



UNIÓN INTERNACIONAL DE TELECOMUNICACIONES

UIT-T

SECTOR DE NORMALIZACIÓN
DE LAS TELECOMUNICACIONES
DE LA UIT

E.760

(03/2000)

SERIE E: EXPLOTACIÓN GENERAL DE LA RED,
SERVICIO TELEFÓNICO, EXPLOTACIÓN DEL
SERVICIO Y FACTORES HUMANOS

Calidad de servicio, gestión de la red e ingeniería de
tráfico – Ingeniería de tráfico – Ingeniería de tráfico
de redes móviles

**Modelado del tráfico de movilidad de los
terminales**

Recomendación UIT-T E.760

(Anteriormente Recomendación del CCITT)

RECOMENDACIONES UIT-T DE LA SERIE E
**EXPLOTACIÓN GENERAL DE LA RED, SERVICIO TELEFÓNICO, EXPLOTACIÓN
DEL SERVICIO Y FACTORES HUMANOS**

EXPLOTACIÓN, NUMERACIÓN, ENCAMINAMIENTO Y SERVICIOS MÓVILES	
EXPLOTACIÓN DE LAS RELACIONES INTERNACIONALES	
Definiciones	E.100–E.103
Disposiciones de carácter general relativas a las Administraciones	E.104–E.119
Disposiciones de carácter general relativas a los usuarios	E.120–E.139
Explotación de las relaciones telefónicas internacionales	E.140–E.159
Plan de numeración del servicio telefónico internacional	E.160–E.169
Plan de encaminamiento internacional	E.170–E.179
Tonos utilizados en los sistemas nacionales de señalización	E.180–E.189
Plan de numeración del servicio telefónico internacional	E.190–E.199
Servicio móvil marítimo y servicio móvil terrestre público	E.200–E.229
DISPOSICIONES OPERACIONALES RELATIVAS A LA TASACIÓN Y A LA CONTABILIDAD EN EL SERVICIO TELEFÓNICO INTERNACIONAL	
Tasación en el servicio internacional	E.230–E.249
Medidas y registro de la duración de las conferencias a efectos de la contabilidad	E.260–E.269
UTILIZACIÓN DE LA RED TELEFÓNICA INTERNACIONAL PARA APLICACIONES NO TELEFÓNICAS	
Generalidades	E.300–E.319
Telefotografía	E.320–E.329
DISPOSICIONES DE LA RDSI RELATIVAS A LOS USUARIOS	
Plan de encaminamiento internacional	E.350–E.399
CALIDAD DE SERVICIO, GESTIÓN DE LA RED E INGENIERÍA DE TRÁFICO	
GESTIÓN DE RED	
Estadísticas relativas al servicio internacional	E.400–E.409
Gestión de la red internacional	E.410–E.419
Comprobación de la calidad del servicio telefónico internacional	E.420–E.489
INGENIERÍA DE TRÁFICO	
Medidas y registro del tráfico	E.490–E.505
Previsiones del tráfico	E.506–E.509
Determinación del número de circuitos necesarios en explotación manual	E.510–E.519
Determinación del número de circuitos necesarios en explotación automática y semiautomática	E.520–E.539
Grado de servicio	E.540–E.599
Definiciones	E.600–E.699
Ingeniería de tráfico de RDSI	E.700–E.749
Ingeniería de tráfico de redes móviles	E.750–E.799
CALIDAD DE LOS SERVICIOS DE TELECOMUNICACIÓN: CONCEPTOS, MODELOS, OBJETIVOS, PLANIFICACIÓN DE LA SEGURIDAD DE FUNCIONAMIENTO	
Términos y definiciones relativos a la calidad de los servicios de telecomunicación	E.800–E.809
Modelos para los servicios de telecomunicación	E.810–E.844
Objetivos para la calidad de servicio y conceptos conexos de los servicios de telecomunicaciones	E.845–E.859
Utilización de los objetivos de calidad de servicio para la planificación de redes de telecomunicaciones.	E.860–E.879
Recopilación y evaluación de datos reales sobre la calidad de funcionamiento de equipos, redes y servicios	E.880–E.899

RECOMENDACIÓN UIT-T E.760

MODELADO DEL TRÁFICO DE MOVILIDAD DE LOS TERMINALES

Resumen

El modelado del tráfico de movilidad de los terminales para sistemas móviles terrestres o los basados en satélite [incluyendo sistemas celulares, teléfono sin cordón, avisos a personas y el sistema de telecomunicaciones móviles internacionales 2000 (IMT-2000)] presentados en esta Recomendación tienen por objeto caracterizar la demanda de tráfico de usuario móvil asociada con servicios móviles. Esta demanda tiene importancia tanto para el usuario como para el plano de señalización.

Orígenes

La Recomendación UIT-T E.760 ha sido preparada por la Comisión de Estudio 2 (1997-2000) del UIT-T y fue aprobada por el procedimiento de la Resolución N.º 1 de la CMNT el 13 de marzo de 2000.

PREFACIO

La UIT (Unión Internacional de Telecomunicaciones) es el organismo especializado de las Naciones Unidas en el campo de las telecomunicaciones. El UIT-T (Sector de Normalización de las Telecomunicaciones de la UIT) es un órgano permanente de la UIT. Este órgano estudia los aspectos técnicos, de explotación y tarifarios y publica Recomendaciones sobre los mismos, con miras a la normalización de las telecomunicaciones en el plano mundial.

La Conferencia Mundial de Normalización de las Telecomunicaciones (CMNT), que se celebra cada cuatro años, establece los temas que han de estudiar las Comisiones de Estudio del UIT-T, que a su vez producen Recomendaciones sobre dichos temas.

La aprobación de Recomendaciones por los Miembros del UIT-T es el objeto del procedimiento establecido en la Resolución N.º 1 de la CMNT.

En ciertos sectores de la tecnología de la información que corresponden a la esfera de competencia del UIT-T, se preparan las normas necesarias en colaboración con la ISO y la CEI.

NOTA

En esta Recomendación, la expresión "Administración" se utiliza para designar, en forma abreviada, tanto una administración de telecomunicaciones como una empresa de explotación reconocida de telecomunicaciones.

PROPIEDAD INTELECTUAL

La UIT señala a la atención la posibilidad de que la utilización o aplicación de la presente Recomendación suponga el empleo de un derecho de propiedad intelectual reivindicado. La UIT no adopta ninguna posición en cuanto a la demostración, validez o aplicabilidad de los derechos de propiedad intelectual reivindicados, ya sea por los miembros de la UIT o por terceros ajenos al proceso de elaboración de Recomendaciones.

