

INFORME 1153

FUTUROS SISTEMAS PÚBLICOS DE TELECOMUNICACIONES
MÓVILES TERRESTRES

(Cuestión 39/8)

(1990)

1. Introducción y resumen

Al Grupo Interino de Trabajo 8/13, establecido por la Decisión 69 en 1985, se le encomendó la tarea de investigar la forma de los Futuros Sistemas Públicos de Telecomunicaciones Móviles Terrestres (FSPTMT), haciendo hincapié en particular en los objetivos globales, en las bandas de frecuencias adecuadas y en los grados de compatibilidad o de comunalidad; ello ha dado lugar a la elaboración de la Recomendación 687 sobre los FSPTMT.

En el presente Informe se resume el resultado de los estudios efectuados.

Desde el inicio del estudio se vio claramente que una radio de bolsillo personal de poco peso sería una característica predominante de los FSPTMT. La mayor parte de las administraciones apuntaron la conveniencia de que dicha Estación Personal (EP) fuese utilizable en cualquier lugar del mundo, con la correspondiente necesidad de una norma única sobre el interfaz aéreo. Sin embargo, la consideración de los diversos tipos de posibilidades de cobertura radioeléctrica para comunicaciones personales (desde alcances muy cortos destinados a edificios o zonas urbanas hasta las coberturas de mayor alcance en medios rurales pasando por las coberturas suburbanas de alcance medio, así como el deseo de enlaces con aeronaves o satélites) reveló que posiblemente necesiten requisitos de transmisión en RF y bandas de frecuencias. Además podría muy bien necesitarse un enlace en tándem desde la EP a través de otra conexión móvil. Hay una posibilidad de que el enlace final con la EP terminal pudiera ser el mismo. Sin embargo, la situación de la estación móvil instalada en un vehículo que accede a enlaces terrenales es diferente, y algunas administraciones han subrayado la necesidad de desplazamiento interregional mucho más reducido (aunque habrá necesidad de desplazamiento internacional dentro de una región). Por tanto, se acordó una mayor flexibilidad de las normas regionales en este uso. No obstante, también se admitió que una banda de frecuencias y un interfaz radioeléctrico comunes a escala mundial podían aumentar la posibilidad de reducir los costes de la red y de los terminales y aumentar la disponibilidad del equipo.

Las atribuciones de frecuencias efectuadas por la CAMR MOB-87 para el servicio móvil terrestre también influyeron en el estudio de los FSPTMT, con la constatación de las oportunidades que los enlaces por satélite podrían deparar a esos sistemas.

Se acordó establecer un cierto número de objetivos para los FSPTMT y se estimó conveniente dividir estos objetivos en 19 primarios y 10 secundarios. El carácter secundario permite más libertad de elección en la realización.

Los FSPTMT podrían considerarse como un complemento de la red fija (RTPC/RDSI), o como una parte integrante de la misma. Las características concretas del radiocanal impondrán, sin embargo, algunas limitaciones a los servicios ofrecidos, y también permitirán oportunidades en otros tales como despacho, llamadas de grupo, etc. El servicio debe ofrecerse a distintos tipos de terminales móviles que varían desde las EP hasta las Estaciones Móviles (EM) instaladas en vehículos. Además los FSPTMT deben ser utilizables como un sustituto temporal o permanente de la red fija. Las normas de los servicios prestados deben ser comparables con las de la red fija y tendrá que prestarse particular atención a la necesidad de una mayor confidencialidad/seguridad por el radiocanal (no sólo en la conversación, sino también en la facturación, etc.).

Se proponen dos escenarios complementarios. El primero trata de los servicios con base en tierra. Se trata de las EP que operan en cinco modos, es decir, acceso a una base "doméstica" privada, acceso a una base de oficina privada, acceso a una base personal pública, acceso a una base móvil pública directamente o comunicación vía una EM. La EM está conectada a una Estación de Base (EB) para su servicio móvil, y opera por derecho propio o como relevador de una EP. El segundo escenario consiste en enlaces por satélite con Estaciones Terrenas Móviles (ETM), por derecho propio o como relevador de una EP. También están previstos sistemas de radiobúsqueda por satélite y terrenales.

Se define una arquitectura que muestra los interfaces dentro de los FSPTMT y con la red fija. Se indica también la funcionalidad del equipo móvil.

Se analizan los factores que influyen en la elección de las bandas de frecuencias de explotación deseadas. A partir de los servicios que se van a ofrecer y de los modelos de tráfico, se hacen estimaciones de los requisitos en cuanto a factores como la modulación, codificación, reutilización, etc. a fin de evaluar la anchura de banda necesaria. Este Informe contiene también comentarios sobre la elección de la banda de frecuencias, incluidos posibles factores biológicos.

El deseo de compatibilidad en los FSPTMT y entre ellos se comenta en varias secciones del presente Informe, como asimismo las ventajas de una comunidad de concepción. Consideraciones de compatibilidad dentro de la RDSI dan lugar al concepto de correspondencia de sus canales B (portador) y D (señalización) con canales I (información) y C (control) para los FSPTMT.

2. Objetivos de los futuros sistemas móviles terrestres públicos de telecomunicaciones

Los FSPMT debe orientarse a la obtención de los siguientes objetivos, que se clasifican en primarios y secundarios. Los objetivos secundarios son aquellos que algunas administraciones o regiones pueden no desear incluir. Dentro de cada clase, los números son sólo una referencia y no suponen un orden de prioridad.

Primarios

- P1. Proporcionar servicios de telecomunicaciones vocales y no vocales a usuarios en movimiento o cuya posición puede variar (usuarios móviles).
- P2. Proporcionar estos servicios con una amplia gama de densidades de usuarios y de zonas de cobertura geográfica.

- P3. Hacer un uso eficaz y económico del espectro radioeléctrico consecuente con la prestación del servicio a un costo aceptable.
- P4. Proporcionar, en la medida de lo posible, un servicio de alta calidad e integridad, comparable al de la red fija.
- P5. Acomodar distintos tipos de terminales móviles, desde los que son lo suficientemente pequeños como para que una persona pueda transportarlos fácilmente (la radio de bolsillo personal) hasta los instalados en vehículos.
- P6. Ofrecer un marco para poder efectuar una extensión permanente de los servicios de redes móviles, y el acceso a servicios y facilidades de la red fija (RTPC/RDSI), a reserva de las limitaciones impuestas por las transmisiones radioeléctricas, la disponibilidad de espectro, y la economía de los sistemas.
- P7. Admitir la conexión de usuarios móviles con otros usuarios móviles o fijos, utilizando la red fija (RTPC/RDSI), u otras redes de telecomunicación, según convenga.
- P8. Admitir el uso del sistema móvil para ofrecer sus servicios a usuarios fijos: de manera permanente o temporal, en zonas rurales o urbanas.
- P9. Admitir la prestación del servicio por más de una red en cualquier zona de cobertura.
- P10. Permitir que los usuarios de estaciones móviles y fijas utilicen los servicios, con independencia de la posición (es decir, desplazamiento nacional e internacional).
- P11. Suministrar las funciones necesarias de autenticación de usuarios y de facturación.
- P12. Prever números únicos de identificación de usuarios y números RTPC/RDSI, de conformidad con las Recomendaciones apropiadas del CCITT.
- P13. Establecer la comunicación y la señalización integradas.
- P14. Establecer normas de los interfaces de señalización con arreglo al modelo de Interconexión de Sistemas Abiertos.
- P15. Ofrecer una arquitectura abierta que permita la fácil introducción de los adelantos tecnológicos, así como diferentes aplicaciones.
- P16. Permitir a cada usuario móvil solicitar distintos servicios, así como iniciar y recibir llamadas, según su deseo.
- P17. Permitir la coexistencia y la interconexión con sistemas móviles que utilizan enlaces por satélite directos, teniendo en cuenta la Recomendación E.171 del CCITT.

- P18. Establecer un esquema único de identificación del equipo.
- P.19 Prever una estructura modular que permita al sistema comenzar con una configuración lo más pequeña y simple posible y crecer conforme haga falta, tanto en tamaño como en complejidad, dentro de límites prácticos.

Secundarios

- S1. Prever niveles adicionales de seguridad (para servicios de voz y de datos) comparables con los de P4. Además, permitir la posibilidad de cifrado de extremo a extremo para servicios de voz y de datos.
- S2. Dotar al servicio de una flexibilidad que permita la integración opcional de servicios tales como el de telefonía móvil, de despacho, de radicibúsqueda y de comunicación de datos, o cualquier combinación de los mismos.
- S3. Dar una indicación al abonado que paga de las sobretasas de la llamada, por ejemplo, debido a sus desplazamientos.
- S4. Suministrar interfaces de terminales que permitan el uso alternativo de equipos terminales en la red RDSI fija.
- S.5 Facilitar el diseño de equipos y componentes que puedan soportar las condiciones rurales típicas (carreteras desiguales, ambiente polvoriento, temperatura y humedad extremas, etc.).
- S.6 Permitir que el sistema se configure para condiciones especiales en las que no se precise la movilidad entre células o incluso dentro de una célula; o donde haga falta un tráfico elevado por usuario.
- S.7 Tener en cuenta las necesidades de comunicaciones en la gestión y en los sistemas de control del tráfico rodado.
- S.8. Permitir la utilización de repetidores para salvar largas distancias entre terminales y estaciones de base, siempre que ello no limite la especificación de los interfaces radioeléctricos.
- S.9. Permitir la conexión de CAP o de centralitas rurales a las estaciones móviles.
- S.10. Permitir la ampliación del tamaño de la célula en zonas rurales o aisladas, siempre que ello no limite la especificación de los interfaces radioeléctricos.

3. Servicios

3.1 Introducción

Los usuarios, tanto si son servidos por la red móvil como por la fija, desean un servicio que confiera movilidad. Por ello este concepto forma parte de los futuros sistemas (fijos) de telecomunicaciones y de los FSPTMT. El grado de movilidad es diferente entre estas dos redes:

Movilidad de la red móvil

La movilidad implica la posibilidad para el usuario de estar en desplazamiento continuo (incluyendo la condición estacionaria) mientras accede a los servicios de telecomunicación y hace uso de los mismos. Esto requiere que los servicios de telecomunicación estén disponibles en todos los puntos de un volumen espacial y, en principio, en todo momento.

Movilidad de la red fija

La movilidad viene conferida por la flexibilidad de acceso al servicio de telecomunicación, que está disponible en determinadas localizaciones, de manera tal que el usuario pueda adoptar para su uso, y pueda configurar, cualquiera de esos terminales fijos para satisfacer sus necesidades. Estas necesidades tendrían que poder atenderse pasando de un terminal a otro sin restricciones en cuanto a su número o extensión.

Los FSPTMT ofrecerán una movilidad continua dentro de una zona de cobertura, mientras que la red fija ofrecerá una movilidad discreta.

Los FSPTMT pueden también beneficiarse de este concepto de flexibilidad de acceso, dado que estos sistemas ofrecen esas "capas superiores" de servicio (movilidad, flexibilidad de acceso) además de los servicios de telecomunicación convencionales.

Servicios que anteriormente podían considerarse como específicos de los sistemas (radioeléctricos) móviles independientes, tales como los de despacho, pueden incluirse ahora entre los servicios de telecomunicación suplementarios de los FSPTMT.

La descripción de los servicios se hará bajo siete epígrafes principales: requisitos generales, movilidad, acceso al servicio, servicios de telecomunicación, calidad básica de la conversación, seguridad, calidad de servicio.

Nota - El CCIR considera que las diferencias, desde el punto de vista del usuario, entre los servicios proporcionados por las redes móvil y fija tenderán a disminuir en el futuro. Para los usuarios será cada vez más difícil distinguir entre estas dos redes.

3.2 Requisitos generales

Los FSPTMT pueden ser un complemento de la RTPC/RDSI o bien formar parte integrante de la misma. Los servicios ofrecidos por la RTPC/RDSI y por cualesquiera otras redes públicas deben estar disponibles, en lo posible, en los FSPTMT, sin olvidar las diferencias de características entre la red fija y el entorno radioeléctrico móvil. Los FSPTMT pueden ofrecer además otros servicios, teniendo en cuenta la naturaleza especial de las comunicaciones móviles.

Los FSPTMT deben diseñarse de manera que permitan la explotación internacional y el desplazamiento automático de los abonados y las estaciones. Todavía no se ha decidido el grado de automatismo de la facilidad de desplazamiento entre redes (o entre países). Es preciso además que los FSPTMT tengan la capacidad de restringir el desplazamiento, así como el acceso a estaciones o abonados móviles no autorizados a partir de éstos.

El diseño de los FSPTMT debe hacerse de modo que no pueda revelarse al usuario que llama la posición de un usuario que se desplaza sin el consentimiento del abonado llamado. A la inversa, la posición del usuario que llama, cuando esté desplazándose, no debe revelarse al abonado llamado sin el consentimiento del primero.

Es posible que los servicios y facilidades ofrecidos por los FSPTMT no sean siempre los mismos en todos ellos.

En el diseño de los FSPTMT debe preverse la posibilidad de proporcionar en circunstancias favorables, servicios que requieran altas velocidades de información. Por ejemplo, si el terminal móvil está estacionario, o se desplaza lentamente, y se halla próximo a una estación de base que además no está muy cargada, ha de ser posible proporcionar servicios hasta la velocidad primaria de la RDSI de 1 536 ó 1 920 kbit/s. En circunstancias menos favorables (por ejemplo, terminales móviles a mayores distancias de la estación de base, o cuando la estación de base cursa a una fuerte carga de tráfico), puede que los servicios tengan que limitarse a los que utilizan velocidades menores.

Debe ser posible, en la medida permitida por las autoridades nacionales o internacionales, la utilización de las estaciones terminales de los FSPTMT en el entorno marítimo y aeronáutico.

Los FSPTMT deben ser capaces de prestar servicio a una diversidad de terminales móviles, desde los que son suficientemente pequeños como para que el usuario pueda llevarlos fácilmente, hasta los instalados en vehículos [De Brito, 1981].

Debe ser posible utilizar los FSPTMT como sustituto temporal o permanente de redes fijas, cuando las facilidades de las redes fijas estén limitadas o no se disponga de ellas o, de manera más general, cuando ello sea deseable por motivos de conveniencia o económicos. Los sistemas deberán ser capaces de adaptarse a estas condiciones (es decir, tráfico por usuario más elevado, ausencia de movilidad entre células o incluso dentro de una célula).

3.3 Movilidad continua

3.3.1 Definición

Movilidad continua es la capacidad de acceder a servicios de telecomunicación y hacer uso de los mismos mientras se está en desplazamiento continuo (incluyendo cuando el móvil está en estado estacionario), gracias a la existencia de facilidades de telecomunicación que están disponibles en todos los puntos de un volumen espacial y, en principio, en todo momento.

3.3.2 Limitaciones

Dentro de la anterior definición, puede estar limitado el grado de movilidad continua. Las limitaciones dependerán, por lo general, del tipo de terminal utilizado para acceder al servicio. A continuación se indican las limitaciones de la movilidad de los terminales para poder disponer de los servicios de los FSPTMT.

- i) Estación Personal (EP) (por ejemplo, portátil de bolsillo): puede utilizarse de distintas maneras con unas limitaciones determinadas. Dentro de los edificios, la velocidad de desplazamiento vendrá limitada por la rapidez de la marcha. Una limitación de velocidad similar es aplicable cuando la EP se utiliza en un vehículo en movimiento. En este caso, el vehículo puede proporcionar un enlace en tándem con la red a través de una Estación Móvil (EM) o de una Estación Terrena Móvil (ETM) ubicada en el vehículo. Cuando se use la EP directamente en el exterior, habrá de considerarse su utilización a velocidades de desplazamiento equivalentes incluso a las de un vehículo lento en zonas urbanas y suburbanas.
- ii) Estación Móvil (EM) (por ejemplo, instalada en vehículo): dentro de determinadas zonas de cobertura (urbanas, suburbanas o rurales), para velocidades de movimiento como, por ejemplo, las de trenes de alta velocidad.
- iii) Estación Terrena Móvil (ETM) (por satélite): dentro de determinadas zonas de cobertura (por ejemplo, zonas rurales y aisladas, con disponibilidad restringida en zonas urbanas y suburbanas) para velocidades de desplazamiento equivalentes, incluso, a las de aeronaves supersónicas.

Notas

1 - Es posible que algunas administraciones deseen realizar redes que permitan a las EP tener la misma movilidad que las EM. Las limitaciones de la movilidad variarán además en función de la tecnología utilizada.

2 - Será preciso estudiar la provisión de servicios de telecomunicación con aeronaves en tierra no equipadas con ETM (véase el Informe 1051).

3.4 Acceso al servicio

3.4.1 Introducción

Los FSPTMT pueden proporcionar al usuario una mayor movilidad y flexibilidad cuando se utiliza el Número de Telecomunicación Personal (NTP), definido más adelante.

En la mayoría de las redes existentes, los servicios de telecomunicación se prestan a los usuarios haciendo uso de la identidad del equipo. A menudo, son varios los usuarios que acceden a un mismo equipo, compartiéndolo.

La aplicación de los conceptos expuestos en este punto hace esa compartición más formal; los diversos usuarios que pueden acceder a un determinado equipo y en un momento determinado, no siempre "transitarán" juntos, lo que hace necesaria una gestión diferente de cada uno de ellos. Hay que dar por tanto, definiciones precisas de todos los conceptos que se utilizan en este punto.

3.4.2 Definiciones y comentarios

Es preciso considerar conjuntamente todas las definiciones que figuran a continuación; algunas de las cuales se basan en definiciones del CCITT, o se derivan de ellas.

El orden en que se presentan estas definiciones no es indicativo de la importancia de las mismas. Este orden se eligió para introducir progresivamente los diversos conceptos que se presentan. Algunas definiciones se reproducen aquí a efectos de integridad de la presentación o para evitar toda interpretación errónea de los nuevos conceptos.

En la Figura 1 se ilustran algunos de estos conceptos.

