

UIT-R

Sector de Radiocomunicaciones de la UIT

Recomendación UIT-R F.757-4
(04/2011)

Requisitos básicos y objetivos de calidad de funcionamiento para sistemas de acceso inalámbrico fijo que utilizan tecnologías derivadas de las tecnologías móviles que ofrecen servicios de telefonía y de comunicaciones de datos

Serie F
Servicio fijo



Prólogo

El Sector de Radiocomunicaciones tiene como cometido garantizar la utilización racional, equitativa, eficaz y económica del espectro de frecuencias radioeléctricas por todos los servicios de radiocomunicaciones, incluidos los servicios por satélite, y realizar, sin limitación de gamas de frecuencias, estudios que sirvan de base para la adopción de las Recomendaciones UIT-R.

Las Conferencias Mundiales y Regionales de Radiocomunicaciones y las Asambleas de Radiocomunicaciones, con la colaboración de las Comisiones de Estudio, cumplen las funciones reglamentarias y políticas del Sector de Radiocomunicaciones.

Política sobre Derechos de Propiedad Intelectual (IPR)

La política del UIT-R sobre Derechos de Propiedad Intelectual se describe en la Política Común de Patentes UIT-T/UIT-R/ISO/CEI a la que se hace referencia en el Anexo 1 a la Resolución UIT-R 1. Los formularios que deben utilizarse en la declaración sobre patentes y utilización de patentes por los titulares de las mismas figuran en la dirección web <http://www.itu.int/ITU-R/go/patents/es>, donde también aparecen las Directrices para la implementación de la Política Común de Patentes UIT-T/UIT-R/ISO/CEI y la base de datos sobre información de patentes del UIT-R sobre este asunto.

Series de las Recomendaciones UIT-R

(También disponible en línea en <http://www.itu.int/publ/R-REC/es>)

Series	Título
BO	Distribución por satélite
BR	Registro para producción, archivo y reproducción; películas en televisión
BS	Servicio de radiodifusión sonora
BT	Servicio de radiodifusión (televisión)
F	Servicio fijo
M	Servicios móviles, de radiodeterminación, de aficionados y otros servicios por satélite conexos
P	Propagación de las ondas radioeléctricas
RA	Radio astronomía
RS	Sistemas de detección a distancia
S	Servicio fijo por satélite
SA	Aplicaciones espaciales y meteorología
SF	Compartición de frecuencias y coordinación entre los sistemas del servicio fijo por satélite y del servicio fijo
SM	Gestión del espectro
SNG	Periodismo electrónico por satélite
TF	Emisiones de frecuencias patrón y señales horarias
V	Vocabulario y cuestiones afines

Nota: Esta Recomendación UIT-R fue aprobada en inglés conforme al procedimiento detallado en la Resolución UIT-R 1.

Publicación electrónica
Ginebra, 2011

© UIT 2011

Reservados todos los derechos. Ninguna parte de esta publicación puede reproducirse por ningún procedimiento sin previa autorización escrita por parte de la UIT.

RECOMENDACIÓN UIT-R F.757-4¹**Requisitos básicos y objetivos de calidad de funcionamiento para sistemas de acceso inalámbrico fijo que utilizan tecnologías derivadas de las tecnologías móviles que ofrecen servicios de telefonía y de comunicaciones de datos**

(Cuestión UIT-R 215)

(1992-1997-1999-2003-2011)

Cometido

La presente Recomendación señala los requisitos básicos y los objetivos de calidad de funcionamiento para sistemas de acceso inalámbrico fijo (FWS) que utilizan tecnologías derivadas de las tecnologías móviles. El Anexo 1 describe aplicaciones de tecnologías móviles para su empleo como FWA que ofrece servicios de telefonía básicos. El Anexo 2 describe sistemas FWA que ofrecen un servicio de comunicaciones de datos.