En la fecha de aprobación de la presente Recomendación, la UIT no ha recibido notificación de propiedad intelectual, protegida por patente, que puede ser necesaria para aplicar esta Recomendación. Sin embargo, debe señalarse a los usuarios que puede que esta información no se encuentre totalmente actualizada al respecto, por lo que se les insta encarecidamente a consultar la base de datos sobre patentes de la TSB.

© UIT 2000

Es propiedad. Ninguna parte de esta publicación puede reproducirse o utilizarse, de ninguna forma o por ningún medio, sea éste electrónico o mecánico, de fotocopia o de microfilm, sin previa autorización escrita por parte de la UIT.

ÍNDICE

	Página
1 Objetivo y alcance.....	1
2 Recomendaciones conexas.....	2
3 Definiciones	2
4 Abreviaturas.....	3
5 Introducción	3
6 Estimación de la demanda de tráfico para redes celulares.....	4
6.1 Explicación	4
6.2 Metodología.....	5
6.3 Mejoramiento de procedimiento para la estimación de demanda de tráfico.....	7
7 Modelado de la movilidad y efecto sobre el tráfico de señalización	7
8 Historia.....	7
Apéndice I – Estimación de la demanda de tráfico.....	7
Apéndice II – Ejemplo de una metodología para modelar la tasa de trasposos entre células en sistemas móviles con base terrenal	10
Apéndice III – Ejemplo de metodología para el modelado del registro de ubicaciones y la tasa de actualización de las ubicaciones en sistemas móviles celulares con base terrenal	14

Recomendación E.760

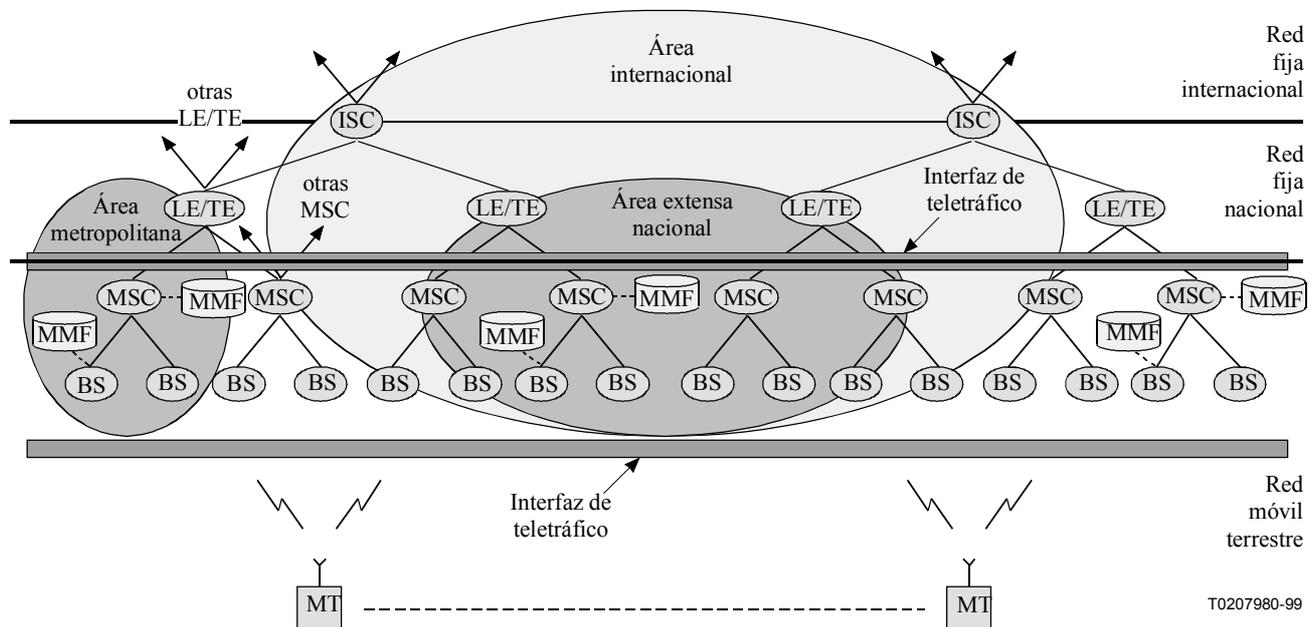
MODELADO DEL TRÁFICO DE MOVILIDAD DE LOS TERMINALES

(Ginebra, 2000)

1 Objetivo y alcance

1.1 El modelado del tráfico de movilidad de los terminales para sistemas móviles terrestres o los basados en satélite (incluyendo sistemas celulares, teléfono sin cordón, avisos a personas y el sistema de telecomunicaciones móviles internacionales 2000 (IMT-2000)) presentados en esta Recomendación tienen por objeto caracterizar la demanda de tráfico de usuario móvil asociada con servicios móviles. Esta demanda tiene importancia tanto para el usuario como para el plano de señalización.

1.2 El alcance geográfico del modelado de la demanda de tráfico y la movilidad de los terminales comprende zonas metropolitanas y zonas internacionales. A título de ejemplo, la figura 1 muestra el alcance de la presente Recomendación en el caso de redes celulares basadas en servicios terrenales, partiendo del supuesto de que existen redes distintas para el servicio fijo y el servicio móvil (véase la Recomendación E.751). La figura indica dos interfaces de teletráfico en los cuales la demanda tiene que ser caracterizada para fines de ingeniería de tráfico. Una demanda de tráfico se relaciona con la interfaz radioeléctrica; la otra se asocia a la caracterización del tráfico relacionado con los terminales móviles que insisten en la red fija. Esta última caracterización es para fines de dimensionamiento de recursos de la red fija utilizados para servicios móviles de soporte.



NOTA – La figura muestra la interconexión de redes (distintas) del servicio fijo y del servicio móvil, Recomendación E.220, y la asignación de funciones de gestión de movilidad (MMF, *mobility management functions*) dentro de la red móvil, como suele suceder en el caso de los sistemas móviles de la segunda generación (por ejemplo, GSM). En dependencia de las actuales implementaciones y las necesidades de tráfico, el centro de conmutación de servicios móviles (MSC, *mobile switching centre*) puede conectarse con la red fija en el nivel de central local (LE, *local exchange*) o de central terminal (TE, *terminal exchange*). Esto se indica en forma abreviada mediante la combinación LE/TE. En realidad, la asignación de MMF tiene una gama de posibles opciones entre las cuales están las disposiciones resultantes de la red integrada móvil y fija, Recomendación E.751.