3.4.2.1 Usuario

a) Definición

El usuario es una persona (o una función lógica de la persona) o un dispositivo/máquina designada por el abonado, individualmente o por clases, que tiene acceso al servicio y que posee la autorización, individualmente o por clases, que exige el explotador de la red o un agente autorizado (véase la Recomendación I.112 del CCITT).

b) Comentarios y ejemplos

Los conceptos que se presentan en este punto requieren que se aclare que el término "usuario" puede abarcar sólo un aspecto particular de quienes utilizan la red. Con los ejemplos de "usuario" que se dan a continuación, se ilustran las consecuencias que esto puede tener:

- una persona;
- un aspecto particular de la actividad de una persona (podría diferenciarse a efectos de tarificación o de reenvío de llamadas) en su vida privada o en su actividad profesional (por ejemplo, conductor de un camión);

- un vehículo como tal (por ejemplo, para la gestión de una flota de vehículos);
- la carga de un vehículo (por ejemplo, para la gestión de una flota de contenedores).

En muchos casos, los distintos usuarios del ejemplo anterior podrían compartir durante cierto tiempo, un mismo equipo móvil y transitar por vías independientes, necesitando por ello medios de identificación específicos (véase a continuación el punto 3.4.2.4)

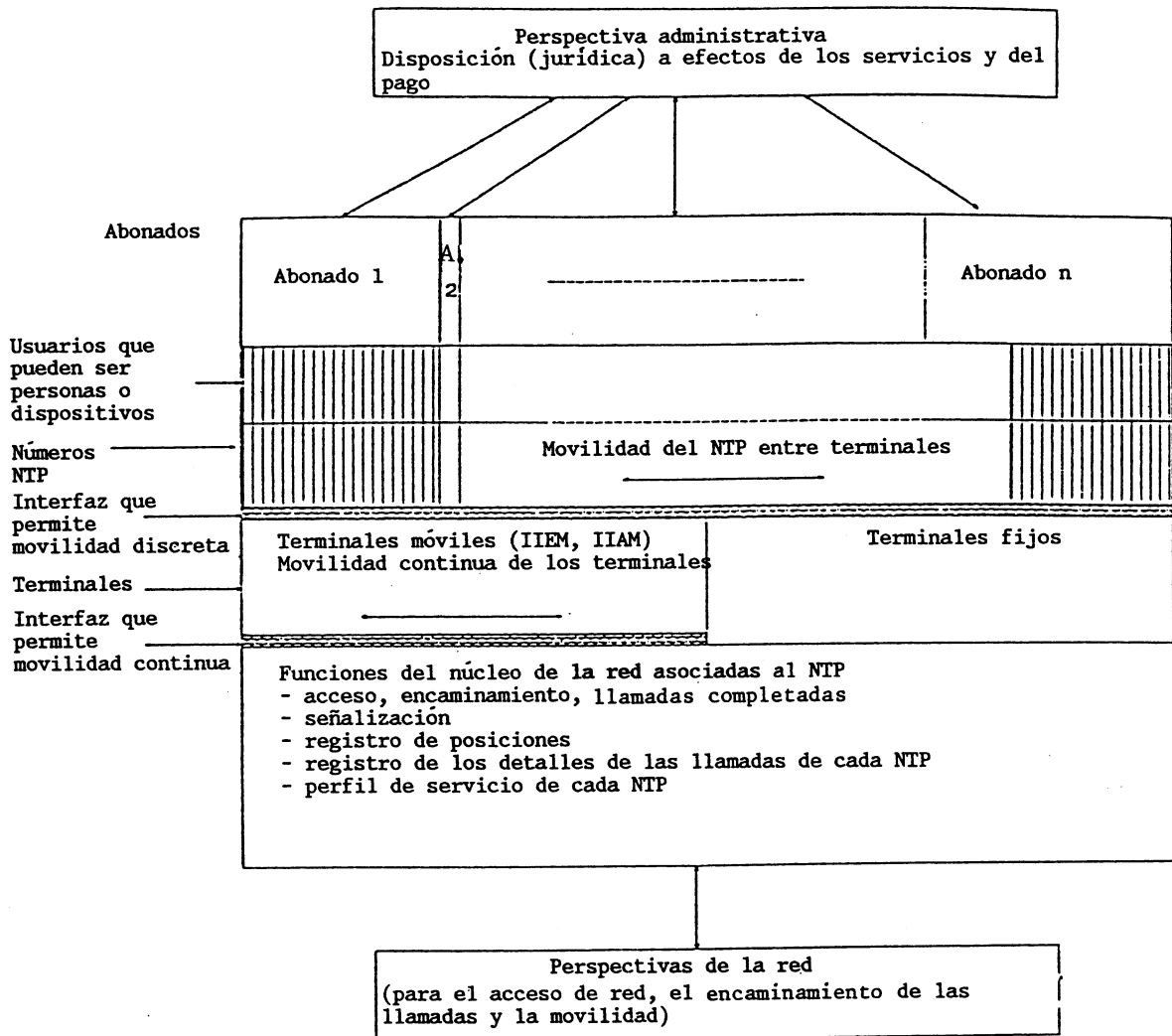


FIGURA 1

Concepto de Número de Telecomunicación Personal (NTP)

ITEM : Identidad internacional de estación móvil

IIAM : Identidad internacional de abonado móvil

3.4.2.2 Identidad Internacional del equipo de Estación Móvil (IIEM)

a) Definición

La IIEM identifica de manera exclusiva la estación móvil como un elemento o un conjunto de equipo.

b) Comentarios y ejemplos

La IIEM puede ser un número de serie del equipo móvil, asignado al mismo de manera permanente.

3.4.2.3 Identidad Internacional del Abonado Móvil (IIAM)

a) Definición

La IIAM identifica de manera exclusiva la estación móvil como autorizada por un explotador de red. Puede establecerse directamente su correspondencia con el número de la guía de abonados existente (véase la Recomendación E.212 del CCITT).

b) Comentarios

En muchos casos existe una correspondencia biunívoca, en un determinado momento, entre la IIEM y la IIAM.

3.4.2.4 NTP (Número de Telecomunicación Personal) y servicio NTP

a) Definición

El servicio NTP es un servicio ofrecido por los FSPTMT que da a la red la posibilidad de identificar a un determinado usuario al que debe servirse, independientemente de la identidad del equipo físico (IIEM e IIAM) que presta servicio a ese usuario.

El identificador que debe usarse para acceder a un usuario determinado se denomina NTP de ese usuario.

b) Comentarios y ejemplos

Hay una correspondencia biunívoca entre los usuarios (véase la definición en el punto 3.4.2.1-a)) y los NTP.

Se puede acceder a varios NTP a través de una misma unidad terminal.

Un NTP puede ser atendido por diferentes unidades terminales para servicios diferentes.

Un abonado puede tener varios NTP, cada uno de ellos autorizado para un usuario distinto.

Mediante el servicio NTP, los usuarios podrán beneficiarse tan independientemente como sea posible de los servicios de comunicación tanto del equipo físico utilizado como de la red que transporta la información. En particular, no debe ser necesario que el abonado que llama sepa con qué red puede comunicar el terminal móvil en un momento determinado.

Se espera que, en principio, el usuario que utiliza el NTP pueda obtener servicios de telecomunicación a través de las facilidades de cualquier red pública de telecomunicaciones (FSPTMT, RMTP, RDSI, RTPC, etc.) o de redes privadas asociadas (es decir, redes privadas que admiten el servicios de NTP y los servicios de los FSPTMT).

Esto exige que la combinación concreta de red y terminal permita utilizar los servicios deseados.

3.4.2.5 Registro

a) Definición

En el contexto del presente punto 3, el registro es la acción por la cual el usuario indica a la red que todas o una parte de las llamadas dirigidas a él (a su NTP) deben enviarse a un determinado equipo terminal de telecomunicación.

b) Comentarios y ejemplos

Para conseguir servicios de una red con un determinado equipo físico, el usuario puede registrarse utilizando su NTP a través de ese terminal (véase el § 3.4.2.6).

El registro puede hacerse automáticamente, cuando un dispositivo inteligente está conectado al equipo terminal, o manualmente por el usuario (introduciendo por teclado el NTP más una contraseña o mediante un dispositivo con inteligencia/memoria).

En algunos casos, un abonado o su representante pueden también efectuar el registro en nombre de un usuario.

Un mismo equipo de telecomunicación puede ser compartido por varios usuarios (correspondientes a varios NTP). Es posible, por consiguiente, que varios usuarios se registren simultáneamente a través de dicho equipo.



3.4.2.6 Perfil del servicio NTP

a) Definición

El perfil del servicio NTP es la información relativa a un NTP determinado, que se precisa para que la red pueda efectuar el tratamiento de las llamadas con ese NTP. Los perfiles de servicio NTP complementan cualesquiera otros perfiles o discriminaciones de la red.

b) Comentarios y ejemplos

Existe una relación biunívoca entre los NTP y los perfiles de servicio NTP.

Los servicios que han de prestarse a un determinado usuario dependen del perfil del servicio NTP correspondiente a su NTP.

Una parte del perfil del servicio NTP dependerá de la información suministrada al abonarse al mismo, mientras otra parte puede ser actualizada dinámicamente por el usuario.

Además, utilizando o modificando su perfil de servicio NTP, el usuario puede pedir a una red que ciertos servicios dirigidos a su NTP sean atendidos por terminales especificados (por ejemplo, llamadas que han de reenviarse a otro terminal).

Un abonado o su representante pueden, en algunos casos, modificar el perfil del servicio NTP de un usuario.

El perfil del servicio NTP puede utilizarse también para el análisis selectivo de las llamadas entrantes.

3.4.2.7 Número de Identificación Personal (NIP)

a) Definición

Información confidencial que puede utilizarse para la autenticación del usuario.

3.4.3 Características del servicio NTP

Se puede acceder a un usuario utilizando su NTP.

El NTP asignado es independiente de:

- i) la red física, incluidos los medios de acceso (por ejemplo, acceso radioeléctrico, acceso por cable) y los terminales;



- ii) los servicios (por ejemplo, voz, datos); y
- iii) la localización geográfica.

El servicio NTP proporciona:

- i) acceso al servicio;
- ii) registro de posiciones;
- iii) encaminamiento, aviso y entrega de la llamada con seguimiento del terminal móvil;
- iv) autenticación; y
- v) tasación.

El NTP es esencial para el desplazamiento automático entre redes y entre terminales.

3.4.4 Formato del NTP

El formato del NTP es tema de estudio en el CCITT. Un ejemplo de formato de NTP podría ser:

IP + IS + IE + NP

IP: Indicativo de País

IS: Indicador de Servicio (bandera "NTP" o bandera "no NTP")

IE: Identidad del Explotador (administración o EPER)

NP: Número Personal.

3.5 Servicios de telecomunicación

3.5.1 Introducción

Los servicios de telecomunicación que prestarán los FSPTMT deben reflejar las necesidades de comunicación de los usuarios en un entorno móvil.

En este punto, los servicios se clasifican en primer lugar desde la perspectiva del usuario, en términos de categorías y clases de servicio y tipos de información comunicada.

La combinación de estos factores determina los requisitos específicos que ha de cumplir la red en materia de teleservicios ofrecidos y capacidad portadora. Los servicios de red se definen a su vez en términos de atributos específicos.

En el Cuadro I se indican en forma resumida algunos servicios típicos así definidos.

3.5.2 Categorías y clases de servicio

Se han determinado tres categorías principales de servicios: servicios de movilidad, servicios interactivos y servicios de distribución, conforme se muestra en la Figura 2. Tal como indica la figura, estas tres categorías se subdividen a su vez en nueve clases de servicios.

Los servicios de movilidad son los que, de manera específica, se derivan de la necesidad de movilidad del usuario. Los interactivos y de distribución son muy próximos a los definidos por el CCITT para la red fija en la Recomendación I.121. En la categoría de servicios de distribución se han agregado los servicios unidireccionales direccionados.

CUADRO I

Servicios de los FSPIMT

Perspectiva del usuario				Requisitos de red de los FSPIMT	
Categorías y clases de servicio	Tipo de información	Descripción de los servicios	Ejemplo de aplicación de los FSPIMT	Teleser-vicio	Capacidad portadora
1. Servicios de movilidad					
1.1 Localización	Voz	Anuncio vocal de la posición del usuario	- *		
	Audio	*			
	Texto	Información por escrito de la posición del usuario	- información de posición al despachador	- texto	≤ 8 kbit/s
	Imagen	Datos de imagen de la posición del usuario	- navegación móvil a vehículos o al despachador	- datos	
	Vídeo	*			
	Señalización	Información de señalización según la posición del usuario	- presentación de datos específicos de posición para que el usuario pueda configurar el equipo o el perfil de servicio	- datos	≤ 8 kbit/s
1.2 NTP	Voz	*			
	Audio	*			
	Texto	*			
	Imagen	*			
	Vídeo	*			
	Señalización	Envío del NTP del usuario o del NTP llamado para el encañamiento de la llamada	- marcación e identificación personal	- datos	≤ 8 kbits/s
1.3 Reasignación dinámica	Voz	*			
	Audio	*			
	Texto	*			
	Imagen	*			
	Vídeo	*			
	Señalización	Atribución de una facilidad de comunicación al usuario en función del perfil del NTP	- señalización de disponibilidad de facilidad (disponible, ocupada o no disponible)	- datos	≤ 8 kbits/s

* Pendiente de estudio ulterior para determinar nuevos servicios de usuario posibles de los FSPIMT.

CUADRO I (cont.)

Perspectiva del usuario				Requisitos de red de los FSPIMT	
Categorías y clases de servicio	Tipo de información	Descripción de los servicios	Ejemplo de aplicación de los FSPIMT	Teleservicio	Capacidad portadora
2. Servicios interactivos					
2.1 Conversacional (bidireccional en tiempo real)	Voz	Conexión vocal bidireccional de extremo a extremo	- llamada telefónica entre dos personas - llamada telefónica pluripartita	- conversación	8-64 kbit/s
	Audio	Conexión audio bidireccional de extremo a extremo	- conferencia audio	- sonido radiofónico	64-384 kbit/s
			- datos interactivos con módems o tonos DTMF	- datos	8-64 kbit/s
			- control y supervisión de instrumentos de datos médicos de conversión A/D y D/A	- datos (telemedida y control)	8-64 kbit/s
	Texto	Conexión de extremo a extremo para presentación bidireccional de texto	- llamada de datos entre dos personas para compartición de pantalla	- texto	8-64 kbit/s
			- llamada de datos pluripartita	- texto	8-64 kbit/s
			- conversación de mensajes cortos sin conexión	- datos	8-64 kbit/s
Imagen	Conexión de imagen bidireccional de extremo a extremo	- fax bidireccional	- telefax	8-64 kbit/s	
Vídeo	Conexión vídeo bidireccional de extremo a extremo	- vídeo comprimido bidireccional	- videotelefonía	64-1 920 kbit/s	
Señalización	Conexión de señalización bidireccional de extremo a extremo	- control a distancia y adquisición de estado	- señalización	Paquetes sin conexión	
<p>Notas - Puede haber diversas combinaciones de servicios que no sean simétricas en un sentido a otro pero que constituyan un servicio conversacional.</p> <p>- Puede haber también combinaciones de clases de servicios en una utilización determinada de servicios de telecomunicación.</p>					
2.2 Mensajería (almacenamiento y retransmisión)	Voz	Voz con almacenamiento y retransmisión	- buzón para voz	- conversación	8-64 kbit/s
	Audio	Audio con almacenamiento y retransmisión	-*		
	Texto	Datos/texto con almacenamiento y retransmisión	- correo electrónico	- texto	100 bits/s-64 kbit/s
			- búsqueda con texto	- texto	velocidad binaria baja
	Imagen	Imagen con almacenamiento y retransmisión	- buzón fax	- telefax	8-64 kbit/s
	Vídeo	Vídeo con almacenamiento y retransmisión	- buzón vídeo	- buzón vídeo	64-1 920 kbit/s
Señalización	Señalización con almacenamiento y retransmisión	- aviso de llamada - identificación del número llamante	- datos - datos	100 bits/s-64 kbit/s 8-64 kbit/s	

* Pendiente de estudio ulterior para determinar nuevos servicios de usuario posibles de los FSPIMT.

CUADRO I (cont.)

Perspectiva del usuario				Requisitos de red de los FSPIMT	
Categorías y clases de servicio	Tipo de información	Descripción de los servicios	Ejemplo de aplicación de los FSPIMT	Teleservicio	Capacidad portadora
2.3 Consulta (acceso a información almacenada)	Voz	Acceso a mensajes vocales almacenados	- acceso telefónico a un menú oral - cotizaciones bursátiles orales	- consulta vocal - consulta vocal	8-64 kbit/s 8-64 kbit/s
	Audio	Acceso a mensajes audio almacenados	- sonido radiofónico	- audio-texto	64-384 kbit/s
	Texto	Acceso a mensajes de texto almacenado	- tablero de anuncios electrónico	- teletexto	8-64 kbit/s
	Imagen	Acceso a imágenes almacenadas	- listas de edificios y viviendas con fotografías	- consulta telefax/imagen	8-64 kbit/s
	Vídeo	Acceso a imágenes en movimiento almacenadas	- telecompra	- vídeo	64-1 920 kbit/s
	Señalización	Acceso a señalización almacenada	- activación de característica de red (reenvío de llamada, etc.) - interrogación secuencial de estación de teledida	- datos - datos	8 kbit/s 8-64 kbit/s
3. Servicios de distribución					
3.1 Distribución (difusión general o restringida en tiempo real)	Voz	Difusión general o restringida de mensajes vocales	- anuncios de servicios públicos - despacho de taxis	- conversación - conversación	8-64 kbit/s 8-64 kbit/s
	Audio	Difusión audio	- *		
	Texto	Difusión general o restringida de textos	- *		
	Imagen	Difusión de imagen	- *		
	Vídeo	Difusión de vídeo	- *		
	Señalización	Difusión de información de señalización	- *		
3.2 Servicios de distribución con control de la presentación por el usuario	Voz	*			
	Audio	*			
	Texto	Selección de un mensaje de texto entre varios difundidos simultáneamente por un canal	- servicio de información urbana	- texto	8-64 kbit/s
	Imagen	Selección de una imagen, ... etc.	- telecompra	- telefax/imagen	8-64 kbit/s
	Vídeo	Selección de una imagen en movimiento, ... etc.	- telecompra	- vídeo comprimido	64-1 920 kbit/s
	Señalización	*			

* Pendiente de estudio ulterior para determinar nuevos servicios de usuario posibles de los FSPIMT.

