaciones de sistemas pueden proporcionar alguna medida de la «compartición» o el «redireccionamiento» del tráfico entre células adyacentes (quizá en disposiciones jerárquicas o de otra índole), es apropiado considerar el tráfico y la $Quality_of_Service_Function_{es}$ dentro de un agrupamiento de células.

El término $Group_Size_{es}$ se utiliza para describir el número de células que se considera que han de agruparse con fines de aplicación del tráfico y de la $Quality_of_Service_Function_{es}$. El $Group_Size_{es}$ no implica ninguna geometría determinada, aunque un ejemplo podría ser una rejilla de células hexagonales regular que origine un $Group_Size_{es}$ de siete, valor resultante de la célula en cuestión y de las seis primeras células circundantes.

Esencialmente, el $Traffic/Cell_{es}$ se multiplica por el $Group_Size_{es}$ y la función $Blocking_Criteria_s$ aplicada sobre este agrupamiento. Entonces, para obtener los $Service_Channels/Cell_{es}$, el $Group_Size_{es}$ se divide para restablecer los valores por células.

Este paso de cálculo tiene como consecuencia cierta reducción en el número de $Service_Channels/Cell_{es}$ considerando alguna mejora de la eficacia en la dispersión de tráfico o en un agrupamiento geográfico. Hasta el punto que el agrupamiento y/o compartición de tráfico a través de células geográficamente agrupadas se incluye en el parámetro $System_Capability_{es}$, el $Group_Size_{es}$ debe fijarse al valor uno y el cálculo de la función $Blocking_Criteria_s$ efectuarse sobre el tráfico en una única célula.

Análogamente, si los efectos de una $Quality_of_Service_Function_{es}$ son incluidos en el parámetro $System_Capability_{es}$, la función $Blocking_s$ debe entonces fijarse a un valor de uno, lo que en principio, también exige que el valor del $Group_Size_{es}$ se fije a la unidad.

C Consideraciones técnicas y del sistema

C1 Calcular número de canales de servicio por célula (Service_Channels/Cell_{es}) necesarios para transportar tráfico ofrecido/célula (Offered_Traffic/Cell_{es})

Unidades: ninguna

El cálculo del número de Service_Channels/Cell_{es} es una función compleja que exige la utilización de los parámetros considerados anteriormente:

$$\text{Service_Channels/Cells}_{es} = (\text{QOS}_{es} \{ \text{Offered_Traffic/Cell}_{es} * \text{Group_Size}_{es}; \\ \text{Blocking Criteria}_s \}) / \text{Group_Size}_{es}$$

Service_Channels/Cell_{es} es el número efectivo de «canales» que deben disponerse para transportar el tráfico previsto. Un canal de servicio es un canal que necesita que se le transporte la correspondiente Net_User_Bit_Rate_s para el servicio seleccionado «s».

En términos generales, una facilidad de transmisión física ofrece una velocidad binaria física correspondiente, que puede subdividirse en varios ramales de transmisión a subvelocidades, cada uno de los cuales puede sustentar cierto número de canales de servicio.

C2 Determinar velocidad binaria de canal de servicio (Service_Channel_Bit_Rate_{es}) necesaria para transportar velocidad binaria neta de usuario (Net_User_Bit_Rate_s)

Unidades: kbit/s

Debido a la modularidad de la velocidad binaria del canal de servicio, es posible que la Service_Channel_Bit_Rate_{es} pueda ser igual o mayor que la correspondiente Net_User_Bit_Rate_{es}. Ejemplo de esto sería una Service_Channel_Bit_Rate_{es} de 16 kbit/s para transportar una Net_User_Bit_Rate_s de 14 kbit/s o una Service_Channel_Bit_Rate_{es} de 80 kbit/s para transportar una Net_User_Bit_Rate_s de 64 kbit/s.

La Service_Channel_Bit_Rate_{es} puede también incluir las repercusiones relacionadas con los factores de codificación y la tara de canal. En la medida que la velocidad binaria efectiva del canal de servicio, los factores de codificación y las repercusiones de la tara de canal no están incluidas en la Net_System_Capability_{es}, deben incluirse aquí. Ignorando cualesquiera factores relativos a la Service_Channel_Bit_Rate_{es} que la hagan ser mayor que la Net_User_Bit_Rate_s, la Service_Channel_Bit_Rate_{es} es simplemente igual a la Net_User_Bit_Rate_s.