Figura 1/E.760 – Alcance de la caracterización de la demanda de tráfico en redes celulares (red móvil y red fija distintas, comunicación de móvil a móvil)

1.3 Esta Recomendación trata el modelado de la demanda de tráfico relacionada con los sistemas móviles terrestres y la demanda de tráfico que insiste en la interfaz radioeléctrica. El modelado de la demanda de tráfico con insistencia en la red fija queda en estudio. Finalmente el modelado de tráfico para otros sistemas, por ejemplo, teléfonos sin cordón y avisos a personas, quedan también en estudio.

2 Recomendaciones conexas

El contenido de las siguientes Recomendaciones ofrece interés o suministra información de base para la presente Recomendación.

- Recomendación CCITT E.201 (1991), *Recomendación de referencia para los servicios móviles.*
- Recomendación CCITT E.202 (1992), *Principios de explotación de red para los futuros sistemas y servicios móviles públicos.*
- Recomendación UIT-T E.220 (1996), *Interconexión de redes móviles terrestres públicas.*
- Recomendación UIT-T E.600 (1993), *Términos y definiciones de ingeniería de tráfico.*
- Recomendación CCITT E.711 (1992), *Modelado de la demanda de los usuarios.*
- Recomendación CCITT E.712 (1992), *Modelado del tráfico del plano de usuario.*
- Recomendación CCITT E.713 (1992), *Modelado del tráfico del plano de control.*
- Recomendación UIT-T E.751 (1996), *Conexiones de referencia para la ingeniería de tráfico de las redes móviles terrestres.*
- Recomendación UIT-T E.771 (1996), *Parámetros de grado de servicio de red y valores objetivo para los servicios móviles terrestres públicos con conmutación de circuitos.*
- Recomendación UIT-T E.773 (1996), *Concepto de grado de servicio en sistemas móviles marítimos y aeronáuticos.*
- Recomendación UIT-T F.115 (1995), *Objetivos de servicio y principios para los futuros sistemas públicos de telecomunicaciones móviles terrestres.*
- Recomendación UIT-R M.1034-1 (1997), *Requisitos de las interfaces radioeléctricas para las telecomunicaciones móviles internacionales 2000 (IMT-2000).*

3 Definiciones

3.1 A los efectos de la presente Recomendación son aplicables las definiciones de las Recomendaciones E.600, E.751 y E.771.

En la presente Recomendación se utiliza la siguiente definición adicional:

3.1.1 punto de ligadura de red: Ubicación física en la red utilizada para terminar el encaminamiento de llamadas hacia/desde el sistema de usuario de extremo (identificador de terminal). Cuando el segmento comprendido entre la terminación física del sistema de usuario de extremo y el punto de acceso a la red tiene funciones adicionales a la conexión eléctrica propiamente dicha, se requiere la funcionalidad de red de acceso para la transferencia de información de usuario y de señalización.

4 Abreviaturas

En esta Recomendación se utilizan las siguientes siglas:

BS	Estación de base (<i>base station</i>)
GSM	Sistema mundial para comunicaciones móviles (<i>global system for mobile communications</i>)
IMT-2000	Comunicaciones móviles internacionales-2000 (<i>international mobile telecommunications-2000</i>)
ISC	Centro de conmutación internacional (<i>international switching centre</i>)
LE	Central local (<i>local exchange</i>)
MMF	Función de gestión de la movilidad (<i>mobility management function</i>)
MSC	Centro de conmutación de servicios móviles (<i>mobile switching centre</i>)
MT	Terminal móvil (<i>mobile terminal</i>)
TE	Central terminal (<i>terminal exchange</i>)

5 Introducción

5.1 Una característica peculiar de la demanda de tráfico de los usuarios móviles es la volatilidad espacial. Por este término se designa el cambio del origen (o destino) geográfico del tráfico asociado con un mismo usuario móvil después de que la conexión ha sido establecida (movilidad dentro de la llamada), lo que se debe a la movilidad del terminal del usuario. Otro aspecto de la movilidad del terminal es el relacionado con el cambio de la ubicación geográfica de los usuarios entre una y otra llamada (movilidad entre las llamadas): el resultado de esto es una asociación dinámica entre el identificador del dispositivo terminal real utilizado por un usuario y el punto de ligadura de red en el caso de llamadas originadas por un mismo usuario, o destinadas a un mismo usuario.

5.2 Como consecuencia de la volatilidad del tráfico en combinación con la actividad de la fuente de tráfico y la reutilización del espectro típica de los sistemas celulares, la calidad del canal radioeléctrico depende del espacio y del tiempo, y el sistema puede realizar acciones apropiadas, por ejemplo trasposos o combinaciones, para ayudar a mantener un nivel mínimo de calidad de servicio. Aunque estas acciones pueden tener por consecuencia un consumo de los mismos recursos utilizados para acomodar las demandas de comunicación, la caracterización de los procesos conexos depende, entre otras cosas, de la forma en que se diseñan y gestionan los recursos radioeléctricos. Por esta razón, la caracterización de estos procesos se trata en Recomendaciones de la serie E.750 que tratan especialmente los métodos de dimensionamiento de tráfico para sistemas móviles terrestres.

5.3 Una forma de captar la volatilidad del tráfico para fines de ingeniería es mediante una distribución en el espacio y en el tiempo de la población de usuarios en una zona considerada. Esta distribución se hará corresponder con la demanda de los usuarios al mismo tiempo que se mantiene la dependencia con respecto al espacio y al tiempo.

Los siguientes factores influyen en esta distribución:

- tipo de entorno (interior/exterior, comercial, residencial, etc.);
- situación geográfica y esquemas de movilidad relativos a la zona considerada (espacio abierto, disposición urbana, núcleo de ciudad, etc.);
- características de movilidad (comportamiento relativo a la movilidad a pie/en vehículo, velocidad, etc.);
- penetración del servicio.