CUADRO I (cont.)

Perspectiva del usuario				Requisitos de red de los FSPIMT	
Categorías y clases de servicio	Tipo de información	Descripción de los servicios	Ejemplo de aplicación de los FSPIMT	Teleservicio	Capacidad portadora
3.3 Unidireccional direccionado (en tiempo real)	Voz	Mensaje vocal	- búsqueda vocal, llamada individual o de grupo	- conversación	8-64 kbit/s
	Audio	*			
	Texto	Mensaje de texto	- radiobúsqueda con visualización de texto, llamada individual o de grupo	- datos	8-64 kbit/s
	Imagen	Imagen direccionada	- telefax, punto a punto o punto a multipunto	- telefax	8-64 kbit/s
	Vídeo	*			
	Señalización	Mensaje de señalización	- radiobúsqueda sólo aviso	- datos	≤ 8 kbit/s

* Pendiente de estudio ulterior para determinar nuevos servicios de usuario posibles de los FSPIMT.

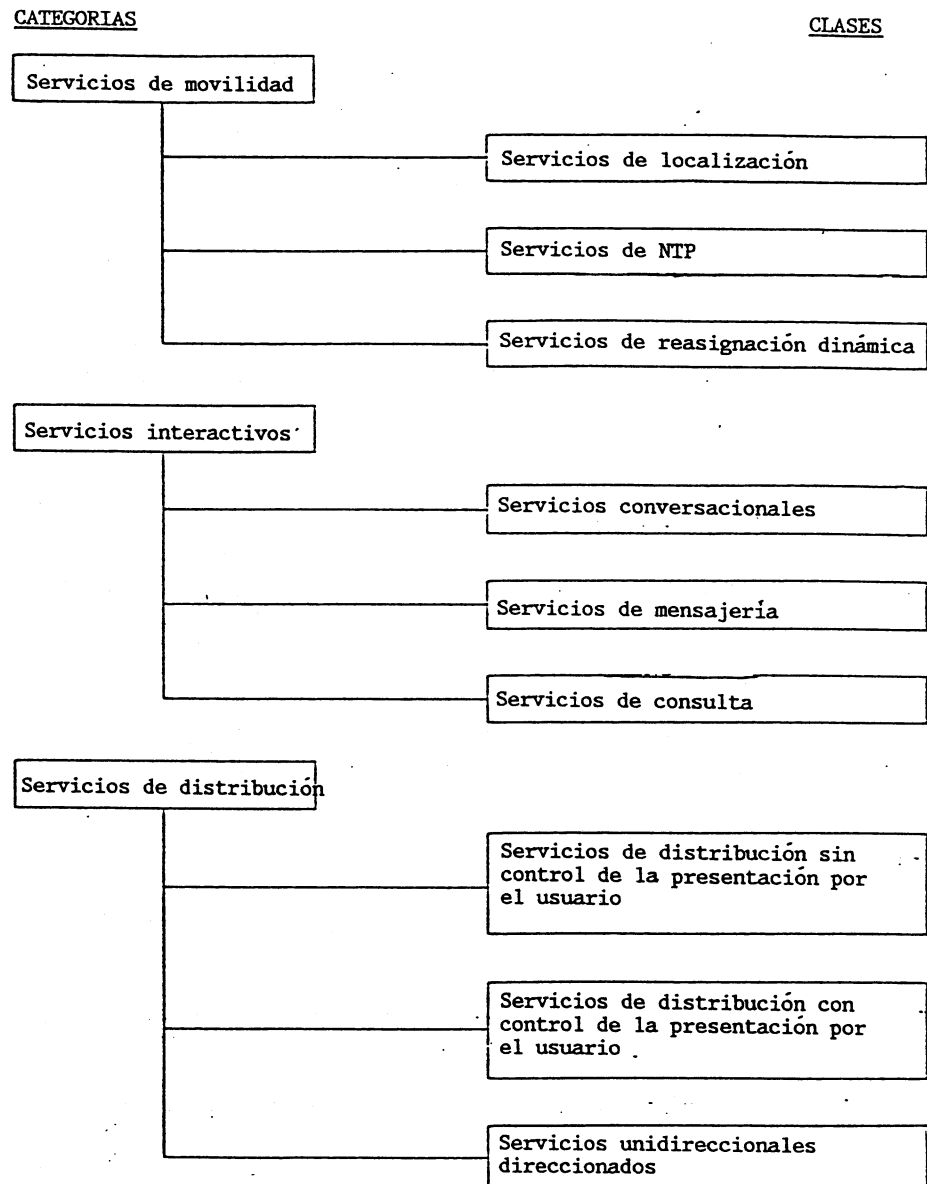


FIGURA 2

Clasificación de los servicios móviles3.5.3 Definición de las clases de servicios

Las definiciones de los servicios de movilidad se basan en los conceptos de movilidad expuestos en los § 3.1 a § 3.4. Las siguientes definiciones de las categorías de servicios de distribución interactiva se han tomado de la Recomendación I.121 del CCITT y se presentan aquí a fin de ofrecer una imagen completa. La definición de los servicios unidireccionales direccionados se basan en servicios de red existentes, como el de radiobúsqueda oral en tiempo real.

3.5.3.1 Servicios de localización

Para que la explotación sea satisfactoria, los FSPTMT han de conocer la posición de la unidad móvil con un cierto grado de precisión. Esta capacidad es la piedra angular de las telecomunicaciones personales mundiales. Los FSPTMT pueden suministrar información de localización a usuarios autorizados, por ejemplo, instancias competentes en caso de llamadas de emergencia o para la gestión del tráfico de vehículos. A fin de proteger el secreto del abonado, el acceso a la información de localización debe limitarse a aplicaciones específicas, autorizadas por el cliente y la administración afectados.

3.5.3.2 Servicios NTP

Los servicios NTP se definen en el § 3.4. Facilitan acceso flexible a la red fija o a los FSPTMT, a los usuarios cuyas necesidades de comunicación exijan movilidad.

3.5.3.3 Servicios de reasignación dinámica

Una de las características esenciales que la movilidad ofrece a un usuario es la de poder recibir y/u originar una llamada donde quiera que se encuentre. Este concepto implica la necesidad de servicios de reasignación dinámica de llamadas para seguir los desplazamientos del usuario, tanto en el espacio como en el tiempo.

3.5.3.4 Servicios conversacionales

Los servicios conversacionales proporcionan en general comunicación dialogada bidireccional con transferencia en tiempo real (sin almacenamiento ni retransmisión) de extremo a extremo, entre usuarios o entre un usuario y una base de datos (por ejemplo, tratamiento de datos). El flujo de información del usuario puede ser bidireccional simétrico, bidireccional asimétrico y, en determinados casos (por ejemplo, en la videovigilancia), unidireccional combinado con un enlace de señalización/control en el sentido opuesto.

Son ejemplos de servicios conversacionales móviles la telefonía, la videotelefonía, la teleconferencia y transmisión de datos y los mensajes cortos de texto sin conexión.

3.5.3.5 Servicios de mensajería

Los servicios de mensajería ofrecen comunicación de usuario a usuario, entre usuarios individuales, por conducto de unidades de almacenamiento, con funciones de almacenamiento y retransmisión, de buzón electrónico y/o de tratamiento de mensajes (por ejemplo, edición, tratamiento y conversión de información).

Son ejemplos de servicios móviles de mensajería los servicios de tratamiento de mensajes y los servicios de correo electrónico para información de imagen, de texto y de audio.

3.5.3.6 Servicios de consulta

El usuario de los servicios de consulta puede extraer información almacenada en centros de información que son, en general, de uso público. Esta información se enviará al usuario solamente si la solicita. La información puede consultarse individualmente. Además, el usuario controla el instante en que debe comenzar una secuencia de información.

Como ejemplos de servicios de consulta móviles pueden mencionarse los de imágenes, de información audio y de información de archivos.

3.5.3.7 Servicios de distribución sin control de la presentación por el usuario

Estos servicios incluyen los de difusión. Proporcionan un flujo continuo de información que es distribuida desde una fuente central a un número ilimitado de receptores autorizados conectados a la red. El usuario puede acceder a este flujo de información, pero sin la posibilidad de determinar en qué instante debe comenzar la difusión de la cadena de información. El usuario no puede controlar el comienzo ni el orden de presentación de la información difundida. La información puede ser presentada desde su comienzo, o puede no serlo, según el momento en el que se produce el acceso del usuario.

Son ejemplos de estos servicios los servicios móviles de difusión de programas de imágenes, texto y audio.

3.5.3.8 Servicios de distribución con control de la presentación por el usuario

Los servicios de esta clase distribuyen también información desde una fuente central a un gran número de usuarios. Sin embargo, la información se proporciona como una secuencia de entidades de información (por ejemplo, tramas) con repetición cíclica. Por tanto, el usuario puede tener acceso individual a la información distribuida cíclicamente, y controlar el instante de comienzo y el orden de la presentación. Debido a la repetición cíclica, las entidades de información seleccionadas por el usuario se presentarán siempre desde el comienzo.

Un ejemplo de estos servicios es el de teletexto.

3.5.3.9 Servicios direccionados unidireccionales

Los servicios de esta clase distribuyen información desde una fuente central a un gran número de usuarios. Pero cada mensaje está direccionado a uno o más usuarios de un grupo.

Son ejemplos de ellos los servicios unidireccionales vocales, de texto, de audio y de video y los de radiobúsqueda sin acuse de recibo.

3.5.4 Tipos de información

Los FSPTMT deben poder transmitir los siguientes tipos de información:

Voz	(ley A o ley μ)
Audio	(3,1/7/15 kHz, incluyendo módems de banda vocal, señalización multifrecuencia de doble tono, etc.)
Texto	(ASCII, etc.)
Imagen	(Resolución variable de hasta 1.000 dpi, color)
Vídeo	(Movimiento limitado, color)
Señalización	(Velocidad de transmisión de datos variable)
Datos	(Asíncronos y síncronos, a diversas velocidades binarias)

Debe ser posible transmitir combinaciones de estos tipos de información, según proceda.

3.5.5 Descripción de los servicios de red

Los servicios de telecomunicación pueden dividirse en dos amplias categorías:

- servicios básicos; y
- servicios suplementarios.

Los servicios de telecomunicación suplementarios modifican o complementan a los servicios básicos. En consecuencia, los servicios suplementarios no pueden ofrecerse al cliente como servicios aislados. Deben ofrecerse junto con un servicio de telecomunicación básico o en asociación con el mismo. Un mismo servicio suplementario puede ser común a varios servicios de telecomunicación.

Los servicios básicos y suplementarios pueden subdividirse a su vez en:

- servicios portadores;
- teleservicios.

Los servicios portadores proporcionan la capacidad de transmitir señales entre interfaces usuario-red. Los teleservicios proporcionan una capacidad total de comunicación entre usuarios, incluidas las funciones de equipo terminal, de conformidad con los protocolos convenidos entre la administración y los suministradores del servicio. Los teleservicios utilizan las capacidades de uno o más servicios portadores.

Para cada tipo de servicio, ya sea portador, teleservicio o suplementario, hay un conjunto de atributos que especifican las características del mismo.

En los puntos que siguen se describen los servicios que deben ofrecer los FSPTMT. Muchos de ellos se basan en definiciones del CCITT que figuran en las Recomendaciones de la serie I.200. Se indican los aspectos de los servicios que quizá requieran modificaciones para poder prestarse en los FSPTMT. Dado que los FSPTMT permiten la movilidad del usuario, podrán facilitar servicios adicionales que no existen en la red fija.

A medida que se vayan definiendo nuevos servicios de telecomunicación en la RDSI, se deberá verificar si es posible ofrecerlos a los usuarios móviles mediante nuevos servicios de los FSPTMT o mediante el interfuncionamiento servicio/red con servicios existentes de los FSPTMT.

Debido a las limitaciones del espectro, es posible que algunos de los servicios de la RDSI se tengan que ofrecer de manera ligeramente diferente en los FSPTMT (por ejemplo, la conversación transmitida por la RDSI a 64 kbit/s se transmitirá a velocidades binarias inferiores a 16 kbit/s).

3.5.5.1 Servicios portadores

Las limitaciones impuestas por la transmisión radioeléctrica, la disponibilidad de espectro y los factores económicos hacen difícil la provisión de los canales B y D completos de la RDSI con un grado de servicio aceptable. Para los FSPTMT deben definirse canales de velocidad binaria inferior (o canales de velocidad reducida) equivalentes al canal B (portador) y al canal D (señalización). En los FSPTMT se designan por I (canal de información) y C (canal de control) los canales de velocidad inferior que ofrecen un servicio funcionalmente equivalente al de los canales B y D respectivamente.

Cuando el protocolo se basa en el protocolo del canal D es posible la prestación de nuevos servicios portadores.

3.5.5.2 Servicios portadores en modo circuito

Se pueden definir servicios portadores para una gama de velocidades binarias.

Categoría de servicio portador estructurado a 8 kHz, en modo circuito a N kbit/s, sin restricciones, siendo, por ejemplo, N = 8, 16, 32, 64, (2 x 64), 384, 1 536 y 1 920.

Pueden utilizarse servicios portadores con velocidades de transmisión de datos < 64 kbit/s (canales de velocidad reducida). Los servicios portadores a velocidades de transmisión de datos < 8 kbit/s deben ser objeto de un estudio ulterior, pero pueden tener importancia en las aplicaciones por satélite.

Los servicios portadores RDSI descritos en las Recomendaciones I.231.1, I.231.5, I.231.6, I.231.7 e I.231.8 del CCITT corresponden a velocidades de transmisión de datos de 64, (2 x 64), 384, 1 536 y 1 920 kbit/s respectivamente.

Las velocidades de transmisión de datos de los servicios portadores en modo circuito dependen de la combinación de servicios, de la disponibilidad de espectro y de la demanda del mercado y deben ser objeto de ulterior estudio. Es probable que en las realizaciones iniciales, las velocidades superiores a 64 kbit/s se limiten a las aplicaciones dentro de edificios. A medida que la tecnología se perfeccione, será posible utilizar velocidades binarias mayores y aumentar la cobertura.

Categoría de servicio portador estructurado a 8 kbit/s en modo circuito a N kbit/s, siendo N = 8, 16, 32 y 64, utilizable en el servicio RDSI de transferencia de información de conversación.

La Recomendación I.231.2 del CCITT corresponde a N = 64 kbit/s.

Este servicio portador es similar al servicio sin restricción examinado más arriba, salvo que los FSPTMT y la red fija pueden utilizar técnicas de tratamiento apropiadas para la conversación. Por ello, la integridad de los bits no está garantizada.

Categoría de servicio portador estructurado a 8 kHz en modo circuito a 64, 32 y 16 kbit/s y velocidades inferiores, utilizable para transferencia de información de audio a 3,1 kHz.

La Recomendación I.232.3 del CCITT define un servicio a 64 kbit/s. El funcionamiento a 32 kbit/s a 16 kbit/s y a velocidades inferiores requiere un estudio ulterior.

Este servicio portador es adecuado para las aplicaciones con módems y de telefax, así como de conversación.

3.5.5.3 Servicios portadores en modo paquete

Categoría de servicio portador de llamada virtual y de circuito virtual permanente, por canal B (Recomendación I.232.1 del CCITT) o canal I.

Estos servicios ofrecen acceso a los servicios de datos con conmutación de paquetes.

El canal de acceso a la información del usuario, en los FSPTMT, puede ser un canal de velocidad reducida. Puede limitar el tamaño máximo del paquete y la calidad del servicio. Hace falta un estudio ulterior para determinar cómo pueden beneficiarse del servicio de paquetes los usuarios de datos de los FSPTMT.

Categoría de servicio portador sin conexión por canal D (Recomendación I.232.2 del CCITT) o canal C.

El canal de acceso en los FSPTMT puede ser un canal D de velocidad reducida.

Categoría de servicio portador de señalización de usuario (Recomendación I.232.3 del CCITT).

3.5.5.4 Teleservicios

Los servicios FSPTMT deben admitir los teleservicios cuya relación figura a continuación. Estos incluyen teleservicios derivados de la Figura C-2/I.210 de la Recomendación I.210 del CCITT y varios servicios adicionales.

Muchos de los servicios que se enumeran se basan en definiciones de Recomendaciones del CCITT, con las modificaciones necesarias para adaptarlos a los FSPTMT.

a) Telefonía

El servicio telefónico permite a los usuarios de los FSPTMT mantener una conversación bidireccional en tiempo real. El servicio debe basarse en la Recomendación I.241.1 del CCITT, modificada para su aplicación a los FSPTMT. Dicha aplicación requiere ulterior estudio.

b) Sonido radiofónico

El servicio de sonido radiofónico permite a los usuarios de los FSPTMT entregar información con calidad de radiodifusión sonora.

c) Texto

En las Recomendaciones de la Serie X.400 del CCITT se describen los teleservicios de texto. Su aplicación en los FSPTMT requiere un estudio ulterior.

d) Teletexto

El servicio teletexto da a los usuarios de los FSPTMT la posibilidad de intercambiar correspondencia de oficina en forma de documentos de información con codificación teletexto, automáticamente, de memoria a memoria. (Recomendación I.241.2 del CCITT).

e) Búsqueda

Los FSPTMT deben tener la posibilidad de proporcionar servicios de búsqueda integrados con los servicios telefónico y de datos, en la medida que lo permita cada administración. Los satélites de servicios móviles pueden ofrecer búsqueda en zona amplia, más allá del alcance de los sistemas terrenales.