C3 Calcular tráfico (Traffic_{es})

Unidades: Mbit/s/célula

(Nota – Conversión a Mbit/s a partir de kbit/s.)

$$T_{es} = \text{Service_Channels/Cell}_{es} * \text{Service_Channel_Bit_Rate}_{es}$$

En esta fase, se ha calculado el total de tráfico para todos los factores representados por el entorno, tipo de servicio, sentido de transmisión seleccionado, geometría de la célula, aspectos de calidad de servicio, eficacia de tráfico a través de un grupo de células, y necesidades de velocidad binaria de canal de servicio.

C4 Capacidad neta del sistema (Net_System_Capability_{es}) (S_{es})

Unidades:
Mbit/s/MHz/célula

(Una expresión equivalente para bits/s/Hz/célula)

Determinar los parámetros de Net_System_Capability

Unidades: variadas

S_{es} es una medida de la capacidad de un sistema de una determinada tecnología. Está relacionada con la eficacia espectral de los sistemas de comunicación móvil, pero contiene muchos otros factores. S_{es} tiene la dimensión unidad de Mbit/s/MHz/célula, que es un equivalente directo de bits/s/Hz/célula. Net_System_Capability_{es} no es la misma que la eficacia espectral de la tecnología de transmisión radioeléctrica. Está compuesta por cierto número de efectos que se combinan de una manera compleja apropiada a la tecnología de transmisión radioeléctrica y al tipo de servicio «s» y de entorno «e». A menudo, los valores necesarios para determinar la Net_System_Capability_{es} se obtienen de los resultados de complejas simulaciones del sistema.

Entre los componentes principales de la $Net_System_Capability_{es}$ pueden figurar los siguientes:

- 1) Diseño de tecnología de transmisión radioeléctrica o repercusiones de ingeniería, que incluyen de manera no exhaustiva:
 - eficacia espectral física de la tecnología de acceso utilizada;
 - necesidades de una E_b/N_0 específica;
 - necesidades de una C/I específica;
 - necesidades de un plan de reutilización de frecuencias específico;
 - factores de codificación utilizados por la tecnología de transmisión radioeléctrica;
 - factores de tara utilizados por la tecnología de transmisión radioeléctrica;
 - entorno - interiores, exteriores, estacionario, peatonal, vehicular.
- 2) Modelos de despliegue y técnica de despliegue, incluidas microcélulas, macrocélulas, células jerárquicas, o células con superposición, etc.

Se desprende por tanto que existe un compromiso entre la $Net_System_Capability_{es}$ y la calidad o grado de servicio.

C5 Calcular capacidad neta del sistema ($Net_System_Capability_{es}$)

S_{es} = Función de {eficacia espectral, factor de codificación, factor de tara, modelo de despliegue, y otros factores}

Este cálculo se efectúa utilizando los valores y parámetros antes citados en función de funciones de combinación apropiadas.

D Consideraciones de resultados de espectro

D1 Calcular componente F_{es} individual en un sentido

- enlace ascendente (de la estación móvil a la estación de base), o
- enlace descendente (de la estación de base a la estación móvil).

La cantidad de espectro necesario para un servicio y entorno dados, en un sentido dado, se determina dividiendo el $Traffic_{es}$ (determinado en § C3) por la $Net_System_Capability_{es}$ (determinada en § C4).

$$F_{es} = T_{es}/S_{es} \text{ (enlace ascendente o descendente)}$$

Unidades: MHz

D2 Repetir proceso de cálculo en sentido contrario (enlace descendente o ascendente, según corresponda)

Repetir los pasos A2 a D1 en sentido contrario (si no se ha calculado antes).