5.4 Aunque podría obtenerse una utilización eficiente del espectro disponible utilizando varias formas de asignación dinámica de anchura de banda para responder a la volatilidad del tráfico móvil, la mayoría de los sistemas existentes están dimensionados de acuerdo con un método de caso más desfavorable con relación a una población estática de usuarios. Esto implica que la más alta demanda de tráfico que insiste sobre una determinada zona (que por lo general responde a una célula) es un valor estimado y que el número de canales radioeléctricos relacionados con esa zona se determina en consecuencia. La estimación se basa en datos tales como la densidad de la población residente, penetración del servicio, características geográficas, tráfico para cada abonado, etc.

Esta Recomendación trata el método de caso más desfavorable antes definido; la estimación de demanda de tráfico basada en una consideración explícita de la volatilidad del tráfico en función del tiempo y del espacio queda en estudio.

5.5 Por último, para desacoplar la caracterización de la demanda de tráfico de los procedimientos de dimensionamiento y control, y armonizarla con la metodología de ingeniería de tráfico utilizada para las redes y servicio fijos, los procesos de demanda de tráfico para sistemas que soportan servicios móviles tienen que mantenerse distintos de los procesos inducidos por la operación de la red como el mantenimiento de la calidad de los canales y el tratamiento de los traspasos.

6 Estimación de la demanda de tráfico para redes celulares

6.1 Explicación

6.1.1 Para la ingeniería de tráfico de sistemas celulares, la información sobre la distribución geográfica de la población es de suma importancia para un operador. Para las empresas que entran en el mercado, esta información, normalmente, sólo se calcula a partir de las informaciones publicadas sobre el censo. Esta información puede contener variaciones, ya que las mejores pueden ser bastante detalladas y su resolución puede llegar hasta el nivel de municipio o de distrito. A partir de la base de datos del censo y del tamaño de la zona geográfica, es posible estimar la densidad de la población para una ubicación. Junto con las previsiones anuales sobre la penetración en los usuarios y la intensidad media de tráfico por abonado, la demanda de tráfico puede obtenerse.

6.1.2 En paralelo con el proceso de ingeniería de tráfico, se efectúa también la planificación de la cobertura radioeléctrica para permitir la implantación de la infraestructura de la red. Fundándose en la base de datos del terreno y en la base de datos sobre la morfología, junto con el nivel de señal deseado necesario para proporcionar servicios adecuados dentro de edificios y en el exterior, se identifican lugares para el emplazamiento de estaciones de base. Frecuentemente se requiere una cobertura contigua y, por tanto, los emplazamientos de base de la zona de cobertura están muy próximos unos a otros, con el fin de eliminar lo más posible los espacios no cubiertos. En realidad, el terreno es más bien ondulado. Para eliminar la mayoría de los espacios no cubiertos es necesario un grado importante de superposición de las coberturas entre las estaciones de base. Por tanto, las líneas de demarcación definidas por el signo igual de dos o más emplazamientos de base formarán la demarcación de la región de "mejor servidor" para emplazamientos de base individuales. En otras palabras, cuando un móvil está dentro de la región de mejor servidor de un determinado emplazamiento de base, recibirá la señal más fuerte de ese emplazamiento de base, aunque la señal de otros emplazamientos de base pueda aún ser adecuada para la comunicación. Asociando estaciones móviles con el emplazamiento de base de una región de mejor servidor se puede obtener la relación más alta de portadora de enlace descendente a interferencia.¹

¹ Además, cuando se utiliza control de potencia en el enlace ascendente, se requiere un mínimo de potencia de transmisión que podría, en cambio, prolongar el tiempo de vida de las baterías de los microteléfonos.

6.1.3 Puesto que las regiones de mejor servidor sólo en raras ocasiones tienen una forma regular debido a la ondulación del terreno y a otras características geográficas, la aptitud para captar tráfico de cada emplazamiento de base podría ser muy diferente. Haciendo corresponder la región de mejor servidor al esquema de densidad de población se puede realizar una estimación de primer orden de la demanda de tráfico por cada sector. Sin embargo, esto puede conducir a inexactitudes considerables, pues los usuarios por lo general están agrupados a lo largo de caminos y en edificios, y sólo raramente están ubicados en espacios abiertos. Un método para obtener una estimación más exacta de la demanda de tráfico es polarizar la población en zonas en la que es más probable que se encuentren los usuarios.

Esto puede realizarse asignando ponderaciones a diferentes características geográficas. En base a estas ponderaciones se puede estimar exactamente el tráfico para cada célula. Evidentemente, para una célula que contiene varios espacios abiertos, la cantidad de tráfico esperado es muy baja. En cambio, para una célula que contiene edificios y centros comerciales, la densidad de tráfico esperada es alta.

6.2 Metodología

6.2.1 Los datos de entrada para el procedimiento que permite la estimación de la demanda de tráfico son los siguientes:

Entrada

- tamaño de la zona de servicio² (altura, anchura);
- número y ubicación de los emplazamientos de estación de base que insisten en la zona de servicio;
- contorno de la región de mejor servidor alrededor de cada emplazamiento de estación de base;
- tamaño de las zonas elementales (idénticas) (altura, anchura) que comprenden una retícula ideal superpuesta a la zona de servicio;
- población de la zona de servicio;
- tasa de penetración del servicio;
- tráfico por usuario;
- factores de ponderación que tienen en cuenta las características geográficas de la zona de servicio (véase el cuadro 1).

² Se supone que la zona de servicio tiene forma rectangular para simplificar la descripción de la metodología. Si bien no se pierde generalidad en la descripción, en la práctica las porciones de las regiones de mejor servidor más allá de las demarcaciones de una zona de servicio rectangular tienen que tomarse en consideración aplicándoles el procedimiento mencionado.

Cuadro 1/E.760 – Factores de ponderación para la demanda de tráfico en relación con las características geográficas

Característica	Ponderación
Camino (o carretera)	En estudio
Espacio abierto	En estudio
Agua	En estudio
Camino (o carretera) y edificio	En estudio
Espacio abierto y camino (o carretera)	En estudio
Espacio abierto y edificio	En estudio
Espacio abierto y agua	En estudio

6.2.2 La salida del procedimiento es la siguiente:

Salida

- demanda de tráfico asociada con cada emplazamiento de estación de base comprendido en la zona de servicio.

6.2.3 La estimación de la demanda de tráfico asociada con la interferencia radioeléctrica de sistemas móviles celulares se organiza de acuerdo con los siguientes pasos:

Procedimiento

Paso a) Se toma nota de las regiones de mejor servidor asociadas con los emplazamientos de estación de base.

Paso b) Se superpone a la zona de servicio la retícula ideal formada por zonas elementales.