Los FSPTMT deben proporcionar servicios de búsqueda de diferentes modos:

- "transmisión en bucle abierto" (es decir, mensaje de búsqueda enviado a un dispositivo que no acusa recibo).

- "transmisión en bucle cerrado" o "con acuse de recibo de red" (es decir, mensaje de búsqueda enviado a un dispositivo que acusa recibo del mismo)
- "con acuse de recibo del usuario" (es decir, el acuse de recibo se envía cuando el usuario indique al dispositivo que ha recibido el mensaje).

El expedidor del mensaje de búsqueda debe tener la posibilidad de elegir el modo preferido (que el expedidor reciba o no un acuse dependerá del equipo del dispositivo de búsqueda y de las condiciones de propagación).

f) Videotex

El servicio videotex proporcionará un servicio de consulta de información en forma de texto e imágenes. Debe basarse en la Recomendación I.241.5 del CCITT, modificada para que sea aplicable a los FSPTMT.

g) Telefax

El servicio telefax permitirá a los usuarios intercambiar correspondencia en forma de documentos que contengan información con codificación telefax, automáticamente, de memoria a memoria, vía los FSPTMT. La normalización de este servicio debe basarse en la Recomendación I.241.2 del CCITT, modificada para que sea aplicable a los FSPTMT.

h) Vídeo de radiodifusión

El servicio de vídeo de radiodifusión permitirá a los usuarios entregar vídeo a través de la red. Probablemente todo el vídeo de radiodifusión transportado a través de los FSPTMT estará comprimido.

i) Videovigilancia

El servicio de videovigilancia dará a los usuarios la posibilidad de entregar vídeo para fines de vigilancia a distancia.

j) Videotelefonía

El servicio videotelefónico permitirá a los usuarios de los FSPTMT mantener una conversación bidireccional a través de la red en tiempo real, combinando la comunicación oral y el vídeo. Probablemente, toda la videotelefonía a través de los FSPTMT implicará la compresión de vídeo.

k) Datos

En la RTPC están normalizados varios servicios de datos síncronos y asíncronos, a 300, 1 200, 2 400, 4 800 y 9 600 bit/s. Entre las

cuestiones que deben resolverse cabe citar la de los interfaces conformes con las Recomendaciones de la series U, I y X, el interfuncionamiento con redes fijas y la protección contra errores en el enlace radioeléctrico.

Los FSPTMT deben diseñarse de manera tal que, en circunstancias favorables, puedan suministrarse servicios que requieran altas velocidades binarias. Por ejemplo, si el terminal móvil está estacionario o se desplaza lentamente, y se halla próximo a una estación de base que además no está fuertemente cargada, ha de ser posible proporcionar servicios hasta la velocidad primaria de la RDSI de 1 536 ó 1 920 kbit/s. En circunstancias menos favorable, por ejemplo, cuando los terminales móviles estén a distancias mayores de la estación de base o cuando dicha estación esté dando curso a una fuerte carga de tráfico, puede que se tengan que limitar los servicios a aquellos que utilicen velocidades menores.

1) Teleconferencia

El servicio de teleconferencia dará a los usuarios de los FSPTMT la posibilidad de conversación y de comunicación de datos y/o vídeo, de manera bidireccional y en tiempo real, entre dos o más emplazamientos simultáneamente. Probablemente, toda la información vídeo transportada vía los FSPTMT estará comprimida.

m) Mensajes cortos

Estos servicios sin conexión permiten el intercambio de mensajes de longitud limitada (por ejemplo, uno o varios bloques de 32 bytes) entre un sistema de almacenamiento conectado a la red fija y una estación móvil, o entre estaciones móviles, en tiempo real. Puede ser un servicio punto a punto o punto a multipunto.

Los teleservicios definidos más arriba se dividen en dos categorías: teleservicios principales y teleservicios secundarios, conforme se indica a continuación:

Principales:

- Telefonía
- Texto
- Teletexto
- Radiobúsqueda
- Videotex
- Telefax
- Datos
- Mensajes cortos

Secundarios:

- Sonido
- Teleconferencia
- Vídeo
- Videovigilancia
- Videotelefonía

Toda realización de FSPTMT debe ofrecer como mínimo los teleservicios principales. El grado en que los teleservicios secundarios sean admitidos por los FSPTMT puede variar entre las administraciones y debe ser objeto de un estudio ulterior.

3.5.5.5 Servicios suplementarios

Los servicios suplementarios de los sistemas móviles están siendo estudiados en el CCITT. Se espera la publicación durante el Periodo de Estudios 1988-92 de las Recomendaciones Q.1011 a Q.1019 del CCITT, en las que se describen algunos servicios suplementarios. En el Cuadro 1/I.250 de la Recomendación I.250 del CCITT aparece a modo de ejemplo una lista de servicios suplementarios.

Los servicios suplementarios siguientes admiten la movilidad:

a) Punto a multipunto

Los FSPTMT deben proporcionar este servicio para despacho, llamadas de grupo, grupos cerrados de usuarios y otras aplicaciones, en la medida permitida por las distintas administraciones.

b) Separación entre respuesta y aviso

En los actuales sistemas públicos de telecomunicación, la función de aviso reside siempre en el mismo terminal utilizado para responder a la llamada. En los FSPTMT se prevé, sin embargo, que el dispositivo que recibe el aviso, por ejemplo, un receptor de búsqueda, una Estación Personal (EP), etc, no será necesariamente el utilizado para responder a la llamada. El abonado llamado podrá utilizar el terminal que prefiera (por ejemplo, teléfono o estación móvil (EM/EP)) para responder a la llamada entrante. Esto significa que la entrega de una señal a un dispositivo de aviso no es por sí misma una actividad completa, sino parte de la actividad total asociada al establecimiento de una comunicación.

Este concepto del servicio podría tener repercusiones en la secuencia de señales de establecimiento de comunicación así como en los retardos de compleción de llamada. Los detalles de este servicio y su aceptabilidad por el usuario necesitan un estudio ulterior por parte de una amplia gama de expertos.

c) Servicio de tasación

Los FSPTMT deben tener la capacidad de decidir la distribución de las tasas entre los abonados participantes en una determinada llamada, en base a los perfiles de servicio de telecomunicación personal asociados a los NTP utilizados por esos abonados.

El abonado (o abonados) que paga ha de poder recibir la correspondiente información de tasación antes, durante o después de cada llamada, cuando sea factible.

El servicio de tasación dará a todos los usuarios la opción de obtener la información de tasación de una determinada llamada sin comprometer el secreto de otros usuarios.



d) Cifrado de extremo a extremo

Los FSPTMT deben permitir el cifrado de extremo a extremo en cualquier teleservicio que utilice un servicio portador en modo circuito o en modo paquete sin restricciones. Los FSPTMT deben permitir también, como servicio suplementario, el cifrado de extremo a extremo de la conversación, mediante un portador en modo circuito sin restricciones a través de la RDSI. Este servicio puede tener consecuencias en la RDSI y requiere un estudio ulterior.

e) Cifrado de estación móvil a estación de base

Los FSPTMT deben admitir también el cifrado en el sentido de la estación móvil a la estación de base, lo que en algunos casos ofrecerá una protección suficiente y será más fácil de aplicar que el cifrado de extremo a extremo.

f) Localización

Suministro de información al abonado que llama o al abonado llamado sobre la posición del abonado correspondiente (véanse también el § 3.5.3 y el 3.5.5.5 c)).

g) NTP

Prestación de un servicio de NTP, tal como se define en el § 3.4, a un usuario, incluida la característica ofrecida por el perfil de servicio NTP.

h) Indicación automática de la situación del buzón de mensajes

La indicación automática de la situación del buzón de mensajes (por ejemplo, mensajes nuevos, mensajes urgentes, buzón vacío) reduce la pérdida de comunicación mientras el usuario está desplazándose.

3.5.5.6 Atributos de servicio

Los servicios de telecomunicación se clasifican con arreglo a sus características estáticas, descritas por atributos. Los atributos de servicio de los servicios RDSI se describen en la Recomendación I.210 del CCITT. Los atributos de servicio de los FSPTMT pueden clasificarse en cuatro categorías:

Atributos de transferencia de información

Atributos de acceso

Atributos generales

Atributos de movilidad

En el Cuadro II se indican algunos valores posibles de los atributos de servicio de los FSPTMT.

CUADRO II

Posibles atributos del servicio de los FSPTMT*

Atributos (I)	Valores posibles de los atributos									
A. Atributos de transferencia de información	Circuito								Paquete	
A1. Modo de transferencia de información										
A2. Velocidad de transferencia de información	Velocidad binaria (kbit/s)								Caudal	
	8 (2)	16 (2)	32 (2)	64	2x64	384	1 538	1 920	Otros valores para ulterior estudio	Opciones para ulterior estudio
A3. Capacidad de transferencia de información	Información digital sin restricciones		Conver- sación	Audio a 3,1 kHz	Audio a 7 kHz	Audio a 15 kHz	Vídeo	Otros para ulterior estudio		
A4. Estructura	Integridad a 8 kHz		Integridad de la unidad de datos de servicio		No estruc- turado		ISIT (3)	RDR (4)		
A5. Establecimiento de la comunicación	A petición		Por reserva		Permanente					
A6. Simetría	Unidireccional		Bidireccional simétrico			Bidireccional asimétrico				
A.7 Configuración de la conmutación	Punto a punto		Multipunto			Difusión				
B. Atributos de acceso	1 (2), C(2), D(16),									
B1. Canal de acceso y velocidad	D(64), B, H0, H11, H12								Otros para ulterior estudio	
B2. Protocolo de acceso a la señalización (todas las capas)	Para ulterior estudio (2)									
B3. Atributos de protocolo de acceso a la información	Para ulterior estudio (2)									
B4. Protocolos de capa superior	Para ulterior estudio (2)									
C. Atributos generales - servicios suplementarios prestados - calidad de servicio - interfuncionamiento - OA + M	Para ulterior estudio (2)									
D. Atributos de movilidad - localización - traspaso - perfil de usuario (NTP) - aviso - compleción de la llamada	Para ulterior estudio (2)									

* Este cuadro se ajusta a la fig. 8-2/1.210 (CCITT), excepto en los casos indicados.

- (1) Se pretende que los atributos sean independientes entre sí.
 (2) Específico de los FSPTMT.
 (3) ISIT: Integridad de la Secuencia de Intervalos de Tiempo.
 (4) RDR: Retardo Diferencial Restringido.

3.6 Calidad básica de la conversación

La calidad de los servicios de conversación de los FSPTMT debe ser comparable a la de la RTPC/RDSI, en la medida de lo posible.

La utilización eficaz del espectro de frecuencias es un factor importante en los FSPTMT y, en consecuencia, es necesario establecer métodos de codificación de la conversación que hagan posible una alta calidad de conversación con velocidades binarias bajas. El diseño práctico del codificador de conversación estará muy influenciado por el requisito de conseguir un retardo total transmisión razonable. El retardo total debe tener en cuenta, además, la demora introducida por el canal RF y por el tratamiento de la señal.

Es posible que se tengan que redefinir los servicios de conversación que son sensibles al retardo.

La calidad de conversación ofrecida por los FSPTMT debe ser nominalmente igual a la preconizada en las Recomendaciones de la serie P del CCITT. Se admite, sin embargo, que en algunas aplicaciones en que se emplea codificación a velocidad binaria baja, puede producirse una cierta degradación mínima de la calidad de la conversación.

3.7 Seguridad

Los FSPTMT deben ofrecer un nivel de seguridad comparable al de la RTPC/RDSI y al de las redes públicas de datos. Las técnicas criptográficas pueden garantizar el secreto y permitir la autenticación. Dado el carácter fundamental de la transmisión radioeléctrica, debe preverse una protección adicional contra el acceso no autorizado al sistema (autenticación) para proteger a los usuarios y la integridad del sistema. En la Recomendación X.509 del CCITT se describe un método de autenticación. El uso del servicio NTP constituye otro medio de autenticación. Su aplicación en los FSPTMT requiere un estudio ulterior.

Los FSPTMT deben poder ofrecer cifrado adicional de la información de usuario, pero este tipo de facilidad no debe aumentar los costes para los abonados móviles que no la necesiten.

Debe ser posible que los propios usuarios hagan el cifrado extremo a extremo, a reserva de las limitaciones técnicas de la red.

3.8 Calidad de servicio

La calidad de servicio ofrecida por los FSPTMT debe ser comparable a la de la RTPC/RDSI y a la de las redes públicas de datos, en la medida de lo posible.

Deberá tenerse en cuenta la necesidad de mantener la calidad de servicio durante el traspaso entre células, y cualquier repercusión que ello pudiera tener en el tamaño de la célula, las necesidades de frecuencias, los protocolos, etc.

Los sistemas móviles por satélite difieren de los sistemas móviles terrestres en un cierto número de características, tales como una zona de cobertura más amplia y unos retardos de propagación del orden de 0,3 s o más.

Puede que haga falta una facilidad adicional de protección contra errores en el trayecto radioeléctrico para mantener la calidad de servicio de los aparatos telefax de grupo 3 y de grupo 4.

4. Arquitectura del sistema y escenarios

4.1 Arquitectura del sistema

La estructura básica de los FSPTMT puede conseguirse mediante una arquitectura de sistema que evolucione desde las redes fijas y móviles de hoy día hasta el objetivo de una movilidad de comunicación a escala mundial para las personas dondequiera que se hallen, en su casa o fuera de ella, en tránsito (en aviones, trenes, automóviles, barcos), etc., con servicios que puedan interfuncionar con los ofrecidos por las redes fijas, como la RTPC/RDSI. Los FSPTMT pueden estar constituidos por un sistema integrado o por varios sistemas separables, según indique el estudio ulterior.

El interfuncionamiento de servicios exigirá la provisión de funciones de red y la definición de protocolos de señalización para uso tanto en los canales de señalización del sistema radioeléctrico como en la red fija. El CCITT ha elaborado un método en tres etapas para la definición de protocolos (véase la Recomendación I.130 en el Libro Azul del CCITT) que se utiliza de hecho en el desarrollo de la RDSI y que puede ser de utilidad en el diseño de los FSPTMT.

4.1.1 Acceso al servicio

El servicio NTP proporciona un modo de acceso flexible a los servicios de los FSPTMT, tal como se describe en el § 3.4.

Los FSPTMT deben prestar servicios de telecomunicación personal universales a través de un mecanismo universal de acceso al servicio, tal como el NTP, que permita aprovechar la nueva tecnología y que tenga en cuenta las diversas limitaciones regionales [De Brito, 1981]. Los FSPTMT deben efectuar la iniciación y la terminación del servicio independientemente de la posición de los usuarios dentro de los FSPTMT o la RTPC/RDSI.

Con un NTP, cualquier terminal de usuario puede utilizarse como medio de acceso; en consecuencia, el terminal puede variar según que el acceso se proporcione por medios móviles o fijos.

Se debe definir una norma de interfaz usuario-red de tal modo que los terminales de usuario sean transparentes a la tecnología de la transmisión.

4.1.2 Descripción de los interfaces

En la Figura 3 se muestran los principales componentes funcionales de los FSPTMT. (Con ello no se pretende representar una realización específica.)

Estos componentes funcionales definen a su vez un grupo de interfaces (1 a 10) que pueden ser físicos o conceptuales. Además, estos interfaces se deben basar en las correspondientes Recomendaciones del CCITT, con la adición de los requisitos propios de los FSPTMT. El interfaz de radioenlace genérico 1 se trata con más detalle en el § 4.3.

En la Figura 4 se muestra una subdivisión posible de las funciones de señalización básicas EM/EP, compuesta por:

- control de llamada;
- adaptación de control de llamada FSPTMT;
- gestión de movilidad; y
- gestión de canales y de transmisión RF.

Los puntos de referencia de señalización entre estas funciones se designan por S/R, X_m, S_m y U_m y se muestran en la Figura 4. Estas designaciones son las mismas que las de la Recomendación Q.1061 del CCITT.

Las funciones de control de llamada son las funciones normales de control de llamada disponibles en cualquier terminal normalizado por el CCITT (por ejemplo, terminales de datos X.25, terminales de usuario de la RDSI, CAP, etc.) o en cualquier terminal futuro de los FSPTMT. Las funciones de adaptación del control de llamada FSPTMT son las necesarias para convertir la señalización normalizada de control de llamada en una señalización de control de llamada apropiada para el entorno de los FSPTMT. Las funciones de gestión de movilidad son las necesarias para permitir la movilidad de los terminales de usuario. La gestión de canales y de transmisión RF incluye las funciones asociadas a la provisión de una conexión física inalámbrica entre el terminal de usuario y una estación de base tales como la selección de la codificación del canal, el control de la potencia del transmisor, la toma de un canal, el cambio de canal, etc.

4.1.3 Integración con los sistemas móviles por satélite

Los usuarios de los FSPTMT que se desplazan en una zona amplia pueden acceder (directa o indirectamente) a sistemas terrenales o a sistemas móviles por satélite (véanse las Figuras 5 y 6 y también el Anexo IX al Informe 1177. Una característica arquitectural podría ser la desviación automática a satélites del servicio móvil para prestar el servicio de los FSPTMT cuando el usuario queda fuera del alcance de los sistemas terrenales. Los satélites del servicio móvil pueden permitir también:

- una función de radiobúsqueda por satélite que reduzca la cantidad de datos de registro de posición que han de transferirse;
- la búsqueda de usuarios móviles terrenales más allá del alcance del sistema terrenal. El equipo necesario para esta función unidireccional es más sencillo que el que requiere una función bidireccional móvil por satélite;
- la conexión de estaciones de base distantes entre sí o cuando se precisa temporalmente (por ejemplo, en caso de emergencia) la ampliación del sistema.