D3 Calcular F_{es} para el servicio «s», combinando componentes de enlace ascendente y descendente

La cantidad total de espectro necesario para un determinado servicio y entorno se determina directamente añadiendo el espectro necesario para los componentes de enlace ascendente y descendente.

$$F_{es} = (F_{es} \text{ de enlace ascendente} + F_{es} \text{ de enlace descendente})$$

Unidades: MHz

D4 Repetir proceso (pasos A1 a D3) para todos los «e», «s» deseados

Repetir los pasos A1 a D3 para cada combinación de «e» y «s» que se considere.

D5 Determinar factor de ponderación (α_{es}) aplicable a cada F_{es} individual**Unidades: ninguna**

El factor de ponderación (α_{es}) proporciona ponderación apropiada en los cálculos de las necesidades de espectro e incluye lo siguiente:

- ponderación para ajustarse a los desplazamientos geográficos en entornos superpuestos;
- ponderación para corregir necesidades de tráfico de hora cargada no simultáneas.

El valor de α_{es} puede variar de cero a la unidad, y el valor por defecto es 1.

D6 Determinar factor de ajuste (β)**Unidades: ninguna**

El factor de ajuste (β) tiene en cuenta repercusiones tales como:

- múltiples operadores (concentración de enlaces/eficacia espectral reducidas);
- compartición con otros servicios/sistemas IMT-2000;
- compartición con otros servicios/sistemas no IMT-2000;
- bandas de guarda;
- modularidad de la tecnología. Por ejemplo, si una tecnología utiliza canales dúplex por división de frecuencia (DDF) de 10 MHz, las necesidades serán necesariamente un factor entero de 20 MHz;
- otros ajustes a justificar.

El factor de ajuste es una aproximación a través de las repercusiones de los entornos «e», servicios «s» y otras influencias. El factor por defecto para β es 1, y otros valores deben estar técnicamente justificados.

D7 Calcular valor de espectro $F_{\text{Terrestrial}}$ total final**Unidades: MHz**

Para cada entorno y servicio, cada F_{es} se multiplica por α_{es} , y a continuación se suman juntos los productos individuales. El resultado de la suma se multiplica por el factor de ajuste (β) para obtener el espectro terrenal total necesario $F_{\text{Terrestrial}}$.

$$F_{\text{Terrestrial}} = \beta \sum \alpha_{es} F_{es} \quad \text{MHz}$$

APÉNDICE 1**Ejemplo de cálculos**

Este ejemplo orienta sobre la aplicación de la metodología detallada en §§ 2 y 3 del anexo 1.

El ejemplo se calcula con valores de parámetros estimados en investigaciones del mercado de servicios de comunicaciones móviles terrestres públicas, incluidas las IMT-2000, y con valores de parámetros técnicos estimados de tecnologías de transmisión radioeléctrica IMT-2000, con la vista puesta en el año 2010. No debe considerarse que los resultados de este ejemplo dan respuesta a la cuestión de las futuras necesidades de espectro de los servicios de comunicaciones móviles terrestres públicas, incluidas las IMT-2000, ya que no han podido incluirse en el ejemplo todos los entornos y servicios que deben considerarse para obtener una visión completa.

El examen de los entornos y servicios revela que existen potencialmente doce valores del subíndice «e» y seis valores del subíndice «s» que son contribuyentes principales representativos de una necesidad de espectro. Por tanto, un cálculo completo de la estimación de las necesidades de espectro terrenal para los servicios públicos de comunicaciones móviles terrestres, incluidas las IMT-2000, exigiría el uso de setenta y dos términos en la suma de términos F_{es} individuales.

Este ejemplo se basa en un subconjunto representativo de los entornos y servicios que se presentan en la matriz que sigue, y son suficientes para ejercitar todos los aspectos de la metodología.

Entornos «e» y servicios «s» representativos (valores de F_{es})

Entornos «e»	en interiores de alta densidad (CBD)	Peatonal urbano	Vehicular urbano
Servicios «s»			
Conversación (S)	F_{es}	F_{es}	F_{es}
Mensaje simple (SM)	F_{es}	F_{es}	F_{es}
Datos conmutados (SD)	F_{es}	F_{es}	F_{es}
Multimedios de medio nivel (MMM)	F_{es}	F_{es}	F_{es}
Multimedios de alto nivel (HMM)	F_{es}	F_{es}	F_{es}
Multimedios interactivos de alto nivel (HIMM)	F_{es}	F_{es}	F_{es}

A menudo los valores presentados en los cuadros que siguen se han redondeado, pero el cálculo se efectúa con más cifras para obtener resultados de ejemplo más exactos.