Paso c) El contorno de cada región de mejor servicio se aproxima por la secuencia de los lados más próximos de las zonas elementales. Con esto se obtiene una presentación en forma discreta de la región de mejor servidor, con granularidad en función del tamaño de las zonas elementales.

Paso d) A cada zona elemental se le asigna un factor de ponderación que depende de las características geográficas de la porción subyacente de la zona de servicio. Los tipos de los factores de ponderación se indican en el cuadro 1.

Paso e) Se asigna una demanda de tráfico a cada zona elemental. Los detalles de los cálculos son los siguientes:

- i) los factores de normalización asociados con cada zona elemental en la retícula ideal se calculan sobre la base de las ponderaciones respectivas indicadas en el paso d). Los factores de normalización se utilizan para atribuir el tráfico ofrecido en la zona de servicio a las regiones de mejor servicio y, en último término, a los emplazamientos de estación de base.
- ii) se calcula una demanda de tráfico promedio inicial por zona elemental multiplicando el tráfico ofrecido por usuario por la densidad de usuarios en una zona elemental (la densidad de usuarios en una zona elemental se obtiene dividiendo la población total por la superficie de la zona de servicio, y multiplicando por la penetración del servicio);
- iii) el tráfico promedio inicial por zona elemental de acuerdo con ii) se multiplica por el correspondiente factor de normalización. Con esto se obtiene la demanda de tráfico asociada con cada zona elemental.

Paso f) Los productos en iii) en el paso e) relacionados con las zonas elementales que forman la misma región de mejor servidor se suman, obteniéndose así la demanda de tráfico asociada con cada emplazamiento de base.

En el apéndice I se presenta un ejemplo de la forma de obtener la demanda de tráfico mediante este procedimiento.

6.3 Mejoramiento de procedimiento para la estimación de demanda de tráfico

Es posible mejorar el procedimiento descrito para estimar la demanda de tráfico. Por ejemplo, una información socioeconómica podría influir explícitamente en la ponderación utilizada para caracterizar la demanda de tráfico asociada con los emplazamientos de estación de base. La utilización de información adicional para influir en la escala de ponderación queda en estudio.

7 Modelado de la movilidad y efecto sobre el tráfico de señalización

7.1 Las redes móviles requieren una funcionalidad de señalización especializada para realizar tareas esenciales para el soporte de los servicios móviles (por ejemplo, registro, autenticación, ubicación y actualización de las ubicaciones, supervisión de la calidad de los canales y restauración, etc.). Aunque la consideración explícita de los procesos de tráfico y de movilidad sobre el plano de señalización queda en estudio, en los apéndices II y III se presenta un modelo que tiene en cuenta el comportamiento de movilidad del usuario. Este modelo tiene por finalidad representar una base sobre la cual podrían elaborarse futuras Recomendaciones especializadas que tratarán con mayor amplitud los aspectos de las redes móviles. Considera la tasa de tránsito de los usuarios a través de la demarcación entre regiones adyacentes significativas para las redes móviles, tales como las células de radiocomunicación (apéndice II) y las zonas de ubicaciones (apéndice III). La tasa de tránsito de los usuarios es un elemento que influye directamente sobre los procesos de señalización y, en consecuencia, sobre la ingeniería de tráfico asociada con el plano de señalización.

8 Historia

8.1 Esta Recomendación se publicó por primera vez en 2000.

Bibliografía

- GRILLO (D.), SKOOG (R.A.), CHIA (S.), LEUNG (K.K.): Traffic Engineering for Personal Communications in ITU-T Work: The Need to Match Practice and Theory, *IEEE Personal Communications*, Vol. 5, No. 6, pp. 38-58, diciembre de 1998.

APÉNDICE I

Estimación de la demanda de tráfico

I.1 Este apéndice explica la forma de obtener la demanda de tráfico utilizando el procedimiento descrito en 6.2.3. Los pasos a) a e) del procedimiento se ilustran en la figura I.1 con relación a los siguientes valores:

Entrada

- tamaño de la zona de servicio (altura: 1,6 km, anchura: 1,1 km);
- número de los emplazamientos de estación de base insistentes en la zona de servicio: 8, ubicación de los emplazamientos de estación de base: como en la figura I.1 a);
- contorno de la región de mejor servidor alrededor del emplazamiento de estación de base: como en la figura I.1 a);
- tamaño de las zonas elementales (idénticas) (altura: 100 m, anchura: 100 m) que forman una retícula ideal superpuesta a la zona de servicio;

- población en la zona de servicio: 17 600;
- tasa de penetración del servicio: 5%;
- tráfico por usuario: 20 mErlang;
- factores de ponderación que tienen en cuenta las características geográficas de la zona de servicio: como en el cuadro I.1.

Específicamente, la figura I.1 a) muestra las características geográficas de las regiones de mejor servidor de la zona considerada. La figura I.1 b) muestra la retícula de $100 \times 100 \text{ m}^2$ superpuesta sobre la zona. Ésta representa la resolución de la base de datos digital del terreno que determinará finalmente la resolución del mapa del mejor servidor, así como el mapa de distribución de tráfico. Suponiendo que la información del censo indica que la zona de $1,1 \times 1,6 \text{ km}^2$ tiene una población de 17 600, esto corresponde a una densidad de población de una persona por 100 m^2 . Con una tasa de penetración del servicio de 5% habrá 880 abonados en la zona. Dado que cada usuario genera 20 mErlangs, el tráfico total en la zona se eleva a 17.6 Erlangs. Esto corresponde a una densidad de tráfico promedio de 1 mErlangs por 100 m^2 . Puesto que la resolución de la base de datos digital del terreno tiene una exactitud de $100 \times 100 \text{ m}^2$, la predicción por computador del nivel de señal para la región del mejor servidor estará cuantificada en zonas elementales del mismo tamaño. Esto se muestra en la figura I.1 c). Por último, se suponen también factores de ponderación para la carga de tráfico en relación con las características geográficas como se representa en el cuadro I.1.

I.2 Haciendo corresponder la región de mejor servidor con las zonas elementales de tráfico, puede calcularse la demanda de tráfico para cada célula. Aplicando la ponderación a la zona geográfica mostrada en la figura I.1 b) se puede obtener un factor de ponderación como el indicado en la figura I.1 d). Sumando los pesos totales en la zona de servicio y conociendo el tráfico total, el tráfico para cada cuadrícula puede distribuirse como se muestra en la figura I.1 e). Finalmente, haciendo corresponder la región de mejor servicio con el mapa de tráfico se puede obtener la predicción de tráfico para cada célula, como muestra la figura I.1 f).