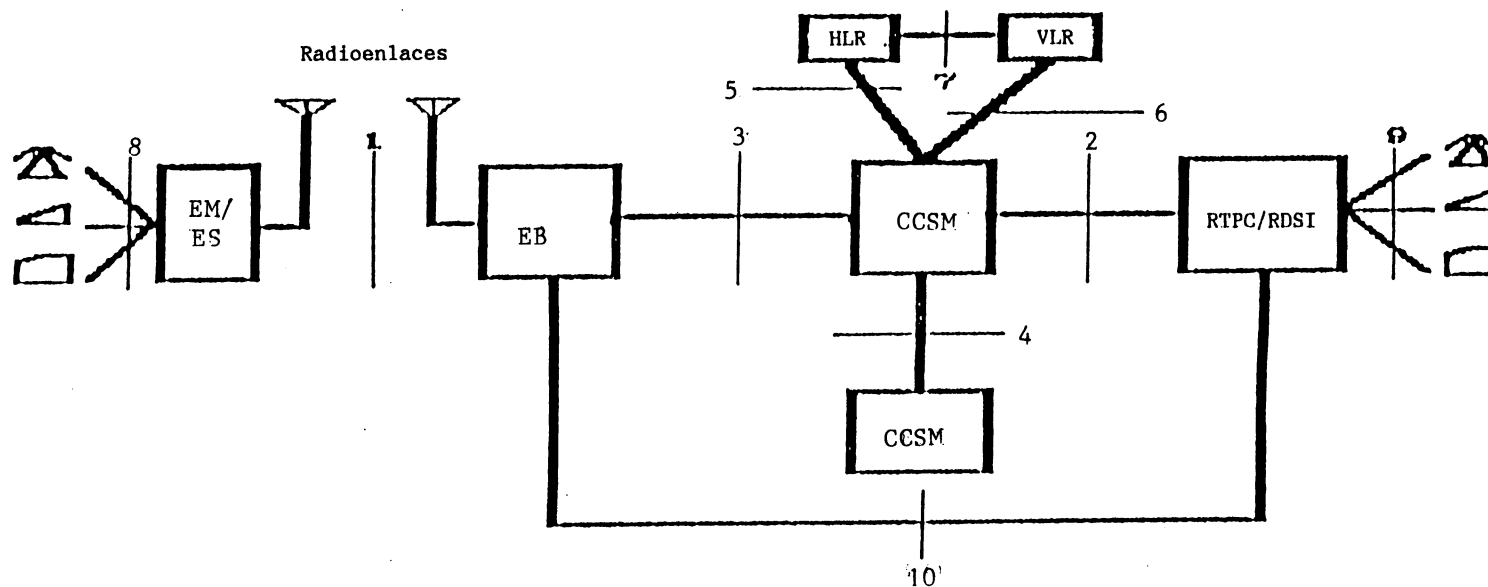


FIGURA 3

Principales componentes funcionales e interfaces de los FSPTMT

- EM: Estación móvil
- EP: Estación personal
- EB: Estación de base
- CCSM: Centro de conmutación de servicios móviles
- HLR: Registro de posiciones de local
- VLR: Registro de posiciones de visitante
- RDSI: Red digital de servicios integrados
- RTPC: Red telefónica pública conmutada

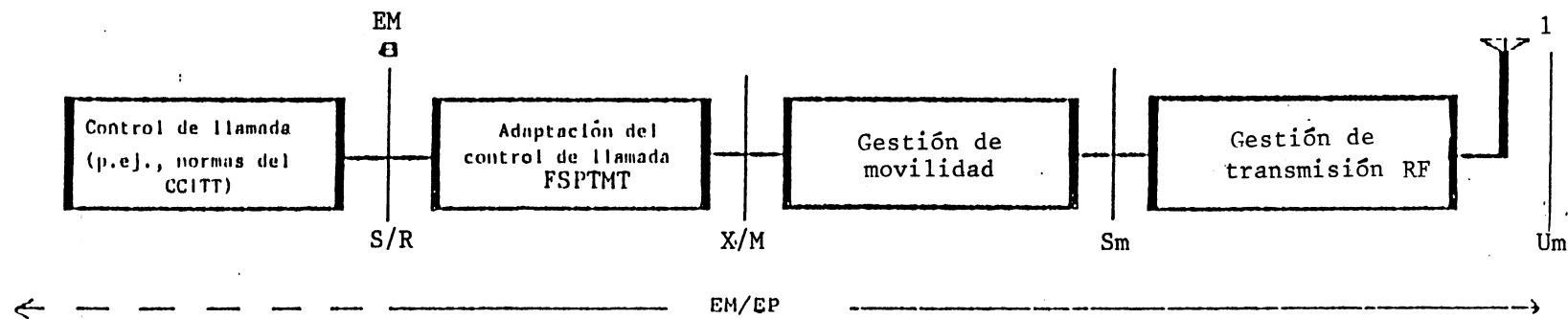


FIGURA 4

Puntos de referencia de señalización EM/EP

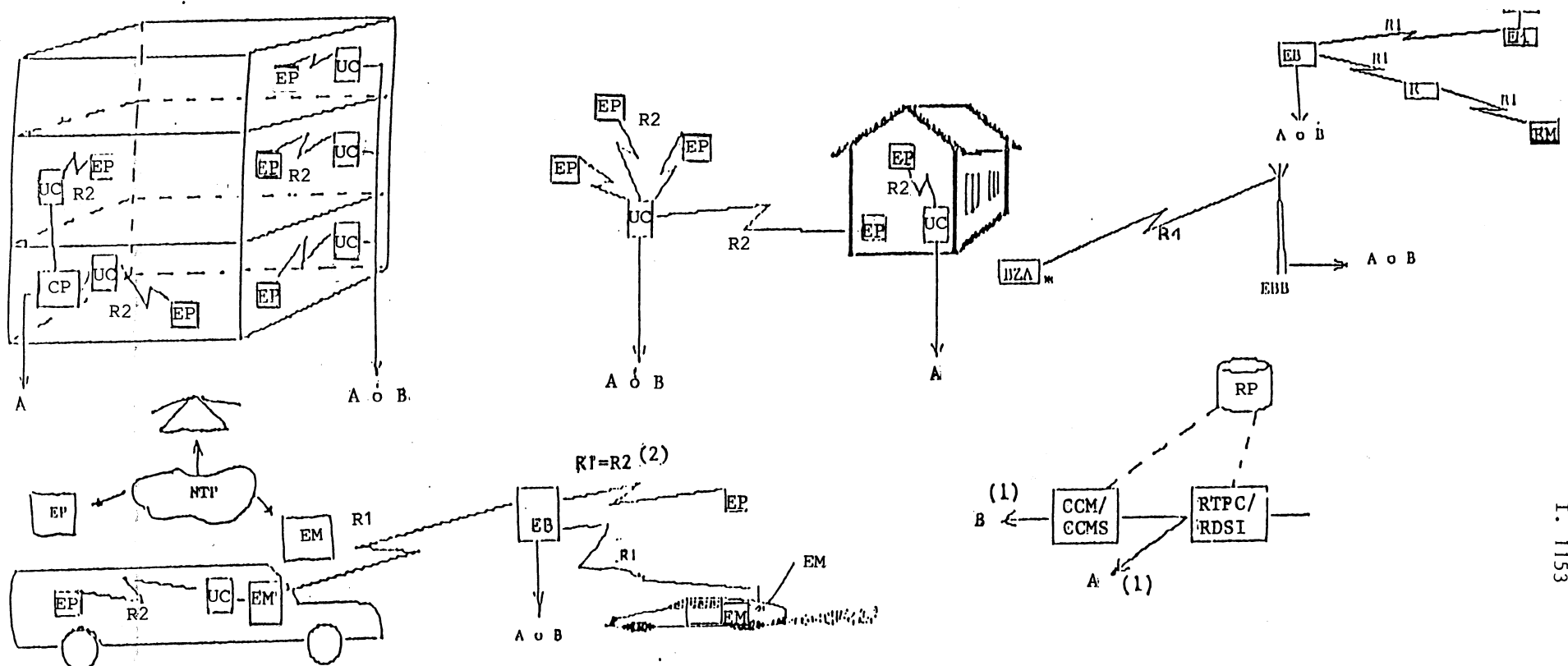


FIGURA 5

Escenario de comunicaciones personales dentro de los FSP/MT (componente terrenal)

- R1-R4 : Interfaces radioeléctricas
- EP : Estación personal (R 2)
- UC : Estación de base personal (ubicación de la célula para las EP)
- EM : Estación móvil (R 1)
- EB : Estación de base (para las MS)
- CCH : Centro de conmutación de servicios móviles
- CCMS : Centro de conmutación de servicios móviles por satélite
- RP : Registro de posiciones
- CP : Centralita privada
- CR : Centralita rural
- R : Repetidor
- NIP : Servicio de número de telecomunicación personal
- EBB : Estación de base de radiobúsqueda
- BZA : Buscador de zona amplia (R 4)

: Teléfono

- (1) - El acceso a las funciones de registro de localización y el alcance de éstas variará con la evolución del sistema y los requisitos del operador de la red. Esto se refleja en los interfaces de red A y B.
- (2) - En algunos casos, R1 puede ser igual a R2.
- * Puede estar situado en el mismo lugar o integrado en la EP

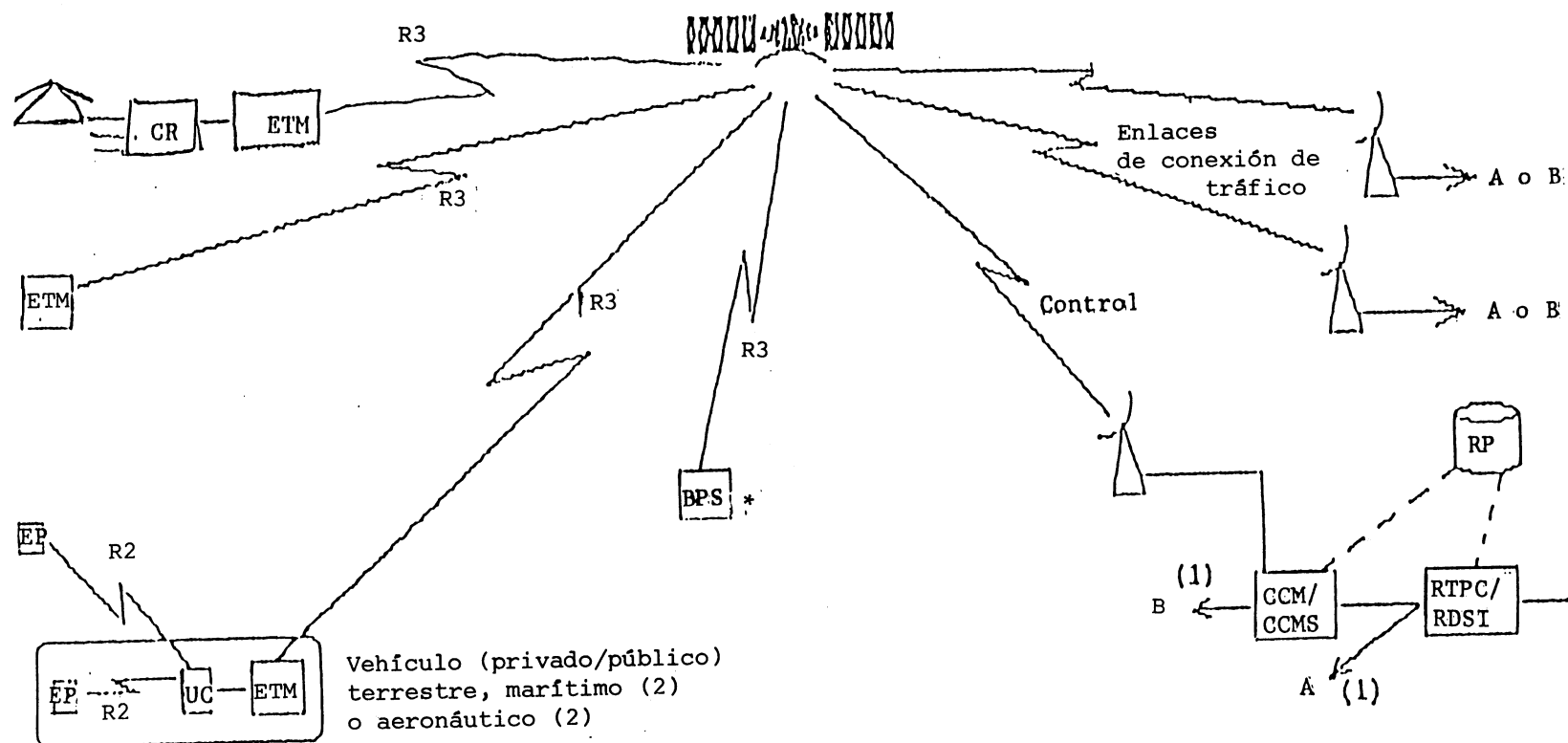


FIGURA 6

Escenario de comunicaciones personales dentro de los FSP'IMT (componente de satélite)

- R1-R3: Interfaces radioeléctricas
 EP : Estación personal (R2)
 UC : Estación de base personal (Ubicación de la célula para las EP)
 ETM : Estación terrestre móvil
 BPS : Buscador por satélite (R3)
 CCM : Centro de conmutación de servicios móviles
 CCHS: Centro de conmutación de servicios móviles por satélite
 RP : Registro de posiciones
 CR : Centralita rural, etc.
 ☒ : Teléfono

(1) - El acceso a las funciones de registro de localización y el alcance de éstas variará con la evolución del sistema y los requisitos del operador de la red. Esto se refleja en los interfaces de red A y B.

(2) - Los sistemas terrenales tienen requisitos de interfaces radioeléctricas diferentes de R3, que deben considerarse.

* Puede estar situada en el mismo lugar o integrada en la EP.

4.2 Escenarios de comunicaciones personales dentro de los FSPTMT

En las Figuras 5 y 6 y en el Cuadro III se presenta un escenario para la evolución y la realización de comunicaciones personales. Estas figuras y el cuadro ofrecen una rápida visión de la organización de las facilidades y de las dimensiones típicas de este escenario.

Este escenario representa un planteamiento general de la evolución de las comunicaciones personales. Ofrece un marco preliminar que permite comprender las implicaciones de otras partes de este Informe y sienta una base para determinar los sectores comunes.

Algunas de las hipótesis características que distinguen a las comunicaciones de EP de alta densidad son una pequeña zona de cobertura por cada estación de base personal (UC) y una menor dependencia respecto de una determinada estación de base, para minimizar el efecto de sombra.

En el Cuadro III, la superficie de las células, el tráfico, la altura de las antenas y otros parámetros, son valores típicos medios o estimados por distintas administraciones. Las magnitudes no son los valores máximos o mínimos que podrían necesitarse en algunas circunstancias.

A medida que disminuye la superficie de las células, aumenta el número de trasposos. La tolerancia subjetiva del usuario depende de la frecuencia y de la duración de las interrupciones debidas a trasposos. Esto puede limitar la superficie mínima de la célula en último término.

Las potencias de salida de las estaciones se indican en forma de valores de potencia medios, que son una medida representativa de las necesidades de alcance. Los valores de cresta y medios son normalmente los mismos en los sistemas con AMDF, pero el valor de cresta podría ser superior en los sistemas con "ciclo de trabajo" Dúplex por Distribución en el Tiempo (DDT) y AMDT.

CUADRO III

Ejemplos de las características de las comunicaciones personales en los FSPTMT (zona de alta densidad)

Característica	Tipo de estación		
	Móvil	Estación personal (EP) ¹⁾	
Plan de célula	EM para exteriores	EP para exteriores	EP para interiores
Superficie de la célula	(mín) 0,5-1 km ²	(típ) 16.000 m ²	(típ) 600 m ²
Estación de base Altura de la antena	50 m	< 10 m	< 3 m ²⁾
Fiabilidad de la zona de servicio	90%	> 90%	99%
Estación de base instalada en interiores/exteriores	No/sí	Sí/sí ³⁾	Sí ³⁾ /sí
Tráfico vocal por estación. Tráfico no vocal por estación ⁶⁾	0,10 E 0,05 E	0,04 E 0,004 E	0,20 E 0,11 E
Tráfico vocal por km ² Tráfico no vocal por km ² ⁶⁾	500 E 82 E	1 500 E 150 E	20 000 E ⁴⁾ 5 000 ⁴⁾
Bloqueo	2%	1%	<0,5%
Estación: ⁵⁾ Volumen Peso Potencia máxima	Montada en vehículo o portátil 5W	< 200 cm ³ < 200 g 50 mW	< 200 cm ³ < 200 g 10 mW

- 1) La misma EP proporciona acceso a los planes de célula de EP para exteriores y EP para interiores, y también el plan de célula de EM si EM y EP tienen el mismo interfaz radioeléctrico (es decir, R1 = R2).
- 2) Ø alimentador con fuga.
- 3) Caso usual.
- 4) Por planta de edificio.
- 5) Se dispondrá de una diversidad de tipos de terminales, en consonancia con las necesidades operacionales y de los usuarios.
- 6) Véase el punto 5.

4.3 Consideraciones sobre el interfaz radioeléctrico

4.3.1 Tipos de interfaz

Teniendo en cuenta la Figura 5 y el Cuadro III, se aplican las siguientes consideraciones al interfaz radioeléctrico:

- El interfaz R2 de Estación Personal (EP) se emplea en dos planes de célula separados, uno para cobertura principalmente exterior y otro para cobertura principalmente interior. Los dos planes de célula pueden utilizar diferentes conjuntos de frecuencias dentro de una misma banda.
- Puede preverse un interfaz R1 separado y frecuencias separadas para la Estación Móvil (EM), distintos de los de la estación personal. Sin embargo, puede ser posible un interfaz radioeléctrico común (R1 = R2) así como una banda de frecuencias común para los diferentes planes de célula.
- Los interfaces radioeléctricos deben diseñarse de manera tal que permitan la utilización de un mismo interfaz en diferentes aplicaciones cuando pueda demostrarse que ello resulta técnica y económicamente viable.
- Si no se puede utilizar el mismo interfaz radioeléctrico en todas las aplicaciones, los distintos interfaces deben tener el mayor número posible de puntos en común, para permitir el interfuncionamiento con una complejidad adicional mínima.
- Dadas las bajas potencias de transmisión previstas para la estación personal, puede contemplarse la coexistencia con otros servicios (por ejemplo, centralita automática privada sin hilos).
- Generalmente se supone que la posición de la estación personal cambia lentamente con respecto a la estación de base personal.
- El interfaz R4 de búsqueda en zona amplia es un interfaz de señalización adicional utilizado para avisar (por ejemplo, radiobúsqueda) a una estación en el caso de una llamada que termina en una estación móvil.
- Cuando se utiliza R4, la zona de posición debe ajustarse a la zona de radiobúsqueda de la estación de base de radiobúsqueda.