A Ejemplo para al año 2010

A1 Entorno

Se considera un subconjunto de todos los entornos para los fines de este ejemplo: sólo se considera el entorno de interiores de alta densidad, generalmente conocido también como distrito comercial central (CBD, *central business district*); peatonal urbano y vehicular urbano. Este subconjunto de tres entornos es un extracto de todas las posibilidades, ya que corresponde a capas superpuestas en centros ciudadanos.

Debe señalarse que ningún usuario debe ocupar a un tiempo dos entornos operacionales.

A2 Sentido de cálculo

- enlace ascendente (de la estación móvil a la estación de base), o
- enlace descendente (de la estación de base a la estación móvil).

Los siguientes cálculos se detallan para cada uno de los sentidos.

A3 Establecer superficie (cell_area) y geometría representativas de la célula

Los entornos se definen de manera que tengan la siguiente geometría:

CUADRO 1

Descripción del entorno

Entorno «e»	Interiores de alta densidad	Peatonal urbano	Vehicular urbano
geometría (geometry _e)	Circular	Hexagonal con tres sectores	Hexagonal con tres sectores
dimensión de la célula (cell dimension _e)	Diámetro = 100 m	Radio = 600 m	Radio = 600 m

A4 Calcular superficie de la célula (cell_area)

Según la descripción de la célula, las superficies de células se calculan como sigue:

CUADRO 2

Cell_Area_e

Entorno «e»	Interiores de alta densidad	Peatonal urbano	Vehicular urbano
cell_area _e (km ²)	$7,85 \times 10^{-3}$	$3,12 \times 10^{-1}$	$3,12 \times 10^{-1}$

B1 Seleccionar servicio «s»

Los servicios son los siguientes:

CUADRO 3

Descripción del Service_Type «s» y de la correspondiente Net_User_Bit_Rate_s

Net_User_Bit_Rate _s	Velocidad binaria neta de enlace descendente (kbit/s)	Velocidad binaria neta de enlace ascendente (kbit/s)
Tipo de servicio «s»		
Conversación (S)	16	16
Mensaje simple (SM)	14	14
Datos conmutados (SD)	64	64
Multimedios de medio nivel (MMM)	384	64
Multimedios de alto nivel (HMM)	2 000	128
Multimedios interactivos de alto nivel (HIMM)	128	128

B2 Establecer densidad de población (Population_Density)

Para los tres entornos considerados, pueden elegirse las siguientes densidades de población:

CUADRO 4

Population_Density_e

Entorno «e»	Interiores de alta densidad (CBD)	Peatonal urbano	Vehicular urbano
Population_Density _e	250 000	100 000	3 000

B3 Establecer nivel de penetración (Penetration_Rate_{es})

El cuadro siguiente describe los niveles de penetración utilizadas en este ejemplo de cálculo:

CUADRO 5

Penetration_Rate_{es} en porcentaje

Entornos «e»	Interiores de alta densidad (CBD)	Peatonal urbano	Vehicular urbano
Servicios «s»			
Conversación (S)	73%	73%	73%
Mensaje simple (SM)	40%	40%	40%
Datos conmutados (SD)	13%	13%	13%
Multimedios de medio nivel (MMM)	15%	15%	15%
Multimedios de alto nivel (HMM)	15%	15%	15%
Multimedios interactivos de alto nivel (HIMM)	25%	25%	25%

B4 Calcular usuarios/célula (Users/Cell_{es})

El cuadro que sigue indica los Users/Cell_{es} calculados con las hipótesis siguientes:

CUADRO 6

Users/Cell_{es}

Entornos «e»	Interiores de alta densidad (CBD) Número de usuarios	Peatonal urbano Número de usuarios	Vehicular urbano Número de usuarios
Servicios «s»			
Conversación (S)	1 433	22 756	683
Mensaje simple (SM)	785	12 469	374
Datos conmutados (SD)	255	4 052	122
Multimedios de medio nivel (MMM)	295	4 676	140
Multimedios de alto nivel (HMM)	295	4 676	140
Multimedios interactivos de alto nivel (HIMM)	491	7 793	234