Para ver la importancia de la utilización de factores de ponderación, considérese la demanda de tráfico de la célula 1. Sin el factor de ponderación, la predicción daría una carga de tráfico de 3,3 Erlangs. En cambio, con la ponderación, se puede prever una carga de tráfico de 4,2 Erlangs (30% mayor).

Debe señalarse que los factores de ponderación mostrados en este ejemplo son indicativos, y que para aplicaciones reales se necesitan más calibraciones para asegurar una exactitud satisfactoria.

Cuadro I.1/E.760 – Factores de ponderación de la demanda de tráfico en relación con las características geográficas (valores indicativos)

Característica	Ponderación
Camino (o carretera)	2
Espacio abierto	1
Agua	0
Camino (o carretera) y edificio	3
Espacio abierto y camino (o carretera)	2
Espacio abierto y edificio	3
Espacio abierto y agua	1

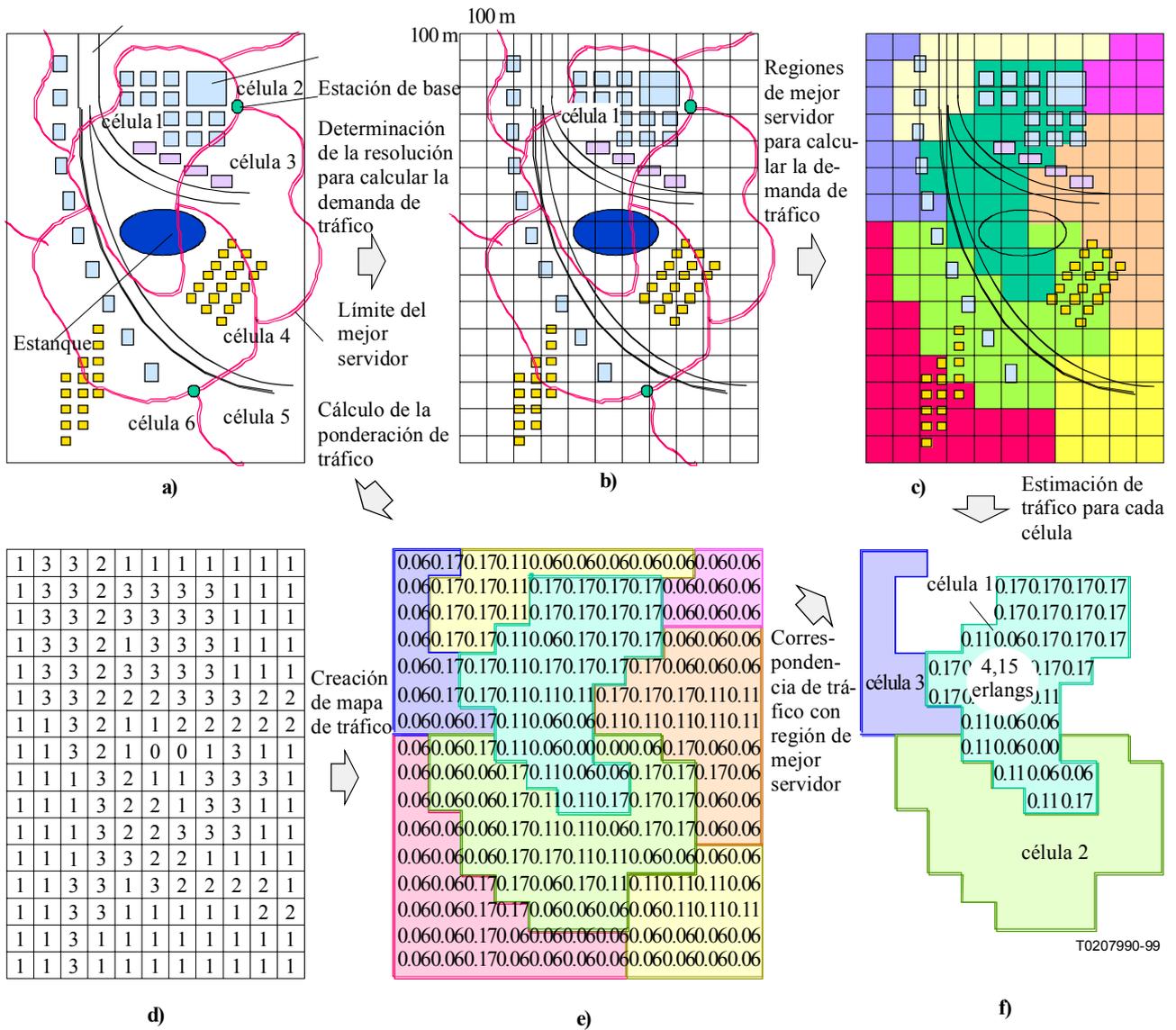


Figura I.1/E.760 – Estimación de la demanda de tráfico a partir de la distribución de la población, la disposición de la zona de servicio y los convenios sobre la cobertura radioeléctrica

APÉNDICE II

Ejemplo de una metodología para modelar la tasa de traspasos entre células en sistemas móviles con base terrenal

II.1 La predicción de la tasa de traspasos en un sistema celular tiene algunas características comunes con la predicción de la demanda de tráfico, pero tiene además otros rasgos distintivos. Para un célula dada, la demanda de tráfico depende de la densidad de usuario en la totalidad de la célula, mientras que la tasa de traspasos depende de la densidad de usuarios solamente en la demarcación de la célula.³ La movilidad del usuario dentro de la llamada sólo tiene un efecto secundario sobre la demanda de tráfico, mientras que tiene una repercusión fundamental sobre la tasa de traspasos. Hay que considerar el grado de movilidad o la velocidad de los usuarios, y es necesario distinguir entre usuarios interiores y exteriores, y, dentro de los usuarios exteriores, los que se desplazan a pie y los que se desplazan en vehículos.