En el escenario de la Figura 6 se introduce el interfaz R3, que está integrado en las funciones de señalización de los FSPTMT:

- El interfaz R3 es un interfaz de comunicaciones por satélite que se utiliza tanto para señalización como para tráfico.
- Cuando se utilice R3 para el aviso (por ejemplo, radiobúsqueda), las zonas de posición se ajustarán a las zonas de cobertura de la estación de satélite.



La interacción en tiempo real con el Sistema de Señalización por Canal Común N° 7 (SCC7) del CCITT requiere una atención especial, sobre todo cuando el aviso y la respuesta se consideran funciones separadas, unidas por la SCC7 (véase el § 3.5.5.5).

Tal como se muestran en las Figuras 5 y 6, es posible prever que una Estación Móvil (EM) o una Estación Terrena Móvil (ETM) proporcionen un enlace en tándem a Estaciones Personales (EP) dentro de un vehículo.

Para los sistemas móviles marítimos y aeronáuticos pueden ser necesarios otros interfaces.

Puede ser deseable un interfaz radioeléctrico común en el plano mundial pero el mismo no es esencial para conseguir la movilidad, aunque sea ventajoso desde el punto de vista de la reducción del coste y de la disponibilidad del equipo.

4.3.2 Protocolos de señalización

Los protocolos de señalización deben prestarse para los servicios compatibles con de la RDSI y para los servicios específicos de los FSPTMT, y deben facilitar el interfuncionamiento entre la RTPC/RDSI y los FSPTMT. Deben estudiarse y perfeccionarse las definiciones de los servicios de telecomunicación con miras a la elaboración de protocolos de señalización (por ejemplo, el requisito de que el sistema permita transmitir datos por paquetes en canales de control).

Las configuraciones de referencia y los modelos de protocolo de señalización se deben ajustar lo más posible a los modelos de referencia de ISA y de la RDSI. Además, se deben tener en cuenta los protocolos de señalización destinados a los sistemas móviles actuales y previstos, incluidos los sistemas celulares, teléfonos sin cordón, sistemas móviles por satélite y sistemas terrenales aire-tierra.

Los protocolos de señalización deben ser compatibles con las limitaciones en materia de propagación y espectro del entorno radioeléctrico. No obstante, se debe mantener la funcionalidad de la señalización de la RDSI en la mayor medida posible.

Esta previsto que las funciones de señalización en el interfaz radioeléctrico consten de tres capas.

La capa de señalización 1 debe proporcionar una conexión RF fiable entre una estación de base y una estación móvil/personal. Ejemplos de funciones son la estructura de canal RF, la modulación y demodulación RF, la alineación de trama/temporización, el ajuste de potencia, etc.

La capa de señalización 2 debe proporcionar un enlace de datos de señalización fiable entre una estación de base y una estación móvil/personal.

La capa de señalización 3 debe proporcionar una comunicación de mensajes de aplicación fiable entre una estación de base y una estación móvil/personal. Puede subdividirse en tres entidades funcionales: Control de Llamada (CL), Gestión de Movilidad (GM) y gestión de transmisión RF (TR). La entidad CL contendría las funcionalidades de soporte de los servicios básicos y suplementarios (establecimiento de la comunicación, liberación de la

comunicación, etc.). La entidad GM contendría funciones tales como la actualización de la posición, asignación/desvinculación de NTP, autenticación, etc. Las funciones contenidas en la entidad TR serían la asignación de canal, transferencia, liberación de canal, informe de medición, etc.

La Comisión de Estudio 8 del CCIR y la Comisión de Estudio XI del CCITT estudiarán y definirán conjuntamente los detalles del protocolo de señalización.

4.4 Capacidades del sistema para un servicio NTP

En el § 3.4.2.4 se define un servicio de Número de Telecomunicación Personal (NTP) que permite establecer comunicaciones, facturar éstas, etc., para cada persona individualmente.

Para ofrecer un servicio NTP son necesarias las siguientes capacidades de sistema:

- suministrar un número NTP a cada usuario;
- admitir inscripciones y bajas de usuarios en el sistema por medio del número NTP;
- permitir el encaminamiento a la posición registrada por el número NTP;
- tasar las comunicaciones por número NTP;
- autenticar al usuario por su número NTP.

Deben examinarse los siguientes temas principales, con miras a la prestación del servicio NTP:

- tráfico para la inscripción del NTP de una persona en la red, y su baja, y aspectos conexos;
- interfaz hombre-máquina, incluida la autenticación;
- aspecto operativo del sistema;
- capacidad de servicio itinerante.

Las Comisiones de Estudio del CCITT están investigando una aplicación más amplia del servicio NTP que abarque tanto redes fijas como redes radioeléctricas.

5. Consideraciones relacionadas con las frecuencias

5.1 Consideraciones generales

Un objetivo fundamental en el diseño de los FSPTMT es dotarlos de la capacidad adecuada para atender a sus clientes previstos. También es importante asegurar la utilización más eficaz posible del espectro radioeléctrico (máximo número de erlangs de transferencia de información por MHz y km²).

A tal efecto, las consideraciones relativas a la utilización del espectro deben tener en cuenta el tráfico, las técnicas existentes y previsibles, las características de propagación y los plazos necesarios para satisfacer las necesidades de los usuarios en la mayor medida posible. Han de ponderarse todas las técnicas consideradas, prestando especial atención al coste, tamaño, peso y consumo de energía de las estaciones móviles y personales.

5.2 Necesidades de los usuarios

La necesidad de comunicaciones móviles, en cualquier lugar y en cualquier momento, crece rápidamente.

En un cierto número de países, la tasa de expansión de los sistemas actuales con tecnología analógica es de hasta el 100% anual. Se espera que en 1990 el número de abonados a sistemas móviles públicos supere los 10 millones. Se prevé que en Europa y Norteamérica con la introducción de la tecnología digital, la densidad de unidades móviles a finales de los años 90 será de un 5% de la población.

Además, la demanda de comunicaciones personales con equipo portátil ligero para comunicaciones tanto en interiores como en exteriores aumentará considerablemente la penetración de las comunicaciones móviles públicas. Se prevé que esta categoría de usuarios creará la necesidad de itinerancia a escala mundial. También van en aumento el número y la variedad de servicios. Entre los sistemas objeto de análisis deben figurar los servicios vocales y los no vocales, con la misma importancia unos y otros.

La compatibilidad de los servicios proporcionados por redes diferentes tiene una importancia primordial para todas las categorías de clientes, en particular los que utilizan estaciones personales. La comunidad de concepción especialmente en materia de frecuencias, es un factor muy importante en los FSPTMT. También son importantes los factores tecnológicos y los relativos al coste para poder disponer de equipo rentable y, cuando se precise, de poco peso y reducido consumo de energía. Se espera que, dentro de una zona de servicio, la fiabilidad sea de por lo menos el 90% y la misma podría alcanzar el 99% en aplicaciones domésticas y comerciales.

5.3 Consideraciones relativas al tráfico

5.3.1 Consideraciones generales

La máxima demanda de servicios de telecomunicación "personal" se da en las grandes ciudades, donde existen diferentes categorías de tráfico, esto es, el generado por Estaciones Móviles (EM) instaladas en vehículos o portátiles y por Estaciones Personales (EP) en exteriores o interiores. Puede hacerse una estimación del número de clientes de los distintos tipos de estaciones, con algunas variaciones según la naturaleza de las ciudades.

Todavía no se ha hecho una evaluación del tráfico generado por el servicio de radiobúsqueda en los FSPTMT, pero se considera que proporcionalmente es insignificante.

No se ha analizado el tráfico del servicio móvil terrestre por satélite. Esto guarda relación con la Decisión 81.

5.3.2 Tráfico vocal

Se calcula que en un embotellamiento urbano el número de vehículos por km de calle es de unos 600 si están parados o de 350 si se mueven lentamente. Suponiendo un valor medio de 400 vehículos por km de calle, el 50% de ellos equipados con estaciones móviles, generando cada uno 0,1 E, la densidad de tráfico será de 20 E/km de calle o de 300 E/km² para las estaciones móviles instaladas en vehículos en la calle. Si se agrega aproximadamente el mismo volumen de tráfico correspondiente a estaciones móviles transportadas por peatones, el tráfico combinado de las Estaciones Móviles (EM) sería de aproximadamente 500 E/km² en las zonas urbanas más densas.

Se estima que la densidad de tráfico de cresta en el caso de estaciones personales de exteriores es de 1.500 E/km², suponiendo 3.000 peatones por km de calle, una densidad de estaciones personales del 80% y un tráfico de 0,04 E/estación.

Con estaciones personales de interiores, el tráfico puede aumentar diez veces o más en un edificio de oficinas de varios pisos. Se calcula que habrá una estación por cada 10 m² de superficie activa de piso, con un tráfico de 0,2 E por estación. Esto arroja un tráfico de 20.000 E/km²/piso.

Se calcula que la relación entre el valor de cresta y el valor medio del tráfico de los peatones en las calles de mucha actividad de las grandes ciudades tiene un valor en torno a 3.

5.3.3 Tráfico no vocal

Los servicios no vocales constituirán en el futuro una proporción creciente del tráfico total. Algunos servicios de datos necesitan una capacidad de transmisión mayor que la correspondiente a un solo canal vocal dúplex, aumentando con ello la necesidad de espectro. Por otra parte, en algunos servicios no vocales pueden aplicarse procedimientos de formación de filas de espera, lo que mejora la utilización del espectro.

5.3.3.1 Estaciones móviles

- Se considera que los servicios por conmutación de circuitos incumben sobre todo a las EM instaladas en vehículos. El telefax es un ejemplo de tales servicios. Suponiendo 3.000 terminales/km², el 15% de los cuales estén equipados con una unidad telefax, y un tiempo de ocupación por llamadas de 6 minutos por hora y terminal, la estimación del tráfico es de 45 E/km².

Los servicios interactivos de datos emplearán probablemente la transmisión por paquetes. Se supone una ocupación acumulativa del canal de 15 s/hora en el caso de una estación portátil de mano (10 páginas por hora a razón de 8 kbits por página a la velocidad de transmisión de 4,8 kbit/s) y una ocupación de 30 s/hora si se trata de una estación instalada en vehículo (4,5 y 9 mE respectivamente). En la hipótesis de que haya 5.000 terminales por km² (3.000 instalados en vehículos y 2.000 portátiles), el tráfico estimado es 37 E/km² [Turner, 1986, Goodman y otros, 1988].

5.3.3.2 Estaciones personales en exteriores

Se considera que el tráfico generado por los servicios de datos con conmutación de circuitos, por ejemplo el telefax, es insignificante. Por eso sólo se tienen en cuenta en el presente caso las comunicaciones de datos interactivas con mensajes cortos.

Se parte del supuesto de una ocupación acumulativa del canal de 5 s/hora (10 páginas por hora a razón de 8 kbits por página a la velocidad de transmisión de 16 kbit/s), lo que corresponde a 1,4 mE/estación.

Suponiendo que haya 2.400 estaciones/km de calle (37.500 estaciones/km²), como en el caso del tráfico vocal, el volumen de tráfico sería de 50 E/km². Para tener en cuenta otros servicios de datos, se multiplica esta estimación por 3, lo que arroja 150 E/km². El tráfico no vocal equivale entonces al 10% del tráfico vocal.

5.3.3.3 Estaciones personales en interiores

Para aplicaciones telefax, en el supuesto de que el 25% de las estaciones tienen un telefax y de que el tiempo de ocupación por llamadas es de 6 minutos por hora por terminal telefax, el tráfico estimado es de 25 mE por estación, es decir, una octava parte del tráfico vocal, o 2.500 E/km².

En el caso de la aplicación interactiva, suponiendo que todas las estaciones utilizan esta aplicación y que hay 20 sesiones interactivas por hora, con una ocupación acumulativa del canal de aproximadamente 2 s por sesión, se obtienen 0,01 E/estación, o sea 1.000 E/km². Para tener en cuenta la competencia debida a la transmisión por paquetes, se multiplica por 2, lo que arroja 2.000 E/km².

Añadiendo el tráfico de las aplicaciones de datos por lotes y de las consultas de bases de datos (con 10% de tara), hay que suponer un volumen total de 5.000 E/km² para los servicios no vocales en interiores.

5.4 Necesidades de espectro

5.4.1 Método de estimación de la anchura de banda

Para los servicios con conmutación de circuitos puede establecerse una ecuación general que dé la "anchura de banda" (BW) (MHz), suponiendo una carga de tráfico relativamente uniforme en una agrupación de células con reutilización de frecuencias. Es la siguiente:

$$BW = 10^{-3} \cdot F(a, E, P_b) \cdot b \cdot n$$

en donde "F" es la fórmula de tráfico adecuada (por ejemplo, la fórmula B o C de erlang para voz), "E" es la carga de tráfico en erlang/km², "a" es la superficie de la célula en km², "n" es el número de células (conjunto de canales) por agrupación con reutilización de frecuencias, "P_b" es la probabilidad de bloqueo en tanto por ciento, y "b" es la anchura de banda equivalente por canal dúplex en kHz, incluidas la señalización y otros complementos de capacidad.

5.4.2 Factores tecnológicos y otros factores que influyen en las necesidades totales de espectro

Muchos factores influyen en las variables de la anterior ecuación de la anchura de banda, y por tanto en las necesidades totales de espectro.

5.4.2.1 Anchura de banda del canal dúplex

La anchura de banda "b" del canal dúplex puede reducirse de manera importante utilizando códecs de señales vocales de baja velocidad binaria. Además, el empleo de la transmisión por paquetes, de la técnica de Interpolación Digital de la Palabra (IDP) y de parámetros adaptables del sistema ofrecen la posibilidad de mayores reducciones [Turner, 1986; Goodman y otros, 1988]. En cambio las futuras demandas de transmisión de señales vocales de alta calidad o la necesidad de sustentar servicios de RDSI con, por ejemplo, umbrales de proporción de bits erróneos (BER) o retardos de transmisión más estrictos, harían aumentar las anchuras de banda de canal, lo que también sucedería si hubiese que ampliar el complemento de tara, por ejemplo para un control dinámico de la potencia.

5.4.2.2 Número de células por agrupación

Podría conseguirse una disminución del número de células "n" (conjuntos de canales) por agrupación con reutilización de frecuencias combinando una microdiversidad (saltos de espacio/frecuencia) con macrodiversidad, junto con procedimientos de traspaso intercelular e intracelular rápidos. La aplicación de técnicas adaptativas, tales como antenas orientables electrónicamente, control dinámico de potencia y "alimentadores con fugas" (principalmente para células en interiores) permitiría reducir también el número de células por agrupación. Sin embargo, la ubicación no ideal de los transmisores y la imperfección de las características geométricas de las células, junto con la necesidad de transportar señales más sensibles a la interferencia (por ejemplo, señales vocales de alta calidad) harán aumentar el número de células por agrupación. El aumento de la fiabilidad de la zona de servicio y/o unas condiciones de propagación adversas podrían hacer aumentar también el tamaño efectivo de la agrupación.

5.4.2.3 Superficie de la célula

Para poder reducir la superficie de las células "a" y lograr las consiguientes mejoras en la eficacia del espectro, resultan esenciales unos procedimientos de traspaso rápidos. Sin embargo, unas características geométricas de la célula no ideales reducirían la mejora total.

5.4.2.4 Probabilidad de bloqueo

La elección de la probabilidad de bloqueo " P_b " para un determinado tipo de célula o entorno es un objetivo de calidad de servicio. No obstante, un cambio de " P_b " sólo afectará de manera marginal a las necesidades globales de espectro.

5.4.2.5 Eficacia de la concentración de enlaces

La eficacia de la concentración de enlaces se ve influida por los esquemas de tráfico, los servicios y el diseño de los sistemas. Puede mejorarse la eficacia de la concentración de enlaces, y con ello la utilización del espectro, haciendo uso de técnicas tales como la atribución dinámica de canales. Sin embargo, otros factores, por ejemplo la multiplicidad de operadores con la consiguiente división de la atribución espectral en diferentes bloques, reduciría la eficacia de la concentración de enlaces e incrementaría las demandas de espectro.

5.4.3 Estado de las técnicas

5.4.3.1 Consideraciones generales

El diseño de sistemas para el transporte de tráfico a usuarios móviles está directamente relacionado con la eficacia del espectro, por lo que deben optimizarse los parámetros del sistema a tal efecto.

Toda mejora de la eficacia espectral ha de contrastarse con las limitaciones del diseño del sistema, por ejemplo, el consumo de energía y la rentabilidad. A continuación se examinan varios parámetros del sistema.

5.4.3.2 Transmisión de la conversación

Para mejorar la utilización del espectro, es conveniente una velocidad binaria de transmisión de 16 kbit/s o inferior. Se requieren códecs de buena calidad, robustos y que introduzcan poco retardo. Las técnicas de Codificación Predictiva Lineal (CPL), combinadas con predicción y cuantificación adaptativas, ofrecen actualmente a los FSPTMT las posibilidades más interesantes en términos de calidad de la conversación a baja velocidad binaria. En el caso de canales con desvanecimiento rápido, el sistema más económico y eficaz sería uno que tuviera codificaciones armonizadas de las señales vocales y del canal.