B5 Establecer parámetros de tráfico

Los parámetros de tráfico siguientes se consideran representativos del usuario medio en cada uno de los entornos para cada uno de los servicios:

CUADRO 7

Intentos de llamada en la hora cargada ($Busy_Hour_Call_Attempts$) expresados en llamadas en la hora cargada

Entornos «e»	Interiores de alta densidad (CBD) Llamadas en la hora cargada		Peatonal urbano Llamadas en la hora cargada		Vehicular urbano Llamadas en la hora cargada	
Servicios «s»						
Conversación (S)	0,9		0,8		0,4	
Mensaje simple (SM)	0,06		0,03		0,02	
Datos conmutados (SD)	0,2		0,2		0,02	
Multimedios de medio nivel (MMM)	0,5		0,4		0,008	
Multimedios de alto nivel (HMM)	0,15		0,06		0,008	
Multimedios interactivos de alto nivel (HIMM)	0,1		0,05		0,008	

CUADRO 8

Duración de la llamada ($Call_Duration$) en segundos

Entornos «e»	Interiores de alta densidad (CBD) Segundos		Peatonal urbano Segundos		Vehicular urbano Segundos	
Servicios «s»						
Conversación (S)	120		120		120	
Mensaje simple (SM)	30		30		30	
Datos conmutados (SD)	156		156		156	
Multimedios de medio nivel (MMM)	13,9		13,9		13,9	
Multimedios de alto nivel (HMM)	53,3		53,3		53,3	
Multimedios interactivos de alto nivel (HIMM)	180		180		180	

CUADRO 9

Factor de actividad (Activity_Factor_{es})

Entornos «e»	Interiores de alta densidad (CBD) Sin dimensiones		Peatonal urbano Sin dimensiones		Vehicular urbano Sin dimensiones	
	Enlace ascendente	Enlace descendente	Enlace ascendente	Enlace descendente	Enlace ascendente	Enlace descendente
Conversación (S)	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Mensaje simple (SM)	1	1	1	1	1	1
Datos conmutados (SD)	1	1	1	1	1	1
Multimedios de medio nivel (MMM)	1	1	1	1	1	1
Multimedios de alto nivel (HMM)	1	1	1	1	1	1
Multimedios interactivos de alto nivel (HIMM)	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8

B6 Calcular tráfico/usuario (Traffic/User_{es})

CUADRO 10

Traffic/User_{es} en segundos-llamada

Entornos «e»	Interiores de alta densidad (CBD) Segundos-llamada		Peatonal urbano Segundos-llamada		Vehicular urbano Segundos-llamada	
	Enlace ascendente	Enlace descendente	Enlace ascendente	Enlace descendente	Enlace ascendente	Enlace descendente
Conversación (S)	54	54	48	48	24	24
Mensaje simple (SM)	1,8	1,8	0,9	0,9	0,6	0,6
Datos conmutados (SD)	31,2	31,2	31,2	31,2	3,12	3,12
Multimedios de medio nivel (MMM)	6,95	6,95	5,56	5,56	0,111	0,111
Multimedios de alto nivel (HMM)	8	8	3,2	3,2	0,427	0,427
Multimedios interactivos de alto nivel (HIMM)	14,4	14,4	7,2	7,2	1,15	1,15

B7 Calcular tráfico ofrecido/célula (Offered_Traffic/Cell_{es})