La tasa de traspasos en una célula es la tasa de los usuarios dentro de la llamada que atraviesan la demarcación de célula. Dada la superposición entre células como una primera aproximación, la demarcación de la célula puede considerarse como la demarcación de la región de "mejor servidor" de su estación de base. La suposición de que la tasa de traspasos es igual a la tasa de cruce, dentro de la llamada, de la región de "mejor servidor" conduce a una estimación en el lado seguro de la tasa de traspasos, pues el sistema introduce una cierta histéresis antes de efectuar un traspaso.⁴

II.2 En lo que respecta a una célula, hay que distinguir entre la tasa de traspasos de salida (tasa de usuarios dentro de la llamada que salen de la célula) y tasa de traspasos de entrada (tasa correspondiente a los que entran en la célula). Ambas tasas se calculan de manera similar. Evidentemente, la tasa de traspasos de entrada en una célula es la tasa de traspasos de salida de una célula adyacente. Por tanto, en este apéndice se hace referencia a la tasa de traspasos de salida, teniendo presente que lo mismo puede expresarse con respecto a la tasa de traspasos de entrada.

Supóngase una célula caracterizada por lo siguiente:

- Una densidad de usuarios dentro de la llamada en cada punto, dada por la función $\sigma = \sigma(x, y)$.
- Un valor promedio de la componente en el sentido de salida normal de la velocidad de cada usuario dentro de la llamada que se encuentra en un punto (x, y) del contorno, dada por la función: $v_n = v_n(x, y)$.
- Este valor promedio se obtiene considerando la componente antes mencionada igual a cero cuando es negativa (es decir, cuando el usuario se desplaza hacia adentro).
- Una demarcación/contorno L .

En consecuencia, el número de usuarios dentro de la llamada que atraviesan la demarcación de la célula en cada unidad de tiempo h , es :

$$h = \int_L \sigma v_n d l \quad (\text{II-1})$$

³ En este apéndice se consideran solamente los traspasos debidos a la movilidad del usuario, es decir, cuando el usuario atraviesa la demarcación de células adyacentes. En el modelo propuesto no se consideran otros tipos de traspasos (por ejemplo los debidos a una interferencia cocanal excesiva o al ajuste de tráfico entre células).

⁴ El caso de la disposición celular jerárquica con macrocélulas superpuestas a microcélulas, para el cual las reglas sobre realización de traspaso son más complejas, queda en estudio.

Para la integración de esta expresión pueden seguirse dos métodos diferentes, aparte de un tercer método mixto. Si la célula se encuentra en una zona rural atravesada por pocos caminos y sin ningún pueblo en la demarcación (véase la figura II.1) puede considerarse que la densidad σ es cero en todos los puntos de la demarcación, salvo en los carreteras. La forma más sencilla de evaluar la tasa de cruce de salida es sumando la tasa de cruce de salida que corresponde a cada una de las carreteras que atraviesan la demarcación:

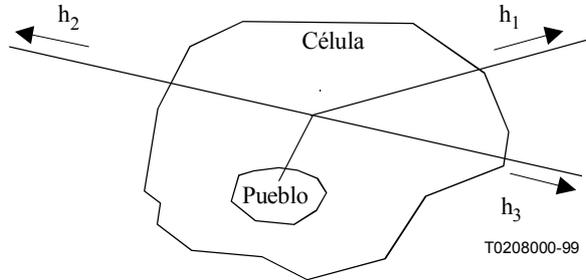


Figura II.1/E.760 – Zona rural típica

$$h = \sum_j h_j \quad (\text{II-2})$$

donde h_j es el número de usuarios dentro de la llamada que se desplazan por la carretera i en sentido saliente por unidad de tiempo. Obsérvese que la existencia de un pueblo dentro de la célula, como en la figura II.1, no se considera explícitamente en la fórmula II-2. h_j puede calcularse a partir de la información publicada sobre tráfico por carreteras. El número de vehículos que pasan por cada carretera por unidad de tiempo debe multiplicarse por el factor de penetración del servicio y por el tráfico promedio por usuario. Si la demarcación de la célula está cerrada hacia un pueblo, el número de peatones (con aparatos móviles y en conversación) que atraviesan la demarcación por cada una de las carreteras (o caminos) debe considerarse también.

Este método, que es muy sencillo en una zona rural con pocas carreteras (o caminos), se torna laborioso cuando el número de caminos que atraviesan la célula es grande y aún más en una zona urbana con un gran número de calles. [1] muestra que cuando el número de caminos, calles o carreteras que atraviesan la célula es del orden de 10 o más, una buena aproximación consiste en suponer que los móviles se desplazan en una dirección que se distribuye uniformemente al azar con la misma velocidad modular promedio en todas las direcciones. Si v es la velocidad modular promedio de los usuarios dentro de la llamada, entonces:

$$v_n = \frac{v}{\pi} \quad (\text{II-3})$$

y la fórmula (II-1) se convierte en:

$$h = \int_L \frac{\sigma v}{\pi} d l \quad (\text{II-4})$$

Si σ y v pueden considerarse como constantes a lo largo del contorno, la tasa de cruces de salida es:

$$h = \frac{\sigma v}{\pi} p \quad (\text{II-5})$$

donde p es el perímetro de la célula.

Por tanto, la fórmula (II.7) podría expresarse como:

$$h = \frac{1}{\pi \cdot s} \sum_i (a_{di} v_{di} a_{pi} v_{pi} + a_{ci} v_{ci}) p_i \quad (\text{II-8})$$

a_{di} , a_{pi} y a_{ci} , pueden calcularse por un procedimiento similar al explicado en el apéndice I: se calcula la demanda de tráfico del grupo de usuarios en la totalidad de la zona y se distribuye entre las cuadrículas asignando un factor de ponderación a cada cuadrícula. Para calcular la velocidad promedio a_{di} , a_{pi} or a_{ci} se puede calcular la fracción de usuarios en movimiento durante una llamada, y su resultado se multiplica por una estimación de su velocidad promedio.

Para evaluar, p_i hay que considerar que las demarcaciones de células en el interior de edificios son, en general, más irregulares que en espacios abiertos, por lo que habrá valores más altos de p_i . Además, en el caso de edificios altos, los pisos superiores son sensibles al efecto de la línea de visión entre las antenas de la estación de base y las aberturas en las paredes (ventanas, puertas externas, etc.) lo que puede alterar la relación entre los dispositivos receptores/transmisores y la mejor estación válida para los pisos inferiores. Estos efectos se traducen por secuencias de células menores, entrelazadas y, en último término, por valores más altos de p_i . La cuantificación de la dependencia de p_i en función de los aspectos antes mencionados queda en estudio.