El consumo de energía y el tamaño de los códecs son particularmente críticos en las estaciones personales.

5.4.3.3 Transmisión de datos

Ciertos factores prácticos y los problemas de economía espectral limitarían probablemente la velocidad de datos admisible a menos de 1 Mbit/s para las estaciones móviles. Sin embargo, las velocidades del orden del megabits pueden ser útiles y prácticas para sistemas de corto alcance dentro de edificios.

En la transmisión en banda relativamente estrecha (por ejemplo, del orden de la anchura de banda de coherencia o menos) y con desvanecimientos rápidos, la corrección de errores sin canal de retorno (FEC) permite mejorar la eficacia de utilización del espectro y reducir la potencia de salida RF necesaria para obtener una transmisión de alta calidad (la proporción de bits erróneos, (BER) media es menor que 10^{-3} a 10^{-4}). En una transmisión de calidad relativamente baja (BER media de 10^{-2} o más), la FEC no produce ninguna mejora y puede reducir la eficacia de utilización del espectro. En un canal con desvanecimiento lento, la detección de errores y la petición automática de repetición (ARQ) pueden resultar más eficaces que la FEC.

5.4.3.4 Modulación y ecualización

Deben utilizarse sistemas de modulación digital que combinen una reducida necesidad de anchura de banda con buenas tolerancias en materia de C/I y C/N. Las técnicas de modulación preferibles para los FSPTMT son las que tienen eficacias de transmisión superiores a 1 bit/s/Hz. Para la transmisión en banda ancha podrían necesitarse técnicas de tratamiento de las señales como las de ecualización autoadaptable.

5.4.3.5 Codificación del canal

La codificación del canal combinada con entrelazado es una técnica eficaz desde el punto de vista del espectro y proporciona una calidad de transmisión adecuada, particularmente en aplicaciones móviles. Las técnicas de codificación de canal pueden dividirse en dos subgrupos: las de códigos de bloque y las de códigos convolucionales. Los códigos de bloque, como el Red-Salomon, se utilizan para la detección y corrección de errores, mientras que los códigos convolucionales sirven principalmente para la corrección de errores. La duración del desvanecimiento, el intervalo entre desvanecimientos y la proporción de errores aleatorios pueden influir en la elección del codificador de canal.

5.4.3.6 Acceso múltiple

Para los FSPTMT deben considerarse técnicas de acceso múltiple tales como AMDF, AMDT y AMDC. En Europa, Norteamérica y Japón se han adoptado métodos AMDF/AMDT para sistemas celulares de segunda generación (véase Informe 1156).

Los FSPTMT podrían proporcionar una combinación de servicios de banda ancha y banda estrecha. Para maximizar la eficacia global del espectro de los FSPTMT, conviene utilizar una técnica flexible de acceso múltiple y un sistema eficaz de gestión del tráfico de los diferentes servicios. En todos los casos, la asignación por demanda mejoraría la eficacia espectral.

5.4.3.7 Técnicas autoadaptables

Para mejorar el funcionamiento, los sistemas pueden adaptar ciertos parámetros, como la velocidad binaria del canal, la anchura de banda y las disposiciones en materia de frecuencia/tiempo/codificación y utilizar técnicas de diversidad de asignación de canales y de ecualización multitrayecto, entre otras, para adaptarse a las condiciones de propagación, de interferencia y de tráfico del momento. Esas técnicas autoadaptables, además, pueden minimizar los requisitos de planificación de las redes radioeléctricas, especialmente a medida que disminuye el tamaño de las células [Acampora y Winters, 1987; Dornstetter y Verhulst, 1987; Maseng, 1986; Stjernvall y Uddenfeldt, 1987].

5.4.4 Evaluación del espectro requerido

5.4.4.1 Supuestos en relación con los parámetros

En este punto se presentan algunos valores de ciertos parámetros a efectos de la estimación del espectro necesario (superficie de la célula, tamaño de la agrupación y anchura de banda del canal dúplex).

Cabe señalar que, si bien en los cálculos se supone que las estaciones móviles y las estaciones personales acceden a células diferentes de la red, puede contemplarse la posibilidad de que accedan a las mismas células, por ejemplo si el interfaz R1 es igual al interfaz R2, o si se utilizan estaciones móviles/personales en modo dual.

a) Servicios vocales

i) Estaciones móviles (interfaz R1)

Para dar una gama de estimaciones se consideran dos posibles soluciones futuras, en función de la disponibilidad de ciertas técnicas. En ambas se supone que la distancia entre emplazamientos de estaciones de base es de 1,75 km.

La estimación conservadora se basa en el caso de un sistema con códec vocal de 7 kbit/s, una anchura de banda dúplex de 25 kHz por canal vocal, y una agrupación de tamaño 9 (configuración celular de 3 emplazamientos con 3 sectores de 120° por agrupación). Esta configuración celular, junto con una separación entre emplazamientos de 1,75 km, lleva a una superficie de célula de 0,94 km².

Una estimación más optimista podría basarse en el ejemplo de una sistema con códec vocal de 4 kbit/s, una anchura de banda dúplex de 10 kHz por canal vocal y un tamaño de agrupación de 24 (configuración celular de 4 emplazamientos con 6 sectores de 60° por agrupación). Esta configuración celular, combinada también con una separación de emplazamientos de 1,75 km, lleva a una superficie de célula de 0,47 km². Esto implica la disponibilidad de códecs vocales de aproximadamente 4 kbit/s con la misma resistencia a los errores que los actuales y de una calidad equivalente.

ii) Estaciones personales en exteriores (interfaz R2)

Se supone que las estaciones personales en exteriores están servidas por microcélulas a nivel de calle, con una estación de base por intersección, con separación de 125 m. Cada célula cubre 250 m de calle, lo que corresponde a una superficie de célula de 0,016 km².

Debido a las fuertes limitaciones del coste y el consumo de energía a que están sujetas las estaciones personales, se supone una anchura de banda mayor de 50 kHz por canal vocal dúplex.

El tamaño de la agrupación, de $n = 16$, de las estaciones personales exteriores supone una estructura de 4 x 4 células.

iii) Estaciones personales en exteriores (interfaz R2)

Se adopta la misma anchura de banda por canal vocal de 50 kHz que para las otras estaciones personales. El tamaño de agrupación utilizado $n = 21$, corresponde a un tamaño de agrupación de 7 por piso, repetida en un piso de cada tres [Porter, 1985].

Se establece la hipótesis de que las estaciones personales de interiores están servidas por estaciones de base de interiores, abarcando cada una de ellas habitaciones adyacentes a lo largo de un pasillo. Se supone un tamaño de célula de interiores de 40 x 15 m, es decir, 600 m².

b) Servicios no vocales

En este punto se analizará la anchura de banda dúplex necesaria para canales de datos y se obtiene, a partir la estimación de las necesidades de tráfico que figuran en el punto 5.3.3, el número de canales dúplex equivalentes de 25 kHz.

i) Consideraciones relativas a la anchura de banda dúplex

- Canales con desvanecimiento rápido (macrocélulas)

En este caso se necesita una técnica de corrección de errores sin canal de retorno (FEC) potente para conseguir una calidad elevada. Se supuso, teniendo en cuenta los sistemas futuros, que un canal dúplex de 50 kHz podría transportar datos de usuario a 2,4 kbit/s con una proporción de bit erróneos (BER) de 10^{-6} y datos de usuario a 9,6 kbit/s con una BER de 10^{-3} .

- Canal con desvanecimiento lento (microcélulas)

Se supone en este caso que un canal dúplex de 50 kHz puede llevar datos de usuario a 16 kbit/s con alta calidad (BER de 10^{-6}). Pero para alcanzar este nivel de calidad es preciso un código de corrección de errores.

ii) Estaciones móviles

Se supone que el tráfico telefax se transporta a 4,8 kbit/s y necesita por tanto canales dúplex de 100 kHz (cuatro canales dúplex equivalentes de 25 kHz). El tráfico, por consiguiente (véase el § 5.3.3), representa 180 canales equivalentes de 25 kHz por km².

Se supone, además, que el tráfico interactivo es transportado a la velocidad de 4,8 kbit/s (dos canales equivalentes de 25 kHz) con protocolo ARQ. El tráfico total (véase el § 5.3.3) para esta aplicación es por tanto igual a 74 canales equivalentes de 25 kHz por km².

Se calcula por consiguiente que para los servicios no vocales el volumen total (254 canales equivalentes de 25 kHz por km²) representa el 50% del número de canales de 25 kHz (o el 100% del número de canales de 10 kHz) necesarios para los vocales.

iii) Estaciones personales

La transmisión en estos casos se efectúa por canales con una anchura de banda de 50 kHz (igual suposición que para voz). El tráfico de § 5.3.3 puede compararse directamente con el tráfico vocal.

5.4.4.2 Presentación de los resultados

En los Cuadros IV (servicios vocales) y V (servicios no vocales) se presenta la estimación de la anchura de banda necesaria, basada en las hipótesis sentadas respecto del tráfico y de los servicios en los § 5.3.2, 5.3.3 y 5.4.4.

Para los servicios vocales, la anchura de banda total necesaria varía de aproximadamente 160 MHz (escenario 1) a aproximadamente 110 MHz (escenario 2), conforme a las posibles soluciones técnicas futuras presentadas en el § 5.4.4.

Para los servicios no vocales, la anchura de banda total necesaria es de 65 MHz. En este caso, los dos escenarios arrojan el mismo resultado, puesto que la anchura de banda del canal dúplex para servicios no vocales es la misma en ambos y se supone que el aumento del tamaño de la agrupación del escenario 2 queda compensado por una relación C/I mayor y debido a esto, una mayor eficacia de la transmisión de datos. La anchura de banda total varía por consiguiente de aproximadamente 230 MHz (previsión conservadora de la tecnología futura) a aproximadamente 180 MHz (previsión optimista).

En varios países se utiliza una atribución de 50 MHz, por debajo de 1 GHz, para los sistemas móviles celulares existentes, que son actualmente menos eficaces desde el punto de vista del espectro que el escenario 2 de los FSPTMT. Si estos sistemas existentes permanecen en servicio, el tráfico que llevan debe deducirse del tráfico supuesto en los FSPTMT. A continuación se evalúa la anchura de banda adicional necesaria. La necesidad de espectro nuevo (probablemente por encima de 1 GHz) varía, por tanto, de aproximadamente 180 MHz (escenario 1) a aproximadamente 130 MHz (escenario 2).

En cálculos más detallados se deben tener en cuenta las tecnologías específicas empleadas en los sistemas existentes. Por ejemplo, si un sistema existente por debajo de 1 GHz emplea una tecnología comparable a la del escenario 1 y los FSPTMT utilizan la tecnología del escenario 2, la anchura de banda adicional necesaria en total es aproximadamente 150 MHz.

Obsérvese que la evaluación se ha efectuado tomando en consideración densas zonas metropolitanas. Fuera de esas zonas, la necesidad de espectro es menor y debería estudiarse la compartición de frecuencias con servicios fijos.

No se ha hecho una evaluación de la necesidad de espectro del servicio de radiobúsqueda en los FSPTMT porque la misma se estima insignificante en comparación con las necesidades de espectro de otros servicios de los FSPTMT.

No se han incluido las necesidades de espectro del servicio móvil terrestre por satélite. Se considera que esto guarda relación con la Decisión 81.

CUADRO IV

Estimación del espectro necesario para los servicios vocales
(ejemplo de escenario descrito en los § 5.3.2 y 5.4.4.1 a))

	EM (interfaz R1)		EP en exteriores (interfaz R2)	EP en interiores (interfaz R2)
	escenario 1	escenario 2		
Cobertura radioeléctrica (%)	90	90	> 90	99
E (E/km ²)	500	500	1 500	20 000(1)
a (km ²)	0,94	0,47	0,016	
P _b (%)	2	2	1	0,5
n	9	24	16	21
b (kHz)	25	10	50	50
Tráfico por célula (E)	470	235	24	12
Número de canales por célula	493	249	34	23
BW (MHz)	111	60	27	24

E : densidad de tráfico

Escenario 1: previsión conservadora de la tecnología futura

a : superficie de célula

P_b : probabilidad de bloqueo

Escenario 2: previsión optimista de la tecnología futura

n : tamaño de la agrupación

b : anchura de banda dúplex por canal

BW : anchura de banda

EM : estación móvil

EP : estación personal

(1) Por piso.

CUADRO V

Estimación del espectro necesario para los servicios no vocales
(ejemplo de escenario descrito en los § 5.3.2 y 5.4.4. b))

	EM (interfaz R1)		EP en exteriores (interfaz R2)		EP en interiores (interfaz R2)	
	Comutación de circuitos	Comutación de paquetes	Comutación de circuitos	Comutación de paquetes	Comutación de circuitos	Comutación de paquetes
Densidad de tráfico (E/km ²)	45	37	insignifi- cante	150	2 500 ¹	2 500 ¹
Anchura de banda dúplex por canal (kHz)	100	50	50	50	50	50
Anchura de banda (BW) (MHz)	56		3		6	

(1) Por piso.

5.5 Factores que influyen en la elección de la(s) banda(s) de frecuencias

5.5.1.1 Propagación en exteriores

Son varios los factores que afectan a las características de propagación y a continuación se da una descripción resumida de dichos factores, que en el cuadro VI se muestran en síntesis.

En la propagación en exteriores, la disminución de la potencia en función de la propagación obedece a una ley de aproximadamente r^{-3} a r^{-5} para grandes células y de r^{-2} a r^{-6} para células pequeñas. A medida que aumenta la frecuencia, aumenta la frecuencia de los desvanecimientos y la dispersión Doppler de la señal. Estos imponen limitaciones a las anchuras de banda de transmisión. Las características de la propagación multitrayecto crean en la transmisión una dispersión del retardo que limita la velocidad de transmisión alcanzable.

Los efectos anteriores limitan también la zona de cobertura. A medida que aumenta la frecuencia de explotación, disminuye la potencia recibida debido al aumento de la atenuación del trayecto y a la disminución de la apertura de la antena. Algunos datos experimentales con antenas de estación de base de 20 m de altura indican que esta disminución es de aproximadamente 4 dB entre 100 MHz y 10 GHz. Otros datos evidencian una disminución de 6 dB entre 900 MHz y 1,5 GHz y de 5 dB entre 1,5 GHz y 22 GHz para alturas de antenas de 30 m, lo que concuerda bastante bien con el Informe 567.

5.5.1.2 Propagación en interiores

Las mediciones de propagación a 900 y 1 700 MHz muestran que las frecuencias de esta gama son adecuadas para comunicaciones de baja potencia en interiores. Un aumento de la frecuencia de 900 a 1 700 MHz da lugar a un aumento de la atenuación de 5 dB, debido a la reducción de la abertura de la antena. La atenuación que causan las paredes y suelos es superior en la frecuencia más alta entre 3 dB y 6 dB según la construcción del edificio, lo que puede influir favorablemente en la reutilización de frecuencias en un edificio de muchas plantas. Cuando se eliminan los efectos de los suelos y de las paredes gruesas la disminución de la intensidad de la señal sigue la misma pauta a 900 MHz y a 1 700 MHz. Para una comunicación vocal satisfactoria con un valor medio de potencia radiada aparente (p.r.a.) de 5 a 10 mW, el alcance típico, a 1 700 MHz varía de 10 m a través de dos pisos a 100 m en un mismo piso. El alcance exacto de la comunicaciones depende de la naturaleza del edificio y de la localización de las antenas de transmisión y de recepción.

De los factores generales de propagación se desprende que convendría emplear una banda por debajo de 3 GHz.

CUADRO VI

Características de propagación en torno a 1 GHz

VALORES APROXIMADOS
(Datos disponibles en 1988)

	En exteriores		En interiores
	Altura de antena 100 m (Célula grande)	Altura de antena 10 m (Célula pequeña)	
Dispersión del retardo			
- Mediana	3 μ s	0,15 μ s	0,15 μ s
- Máxima típica	16 μ s*	0,5 μ s	0,3 μ s
Pérdida del trayecto de propagación			
- Pequeña escala		Nakagami-Rice/ Rayleigh*	Nakagami-Rice/ Rayleigh*
- Estadística	Rayleigh	Rayleigh*	Rayleigh*
- Distancia de coherencia	Longitud de onda/4	Longitud de onda/4	Longitud de onda/4
- Polarización cruzada			
*Acoplamiento	No se dispone de información	0-6 dB	0-6 dB
*Correlación		0	0
- Gran escala			
- Estadística	Log-normal	Log-normal	Log-normal
- Ley de potencia	Γ^3 a Γ^5	Γ^2 a Γ^6	Γ^2 a Γ^6
- Desviación típica	6-8 dB	10 dB	10 dB
- Distancia de coherencia	30 m*	10 m*	3 m*

* Según el entorno específico

5.5.2 Tecnología de radiofrecuencia

El aumento de la banda de frecuencias de explotación afecta negativamente tanto al coste como a la eficacia energética de la tecnología de RF disponible para la realización del equipo físico de los FSPTMT. Al elegir la frecuencia de explotación es necesario considerar la repercusión que tiene este parámetro en los periodos de funcionamiento de las baterías de las unidades portátiles y personales y en la estructura celular. Actualmente no se sabe con certeza cuál será, a finales de los años 90, el límite de frecuencia de la tecnología de los circuitos integrados que permitirá conseguir un rendimiento adecuado con fabricación a gran escala y económica.

Aunque es deseable disponer de espectro para satisfacer la demanda de manera rentable, la agilidad de frecuencia del equipo puede suponer una limitación técnica fundamental en su utilización. Resulta por ello ventajoso minimizar la agilidad de frecuencia requerida; más aún, se admite por lo general que, cuanto mayor sea ésta, más caro resulta el equipo.

5.5.3 Compatibilidad y uniformidad técnicas y funcionales

5.5.3.1 Consideraciones generales

La uniformidad en materia de frecuencias permitiría alcanzar el grado deseado de compatibilidad operacional de los sistemas. En principio, sería deseable contar con una misma banda de frecuencias completa a escala mundial, pero también se puede conseguir un grado razonable de uniformidad mediante una banda de señalización común y una superposición suficiente de las bandas de tráfico para asegurar la compatibilidad.