CUADRO 11a

Offered_Traffic/Cell_{es} en segundos-llamada

Entornos «e»	Interiores de alta densidad (CBD) Segundos-llamada		Peatonal urbano Segundos-llamada		Vehicular urbano Segundos-llamada	
	Enlace ascendente	Enlace descendente	Enlace ascendente	Enlace descendente	Enlace ascendente	Enlace descendente
Conversación (S)	$7,74 \times 10^4$	$7,74 \times 10^4$	$1,09 \times 10^6$	$1,09 \times 10^6$	$1,64 \times 10^4$	$1,64 \times 10^4$
Mensaje simple (SM)	$1,41 \times 10^3$	$1,41 \times 10^3$	$1,12 \times 10^4$	$1,12 \times 10^4$	$2,24 \times 10^2$	$2,24 \times 10^2$
Datos conmutados (SD)	$7,96 \times 10^3$	$7,96 \times 10^3$	$1,26 \times 10^5$	$1,26 \times 10^5$	$3,79 \times 10^2$	$3,79 \times 10^2$
Multimedios de medio nivel (MMM)	$2,05 \times 10^3$	$2,05 \times 10^3$	$2,60 \times 10^4$	$2,60 \times 10^4$	$1,56 \times 10^1$	$1,56 \times 10^1$
Multimedios de alto nivel (HMM)	$2,36 \times 10^3$	$2,36 \times 10^3$	$1,50 \times 10^4$	$1,50 \times 10^4$	$5,98 \times 10^1$	$5,98 \times 10^1$
Multimedios interactivos de alto nivel (HIMM)	$7,07 \times 10^3$	$7,07 \times 10^3$	$5,61 \times 10^4$	$5,61 \times 10^4$	$2,69 \times 10^2$	$2,69 \times 10^2$

Se seleccione un tamaño de grupo igual a 7. El tráfico ofrecido/célula mostrado a continuación es el tráfico en las 7 células expresado en Erlangs.

CUADRO 11b

Tráfico ofrecido_célula (Offered_Traffic/Cell_{es}) * Tamaño de grupo (Group_Size_{es}) en Erlangs

Entornos «e»	Interiores de alta densidad (CBD) Segundos-llamada		Peatonal urbano Segundos-llamada		Vehicular urbano Segundos-llamada	
	Enlace ascendente	Enlace descendente	Enlace ascendente	Enlace descendente	Enlace ascendente	Enlace descendente
Conversación (S)	150,5	150,5	2123,88	2123,88	31,86	31,86
Mensaje simple (SM)	2,75	2,75	21,82	21,82	0,44	0,44
Datos conmutados (SD)	15,49	15,49	245,85	245,85	0,74	0,74
Multimedios de medio nivel (MMM)	3,98	3,98	50,51	50,51	0,03	0,03
Multimedios de alto nivel (HMM)	4,58	4,58	29,09	29,09	0,12	0,12
Multimedios interactivos de alto nivel (HIMM)	13,74	13,74	109,1	109,1	0,52	0,52

B8 Establecer parámetros de función calidad de servicio (Quality_of_Service_Function_{es}) (QOS_{es})

La función calidad de servicio para conmutación de circuitos se selecciona para que se exprese en Erlang B con un bloqueo del 2%. En los servicios con conmutación de paquetes la función calidad de servicio se redondea hasta el número entero más próximo.

C1 Calcular el número de canales de servicio por célula (Service_Channels/Cell_{es}) necesario para transportar tráfico ofrecido/célula (Offered_Traffic/Cell_{es})

El número de canales de tráfico necesarios en el grupo se indica a continuación:

CUADRO 12a

Canales de servicio (Service_Channels) por grupo

Entornos «e»	Interiores de alta densidad (CBD)		Peatonal urbano		Vehicular urbano	
	Enlace ascendente	Enlace descendente	Enlace ascendente	Enlace descendente	Enlace ascendente	Enlace descendente
Conversación (S)	164	164	2137	2137	41	41
Mensaje simple (SM)	3	3	22	22	1	1
Datos conmutados (SD)	23	23	259	259	4	4
Multimedios de medio nivel (MMM)	4	4	51	51	1	1
Multimedios de alto nivel (HMM)	5	5	30	30	1	1
Multimedios interactivos de alto nivel (HIMM)	21	21	122	122	3	3

El número de canales de tráfico necesarios en la célula en los canales de servicio del grupo dividido por el tamaño de grupo 7 y luego redondeado, se indica a continuación:

CUADRO 12b

Canales de servicio/célula (Service_Channel/Cell_{es})