En algunas zonas podría ser más adecuado un método mixto entre los representados por las fórmulas (II-2) y (II-8). Por ejemplo, una ciudad atravesada por pocas carreteras, como en el caso de la figura II.3 a), o una célula cuya demarcación está en parte dentro de una ciudad y en parte fuera de esa ciudad como en la figura II.3 b).

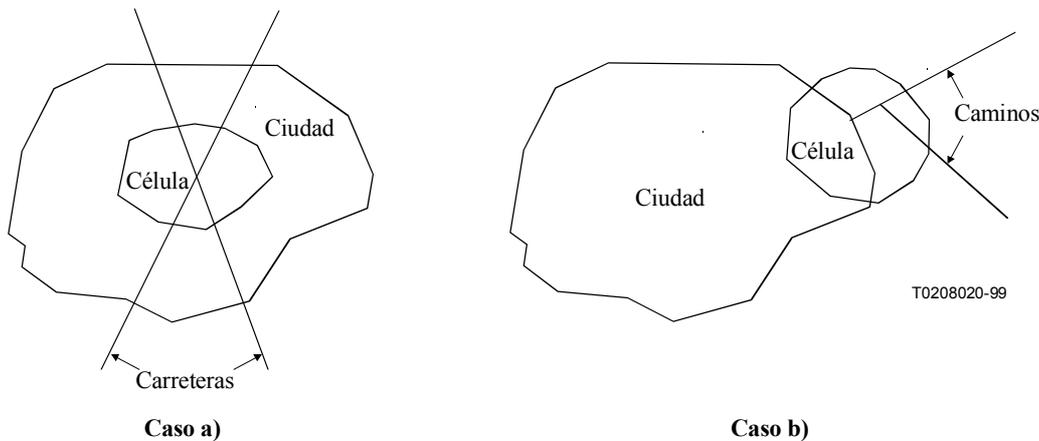


Figura II.3/E.760 – Ejemplos en que conviene utilizar un método mixto para calcular la tasa de traspasos

En estos casos, un elevado porcentaje de los traspasos puede ser producido por vehículos que se desplazan por los pocos caminos o carreteras, pero el número de traspasos producidos por otros usuarios (peatones o vehículos que se desplazan en las calles o usuarios interiores) puede ser también significativo. Puede ser adecuado calcular la tasa de traspasos producidos por vehículos en los caminos por medio de la fórmula (II-2), y la tasa de traspasos producidos por los demás usuarios por medio de la fórmula (II-8). En esta fórmula a_{ci} no debe incluir el tráfico producido por los vehículos en los caminos.

APÉNDICE III

Ejemplo de metodología para el modelado del registro de ubicaciones y la tasa de actualización de las ubicaciones en sistemas móviles celulares con base terrenal

Se produce el registro de una ubicación cuando el usuario enciende su aparato móvil, y se produce una actualización de la ubicación cuando un móvil en funcionamiento atraviesa la demarcación de una zona de ubicaciones.

La tasa total de registro de ubicaciones en una zona geográfica no depende de la disposición de las zonas de ubicaciones, mientras que la tasa de actualización de ubicaciones sí depende de ella. Para calcular la tasa de registro de ubicaciones, el operador debe comenzar por calcular el número de usuarios en la zona y multiplicar este número por la tasa de registro de ubicaciones por usuario, que puede estimarse en base a la experiencia adquirida en zonas geográficas de características similares. Si el operador está interesado en distribuir la tasa total de registro de ubicaciones en tasas de registro de ubicaciones para cada célula, se puede emplear el mismo procedimiento explicado en el apéndice I para la distribución para la demanda de tráfico a cada célula.

Para estimar la tasa de actualización de las ubicaciones en una zona de ubicaciones se puede aplicar la misma metodología explicada en el apéndice II para estimar la tasa de traspasos. Las fórmulas del apéndice II son aplicables a este caso con los pocos cambios siguientes:

- Se sustituye célula por zona de ubicaciones.
- Se sustituye demanda de tráfico por número de usuarios con aparatos móviles encendidos.

Esta metodología puede ser adecuada para la primera implantación de la red. Una vez que la red ha sido implantada, se pueden tomar datos estadísticos sobre la velocidad de traspasos entre cada par de células adyacentes. Suponiendo que existe una proporcionalidad entre la tasa de actualización de ubicaciones y la tasa de traspasos entre cada par de células adyacentes, se puede calcular la tasa de actualización de ubicaciones para cualquier otra configuración de zonas de ubicaciones. Esto permite elegir la disposición de zona de ubicaciones que reduce al mínimo la tasa total de actualización de ubicaciones.

Bibliografía

- [1] MORALES-ANDRÉS (G.), VILLÉN-ALTAMIRANO (M.): An Approach to Modelling Subscriber Mobility in Cellular Radio Networks, *Forum TELECOM-87*, Ginebra 1987.

SERIES DE RECOMENDACIONES DEL UIT-T

Serie A	Organización del trabajo del UIT-T
Serie B	Medios de expresión: definiciones, símbolos, clasificación
Serie C	Estadísticas generales de telecomunicaciones
Serie D	Principios generales de tarificación
Serie E	Explotación general de la red, servicio telefónico, explotación del servicio y factores humanos
Serie F	Servicios de telecomunicación no telefónicos
Serie G	Sistemas y medios de transmisión, sistemas y redes digitales
Serie H	Sistemas audiovisuales y multimedios
Serie I	Red digital de servicios integrados
Serie J	Transmisiones de señales radiofónicas, de televisión y de otras señales multimedios
Serie K	Protección contra las interferencias
Serie L	Construcción, instalación y protección de los cables y otros elementos de planta exterior
Serie M	RGT y mantenimiento de redes: sistemas de transmisión, circuitos telefónicos, telegrafía, facsímil y circuitos arrendados internacionales
Serie N	Mantenimiento: circuitos internacionales para transmisiones radiofónicas y de televisión
Serie O	Especificaciones de los aparatos de medida
Serie P	Calidad de transmisión telefónica, instalaciones telefónicas y redes locales
Serie Q	Conmutación y señalización
Serie R	Transmisión telegráfica
Serie S	Equipos terminales para servicios de telegrafía
Serie T	Terminales para servicios de telemática
Serie U	Conmutación telegráfica
Serie V	Comunicación de datos por la red telefónica
Serie X	Redes de datos y comunicación entre sistemas abiertos
Serie Y	Infraestructura mundial de la información y aspectos del protocolo Internet
Serie Z	Lenguajes y aspectos generales de soporte lógico para sistemas de telecomunicación