5.5.3.2 Estación móvil (interfaz R1)

La compatibilidad de una EM con diferentes redes nacionales o regionales de FSPTMT implica la superposición, al menos parcial, de las bandas de frecuencia de las EM con las bandas de frecuencias en que funcionan las redes de FSPTMT. La existencia de bandas de frecuencias convenidas internacionalmente facilita además la planificación de las redes nacionales y reduce el riesgo de interferencia perjudicial con otros servicios radioeléctricos. Para determinar las bandas de frecuencias adecuadas para la movilidad interregional, hay que considerar si la atribución en una determinada Región de la UIT es principal o secundaria y estudiar la compartición geográfica.

5.5.3.3 Estación personal (interfaz R2)

Pueden preverse bandas de frecuencias separadas de la banda utilizada por las estaciones móviles de los FSPTMT, aunque cabe la posibilidad de una compartición con otros servicios radioeléctricos. Sería de desear una banda común continua, de carácter mundial, pero también puede obtenerse un grado razonable de uniformidad mediante una banda de señalización común y una superposición suficiente de las bandas de tráfico, de modo que se asegure la compatibilidad de las EP microcelulares de baja potencia con las diferentes redes nacionales y regionales de FSPTMT. Esto minimizaría la agilidad de frecuencia requerida y podría reducir el coste del equipo RF, lo que influye de manera importante en la realización de una estación personal universal a un precio asequible.

Las bandas de frecuencias atribuidas a los FSPTMT podrían dividirse en un cierto número de sub-bandas adyacentes, para atender los distintos tamaños de células de las aplicaciones en exteriores e interiores. Las células de interiores y de exteriores de una misma zona podrían utilizar sub-bandas adyacentes, en previsión del caso en que una célula de exteriores bloquee canales en muchas células adyacentes de interiores.

5.5.3.4 Estación móvil terrestre (interfaz R3)

A los usuarios móviles que operen en zonas grandes les sería de gran utilidad tener acceso directo tanto a los sistemas móviles por satélite como a los terrenales. Esto podría conseguirse muy fácilmente empleando adyacentes para estos dos tipos de sistemas.

Dada la perspectiva de que exista más de un sistema móvil por satélite, es deseable que se fije como objetivo la compatibilidad técnica y/o funcional de las estaciones terrenales móviles de los FSPTMT, para que los usuarios móviles puedan desplazarse a escala regional y mundial con el mismo equipo.

Se observa que en la Resolución 44 de la CAMR MOB-87 se insta a las administraciones a estimular la creación y fabricación de equipos de usuario compatibles para el servicio móvil por satélite.

5.6 Riesgo de radiaciones en radiofrecuencia

Las investigaciones realizadas hasta la fecha revelan que, en general, las unidades móviles instaladas en vehículos no causan exposiciones a radiación RF superiores a las que aconsejan las directrices actuales en materia de seguridad, si se tienen en cuenta factores tales como la intermitencia de la transmisión y la ubicación de la antena con la protección que brinda la carrocería metálica del vehículo. Sin embargo, los estudios sobre la absorción de potencia en función de la frecuencia realizados con animales y modelos humanos con una densidad de potencia constante de 1 mW/cm^2 indican que, en general, en la gama de 1 MHz a 400 MHz, la potencia absorbida específica media aumenta aproximadamente 100 cada vez que la frecuencia aumenta 10 veces.

Estos resultados sugieren que puede haber una gama de combinaciones de bandas de frecuencias y densidades de potencia que impongan limitaciones de seguridad a la explotación de equipos FSPTMT. A medida que aumenta la frecuencia, los efectos de propagación adversos exigirían un incremento compensatorio de los niveles de potencia radioeléctrica de los FSPTMT, a fin de mantener una cobertura celular equivalente.

La Cuestión 52/1 de la Comisión de Estudio 1 solicita el estudio de los métodos de predicción de las intensidades de campo en presencia de transmisores con el fin de permitir la evaluación de los riesgos de radiación por las instancias competentes (véase el Informe 671). Se señala que el Comité Técnico 12 de la CEI desarrolla actividades en esta materia [WHO, 1981; ANSI, 1982; IRPA, 1984; NCRP, 1984].

5.7 Conclusiones de las consideraciones relativas a la frecuencia

5.7.1 Evolución de las características del tráfico

Los estudios actuales han permitido determinar las posibles necesidades de los usuarios de telecomunicaciones móviles, en particular de telecomunicaciones móviles públicas. Estas posibles necesidades apuntan a nuevas categorías de servicios y de tráfico, contemplándose la voz y los datos

como de similar importancia en el futuro. Está apareciendo una nueva categoría de servicios que requieren microcélulas de baja potencia y que podrían generar volúmenes de tráfico del orden de miles de erlangs por km². Pero esta categoría de tráfico no es la que más espectro requiere, debido a la reutilización intensiva de frecuencias. La consecuencia es que probablemente aumentará la demanda de utilización del espectro en el campo de las comunicaciones móviles públicas.

5.7.2 Consideraciones relativas a las necesidades de espectro

El examen de las necesidades de espectro en el campo del servicio móvil muestra que al elegir el espectro de frecuencias deben tenerse en cuenta diferentes factores.

La utilización de una banda de frecuencias entre 1 GHz y 3 GHz es compatible con los factores de propagación y de tecnología de RF.

El concepto de itinerancia regional y/o mundial es parte integrante de los FSPTMT. Por ello la inclusión, al menos parcialmente, de una banda de frecuencias común en el plano mundial sería el primer paso para facilitar el acceso universal, en particular de las estaciones personales.

Se pueden tomar en consideración las diferencias regionales y nacionales, para satisfacer la magnitud variable de la demanda de los FSPTMT en las distintas zonas geográficas. No será necesario utilizar la totalidad del espectro disponible en todos los sitios.

Hay que tener en cuenta además que el equipo que se beneficiaría de una atribución de espectro en el plano mundial, como por ejemplo el equipo personal de mano, probablemente tendrá un alcance limitado.

5.7.3 Posibilidades de compartición

Estas últimas observaciones indican que existen más posibilidades de compartición con otros servicios que utilizan actualmente el espectro entre 1 y 3 GHz. Téngase en cuenta que los FSPTMT van a ser servicios de avanzada, en los que el control del equipo permitirá su adaptación a situaciones diversas. El control dinámico de potencia y la agilidad de frecuencia, en concreto, facilitarían el cumplimiento de los criterios de planificación, y debe profundizarse en su investigación. Puede estudiarse con más detalle la compartición de frecuencias o la coexistencia con otros servicios radioeléctricos elaborando algoritmos y modelos adecuados.

5.7.4 Escalas de tiempo

Se prevé la probabilidad de que los sistemas móviles regionales existentes queden saturados a finales de siglo.

Es deseable que existan sistemas con acceso universal mundial. A tal fin será necesario probablemente que la atribución del espectro para los FSPTMT se haga a escala mundial. Esto es algo de lo que podría ocuparse la próxima Conferencia Administrativa Mundial de Radiocomunicaciones competente en el tema.

Deben efectuarse estudios para poder disponer del espectro necesario y determinar los criterios de compartición, a fin de satisfacer las posibles necesidades evolutivas de los FSPTMT en torno a 1998 y con posterioridad.

6. Compatibilidad y comunidad de concepción

6.1 Compatibilidad

6.1.1 Consideraciones generales

La compatibilidad permite prestar un servicio entre equipos situados a ambos lados de un interfaz. Estos interfaces genéricos se describen en el § 4.1.2 y se muestran en la Figura 3. Véanse, en particular, los interfaces 1, 3 y 8.

6.1.2 Compatibilidad de redes y servicios entre los FSPTMT y la RTPC/RDSI

La compatibilidad de redes se refiere a todos los interfaces excepto el 8 y el 9 de la Figura 3.

En los Cuadros VII y VIII se detallan algunos puntos de la compatibilidad de servicios entre los FSPTMT y la RDSI y se introduce el concepto de correspondencia entre los canales B y D de la RDSI y los canales I y C de los FSPTMT.

6.1.3 Compatibilidad de terminales y equipos entre las EM y las EP

Se refiere a los interfaces 1, 8 y 9 de la fig. 3, y se ha considerado en el § 4.1.2.

6.1.3.1 Compatibilidad de terminales entre la RDSI y los FSPTMT

En el interfaz 8 de la Figura 3 se tiene en cuenta que, además de los terminales concebidos específicamente para los FSPTMT, también deben poder utilizarse en estos sistemas (a través de los correspondientes adaptadores) terminales de usuario de la RDSI u otros terminales normalizados por el CCITT.

6.1.3.2 Compatibilidad de interfaz radioeléctrico

El interfaz 1 de la Figura 3 se refiere a un enlace radioeléctrico genérico. Las consideraciones relativas a la atribución de frecuencias, en la medida que afectan al radioenlace genérico, se exponen en el § 5.5.3. En el § 4.3 se analizan los factores específicos del interfaz radioeléctrico.

6.1.4 Facturación y tasación

Es deseable, de manera similar, una estructura uniforme de facturación y tasación a efectos de compatibilidad, pero esto puede limitar la flexibilidad de la empresa que explota el sistema con respecto a las nuevas vías de comercialización.



6.1.5 Estudio ulterior

En general, la forma detallada de la compatibilidad debe ser objeto de ulterior estudio, después de que se definan de manera más precisa los servicios de los FSPTMT.

El modelo estratificado de la ISO debe aplicarse de una forma adecuada a las comunicaciones móviles.

6.2 Comunidad de concepción

La comunidad de concepción de los elementos técnicos de los FSPTMT, como por ejemplo, los códecs vocales, los componentes de RF, etc., beneficiará económicamente a las empresas de explotación de redes y a los usuarios. Las especificaciones de los FSPTMT no se han definido aún con suficiente detalle como para poder formular comentarios significativos sobre determinados aspectos de la uniformidad deseada, pero se señalan a la atención de los diseñadores de sistemas los beneficios que ésta puede aportar.

CUADRO VIICompatibilidad RDSI - FSPTMT (Generalidades)

RDSI	FSPTMT (Generalidades)
<p>Digital</p> <p>Acceso básico (voz y datos integrados) compuesto por 2B + D o B + D siendo B = 64 kbit/s (canal portador) y D = 16 kbit/s (canal de señalización)</p> <p>Se consideran los canales B y D como bloques de construcción del contenido de información</p> <p>La característica de error (64 kbit/s) se especifica en la Recomendación G.821 del CCITT. Será aceptable para la transmisión de datos (por tanto, muy aceptable para conversación)</p> <p>Pueden utilizarse servicios portadores a 64 kbit/s para sustentar servicios de voz y datos</p>	<p>Digitales en el interfaz entre los FSPTMT y la RDSI (como mínimo) (interfaz 2 del punto 4.1.2, Figura 1)</p> <p>Funcionalidad del canal B (velocidad binaria flexible). Para voz (en banda de base 2B + D) 32 kbit/s, más probablemente 16 kbit/s o inferior; basado en compromisos de eficiencia de espectro y codificación</p> <p>Compatibles con las normas del canal D de la RDSI. La funcionalidad del canal D puede extenderse a cierto número de canales radioeléctricos según las técnicas de acceso múltiple utilizadas</p> <p>En los FSPTMT se utilizan I (información) y C (control) en lugar de B (portador) y D (datos) respectivamente, para significar las diferencias anteriores dentro de estructuras que, de otro modo, serían similares</p> <p>La calidad vocal será función de la codificación y de la proporción de errores en los bits del canal</p> <p>La codificación de la fuente y del canal pueden optimizarse para conversación. Debe ser objeto de ulterior estudio la característica de error aceptable para el tráfico de datos por canales radioeléctricos móviles</p> <p>La extensión de esta aptitud a la estación móvil exigiría la provisión de hasta 64 kbit/s por los FSPTMT</p> <p>La información sobre las verdaderas velocidades de datos de usuario hacia y desde la RDSI aumentaría la eficacia de la compatibilidad entre los FSPTMT y la RDSI para mejorar la utilización del espectro</p>

CUADRO VIIICompatibilidad RDSI - FSPTMT (Detalles específicos)

RDSI	FSPTMT (Detalles específicos)	
	Estación móvil/ estación personal	Centralita automática privada móvil/ concentrador móvil
Acceso básico (2B + D) 144 kbit/s	2I + C, I + C, C a 2B + n (1)	
Acceso primario 1 536 kbit/s (23B + D) o 1 920 kbit/s (30B + D)		mI + nC (2)

(1) - Los FSPTMT podrían proporcionar acceso básico a la RDSI total a 144 kbit/s (2B + D) a expensas de reducir la disponibilidad del servicio de los FSPTMT debido a la mayor necesidad en RF que se precisa para sustentar esa utilización móvil.

(2) - Los valores exactos de m y n deben ser objeto de ulterior estudio.

7. Trabajo ulterior

Se ha estudiado la forma de los Futuros Sistemas Públicos de Telecomunicaciones Móviles Terrestres (FSPTMT), de conformidad con la Decisión 69.

El presente Informe y la Recomendación 687 deben contemplarse como el primer paso de un largo proceso de perfeccionamiento. Muchos temas requieren más investigación; se han abordado de manera concreta los siguientes:

7.1 Servicios

- Acceso al servicio (Punto 3.4)
- Servicios de movilidad (Puntos 3.3 y 3.5)
- Servicios de red (Punto 3.5.5)
 - * Servicios portadores, incluido el servicio de datos (Puntos 3.5.5.1 a 3.5.5.3)
 - * Teleservicios (Punto 3.5.5.4)
 - * Servicios suplementarios (Punto 3.5.5.5)
- Calidad de la conversación (Punto 3.6)
- Seguridad (Punto 3.7)
- Calidad de servicio (Punto 3.8)

7.2 Arquitectura del sistema

- Grado de integración de los FSPTMT y nivel de integración con la RTPC/RDSI (Punto 4.1)
- Una norma de interfaz usuario-red (Punto 4.1.1)
- La evolución y la realización de las comunicaciones personales en los FSPTMT (Punto 4.2)
- Requisitos de los interfaces radioeléctricos (Punto 4.3)
- Protocolo de señalización (Punto 4.3.2)
- Compatibilidad o comunidad de concepción entre el servicio NTP de los FSPTMT y el de la RTPC/RDSI (Puntos 3.4 y 4.4)
 - * Perfeccionamiento de las definiciones de servicios de telecomunicación

- * Determinación de todas las funcionalidades necesarias del interfaz radioeléctrico.
- * Determinación de los flujos de información y mensajes entre las entidades funcionales arriba mencionadas y sus entidades pares.

7.3 Consideraciones relativas a las frecuencias

- Consideraciones relativas al tráfico (Punto 5.3)
- Características de la propagación radioeléctrica (Punto 5.5.1)
- Posibilidad de compartición (Punto 5.7.3)
- Disponibilidad de espectro (Punto 5.7.2)

7.4 Compatibilidad y uniformidad

- Forma detallada de la compatibilidad (Punto 6.1.5)
- Estructura de los canales de Información (I) y Control (C) (Punto 6.1.5)
- Especificación de los FSPTMT y la uniformidad (Punto 6.2)

7.5 Otros aspectos

- Operaciones, administración y mantenimiento.

Además de estos temas que deben ser objeto de trabajo ulterior, están los aspectos que requerirán una coordinación y estrecha cooperación con Comisiones de Estudio del CCITT, la CEI, etc. Se prevé a tal fin la necesidad de un cierto número de reuniones de trabajo mixtas de expertos de la Comisión de Estudio 8 del CCIR y del CCITT.

Se ha preparado otro Informe 1155 en el que se resaltan las necesidades e intereses de los países en desarrollo.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

Acampora, A.S. y Winters, J.H. [1987], "A Wireless Network for Wideband Indoor Communications", IEEE SAC-5, Junio 1987.

ANSI C95.1 [1982] - American National Standards Institute, Inc., Safety levels with Respect to Human Exposure to Radio Frequency Electromagnetic Fields, 300 KHz to 100 GHz.

De Brito, J.S. [1981] - Personal and mobile communications, IEEE/ICC conference Denver, págs. 57.1.1-57.1.3

Dornstetter, J. y Verhulst, D. [1987], "Cellular Efficiency with Slow Frequency Hopping: Analysis of Digital SFH900 Mobile System", IEEE SAC-5, Junio 1987.

Goodman, D.J., Valenzuela, R.A., Gayliard, K.T., y Ramamurthi, B. [1988], "Packet Reservation Multiple Access for Local Wireless Communications", IEEE VTC, 15-17 Junio 88, Filadelfia, EE.UU.

IRPA [1984] - Interim Guidelines on Limits of Exposure to Radiofrequency Electromagnetic Fields in the Frequency Range from 100 KHz to 300 KHz. International Non-Ionizing Radiation Committee of the International Radiation Protection Association. Published in Health Physics, 46(4) 975-984, Abril 1984.

Maseng, T. [1986], "Adaptive Digital Phase Modulation", 2nd Nordic Digital Mobile Conference", Oct. 1986.

NCRP [1984], Biological Effects and Exposure Criteria for Radiofrequency Electromagnetic Fields. NCRP Report No. 86, Abril 1986. National Council on Radiation Protection and Measurements, Bethesda, Maryland 20814, EE.UU.

Porter, P.T. [1985], Relationships for Three-Dimensional Modeling of Co-Channel Reuse, IEEE Trans. Veh. Tech., Vol. VT-34, No. 2, Mayo, 1985.

Stjernvall, J. y Uddenfeldt, J. [1987], "Performance of a Cellular TDMA System in Severe Time Dispersion", IEEE Globecom, Nov. 1987.

Turner, S.J. [1986], "New Directions in Communications", IEEE Communications Magazine, Octubre 1986, pp. 8-15.

WHO [1981], Environmental Health Criteria 16, Radiofrequency and Microwaves. World Health Organization, Ginebra, 1981.