Entornos «e»	Interiores de alta densidad (CBD)		Peatonal urbano		Vehicular urbano	
	Enlace ascendente	Enlace descendente	Enlace ascendente	Enlace descendente	Enlace ascendente	Enlace descendente
Conversación (S)	23,43	23,43	305,3	305,3	5,86	5,86
Mensaje simple (SM)	0,43	0,43	3,14	3,14	0,14	0,14
Datos conmutados (SD)	3,29	3,29	37,0	37,0	0,57	0,57
Multimedios de medio nivel (MMM)	0,57	0,57	7,29	7,29	0,14	0,14
Multimedios de alto nivel (HMM)	0,71	0,71	4,29	4,29	0,14	0,14
Multimedios interactivos de alto nivel (HIMM)	3,0	3,0	17,43	17,43	0,43	0,43

C2 Determinar la velocidad binaria de canal de servicio ($Service_Channel_Bit_Rate_{es}$) necesaria para transportar velocidad binaria neta de usuario ($Net_User_Bit_Rate_s$)

En este ejemplo, se supone que la $Service_Channel_Bit_Rate_{es}$ es igual a la $Net_User_Bit_Rate_s$.

CUADRO 13

Velocidad binaria de canal de servicio ($Service_Channel_Bit_Rate_{es}$)

Entornos «e»	Interiores de alta densidad (CBD) (kbit/s)		Peatonal urbano (kbit/s)		Vehicular urbano (kbit/s)	
	Enlace ascendente	Enlace descendente	Enlace ascendente	Enlace descendente	Enlace ascendente	Enlace descendente
Conversación (S)	16	16	16	16	16	16
Mensaje simple (SM)	14	14	14	14	14	14
Datos conmutados (SD)	64	64	64	64	64	64
Multimedios de medio nivel (MMM)	64	384	64	384	64	384
Multimedios de alto nivel (HMM)	128	2000	128	2000	128	2000
Multimedios interactivos de alto nivel (HIMM)	128	128	128	128	128	128

C3 Calcular tráfico ($Traffic_{es}$)

Según el número de canales necesarios y de la velocidad binaria de canal de servicio, puede obtenerse el tráfico en cada célula.

CUADRO 14

$Traffic_{es}$

Entornos «e»	Interiores de alta densidad (CBD) (Mbit/s/célula)		Peatonal urbano (Mbit/s/célula)		Vehicular urbano (Mbit/s/célula)	
	Enlace ascendente	Enlace descendente	Enlace ascendente	Enlace descendente	Enlace ascendente	Enlace descendente
Conversación (S)	0,37	0,37	4,88	4,88	0,09	0,09
Mensaje simple (SM)	0,01	0,01	0,04	0,04	0,002	0,002
Datos conmutados (SD)	0,21	0,21	2,37	2,37	0,04	0,04
Multimedios de medio nivel (MMM)	0,04	0,22	0,47	2,80	0,01	0,05
Multimedios de alto nivel (HMM)	0,09	1,43	0,55	8,57	0,02	0,29
Multimedios interactivos de alto nivel (HIMM)	0,38	0,38	2,23	2,23	0,05	0,05

C4 Parámetros de capacidad neta del sistema ($Net_System_Capability_Parameters_{es}$) (S_{es})

Deben considerarse algunos parámetros al determinar los elementos clave que influyen en el valor de la $Net_System_Capability_{es}$.

C5 Calcular capacidad neta del sistema (Net_System_Capabilities)

Para los fines de este ejemplo, se aplica a las actuales capacidades de generación para obtener la Net_System_Capabilities un factor de mejora que es la mejora prevista de las capacidades del sistema en el año 2010 con respecto a los sistemas actuales.

En este ejemplo se han utilizado las siguientes capacidades del sistema.

CUADRO 15

Net_System_Capability_Parameters_{es} (S_{es})

Entornos «e»	Interiores de alta densidad (CBD) (kbit/s/MHz/célula)		Peatonal urbano (kbit/s/MHz/célula)		Vehicular urbano (kbit/s/MHz/célula)	
	Enlace ascendente	Enlace descendente	Enlace ascendente	Enlace descendente	Enlace ascendente	Enlace descendente
Conversación (S)	67	67	67	67	67	67
Mensaje simple (SM)	73	73	73	73	73	73
Datos conmutados (SD)	73	73	73	73	73	73
Multimedios de medio nivel (MMM)	73	73	73	73	73	73
Multimedios de alto nivel (HMM)	73	73	73	73	73	73
Multimedios interactivos de alto nivel (HIMM)	73	73	73	73	73	73

D1 Calcular componente F_{es} individual en un sentido (enlace ascendente o descendente)**D2 Repetir proceso de cálculo en sentido contrario (enlace descendente o ascendente, según corresponda)**

Utilizando el tráfico antes calculado y el ejemplo de capacidad neta del sistema, las componentes F_{es} para cada entorno y cada sentido pueden obtenerse como sigue:

CUADRO 16

Necesidades de espectro individuales (F_{es})

Entornos «e»	Interiores de alta densidad (CBD) (MHz)		Peatonal urbano (MHz)		Vehicular urbano (MHz)	
	Enlace ascendente	Enlace descendente	Enlace ascendente	Enlace descendente	Enlace ascendente	Enlace descendente
Conversación (S)	5,6	5,6	72,9	72,9	1,4	1,4
Mensaje simple (SM)	0,08	0,08	0,6	0,6	0,03	0,03
Datos conmutados (SD)	2,9	2,9	32,4	32,4	0,5	0,5
Multimedios de medio nivel (MMM)	0,5	3,0	6,4	38,3	0,1	0,8
Multimedios de alto nivel (HMM)	1,3	19,6	7,5	117,4	0,3	3,9
Multimedios interactivos de alto nivel (HIMM)	5,3	5,3	30,6	30,6	0,8	0,8

D3 Calcular F_{es} para el servicio «s», combinando componentes de enlace ascendente y descendente

La suma arroja los siguientes resultados:

CUADRO 17

 F_{es} combinando las componentes de enlace ascendente y de enlace descendente

Entornos «e»	Interiores de alta densidad (CBD) (MHz)	Peatonal urbano (MHz)	Vehicular urbano (MHz)
Servicios «s»			
Conversación (S)	11,2	145,8	2,8
Mensaje simple (SM)	0,2	1,2	0,05
Datos conmutados (SD)	5,8	64,9	1,0
Multimedios de medio nivel (MMM)	3,5	44,7	0,9
Multimedios de alto nivel (HMM)	20,8	124,9	4,2
Multimedios interactivos de alto nivel (HIMM)	10,5	61,1	1,5

D4 Repetir proceso (pasos A1 a D3) para todos los «e», «s» deseados

Los resultados se han presentado en cuadros que muestran los valores para todos los servicios «s» y todos los entornos «e».

D5 Determinar factor de ponderación (α_{es}) aplicable a cada F_{es} individual

Si se supone que todos los servicios tienen horas cargada coincidentes, y los tres entornos están cubiertos en la misma zona geográfica, los factores de ponderación se suponen iguales a uno:

$$\alpha_{es} = 1 \text{ para todos los «e» y «s»}$$

D6 Determinar factor de ajuste (β)

Para tener en cuenta la ineficacia de concentración de enlaces y las bandas de guarda, puede aplicarse un factor de ajuste del 5%.

$$\beta = 1,05$$

D7 Calcular valor de espectro $F_{Terrestrial}$ total final

En este ejemplo, la suma de las componentes con factor de ajuste arroja

$$F_{Terrestrial} = 530,3 \text{ MHz}$$

En este ejemplo, el resultado presentado de $F_{Terrestrial}$ es la estimación de la necesidad de espectro para el servicio de radiocomunicaciones móviles terrestres públicas, incluidas las IMT-2000, en el año 2010, debido a las hipótesis formuladas en las previsiones de tráfico y del mercado (es decir, que las previsiones incluían los servicios públicos de radiocomunicaciones móviles terrestres de la primera y segunda generación, y los futuros servicios IMT-2000 esperados).

Debe indicarse de nuevo que no debe considerarse que los resultados presentados en este ejemplo dan una respuesta a la cuestión de las futuras necesidades de espectro para los servicios de comunicaciones móviles terrestres públicas, incluidas las IMT-2000, ya que todos los valores indicados en este ejemplo están aún en estudio y no se han considerado en el mismo todos los entornos y servicios que harían el ejemplo completo.