La Asamblea de Radiocomunicaciones de la UIT,

considerando

- a) que se hace ya amplio uso de los sistemas de radiocomunicaciones móviles que ofrecen servicios de telefonía básica;
- b) que dichos sistemas se implementan con tecnologías tanto analógicas como digitales;
- c) que en algunos casos puede ser conveniente, por motivos de comodidad y economía, aplicar los sistemas derivados de las tecnologías móviles para el uso como acceso inalámbrico fijo (FWA, *fixed wireless access*) en zonas rurales y urbanas (véase el § 5 del Anexo 2 para la lista de acrónimos);
- d) que se necesitan aplicaciones fijas que utilicen tecnologías derivadas de las móviles que proporcionen una función de acceso equivalente a las líneas metálicas;
- e) que cuando se utilizan en aplicaciones fijas, los radioenlaces proporcionados pueden formar parte de una conexión internacional;
- f) que la introducción de los sistemas FWA derivados de las tecnologías móviles digitales permitirá ofrecer distintos tipos de servicio, incluida la parte de grado local de una red digital de servicios integrados (RDSI);
- g) que las aplicaciones FWA que utilizan tecnologías derivadas de las tecnologías móviles pueden funcionar asimismo en las bandas atribuidas al servicio fijo,

¹ Las interfaces radioeléctricas terrenales que soportan servicios móviles y servicio FWA a velocidades binarias de usuario que incluyen capacidades de banda ancha contempladas en la Recomendación UIT-R M.1457, Especificaciones detalladas de las interfaces radioeléctricas terrenales de las telecomunicaciones móviles internacionales-2000 (IMT-2000), caen fuera del ámbito de esta Recomendación.

recomienda

1 que los sistemas que utilizan tecnologías derivadas de las tecnologías móviles en aplicaciones fijas proporcionen también los servicios disponibles en las líneas metálicas. Entre esos servicios figuran los siguientes:

- servicio telefónico de cliente individual;
- servicios de teléfono de pago previo de distintos tipos;
- servicios a cuatro hilos con y sin señalización de «E AND M» (recepción y envío);
- capacidad para transmitir señales de datos de banda vocal que incluyan el facsímil y otros servicios telemáticos hasta una velocidad de datos de 9,6 kbit/s;

2 que los sistemas digitales que utilizan tecnologías derivadas de las tecnologías móviles en aplicaciones fijas proporcionen el mismo acceso a la RDSI que los sistemas móviles digitales;

3 que, dada la posibilidad de que esos sistemas utilizados como FWA formen parte de una conexión internacional, éstos satisfagan las Recomendaciones UIT-T de la serie G;

4 que se ofrezca una calidad de servicio comparable a la proporcionada ya a los usuarios finales fijos en zonas urbanas, por ejemplo, un grado de servicio superior al 1%, y que se calcule empleando las Recomendaciones UIT-T E.506 y UIT-T E.541 y el Suplemento N.º 1 a las Recomendaciones de la serie E. Teniendo debidamente en cuenta las consideraciones económicas, el grado de servicio (probabilidad de llamadas perdidas) ofrecido por ese sistema a los usuarios finales no deberá ser normalmente inferior al 5%;

5 que los objetivos de característica de error y disponibilidad de los sistemas digitales estén de acuerdo por lo general con las Recomendaciones UIT-R F.697 y UIT-R F.1400;

6 que se tenga en cuenta el Anexo 1 para la aplicación de las tecnologías derivadas de las tecnologías móviles como FWA;

7 que se haga referencia al Anexo 2 para las características de los sistemas FWA basados en tecnologías derivadas de las tecnologías móviles que ofrecen comunicaciones de datos.

Anexo 1

Aplicaciones de las tecnologías de radiocomunicaciones móviles para el uso como FWA que ofrece servicios de telefonía básica

1 Introducción

Los sistemas de radiocomunicaciones móviles ya se están utilizando mucho. La tecnología de tales sistemas se desarrolla rápidamente.

Es técnicamente factible, y en algunos casos, por motivos prácticos y de economía, puede resultar conveniente utilizar sistemas de radiocomunicaciones derivados de los móviles como FWA. Los sistemas FWA que utilizan las tecnologías móviles son útiles en los países en desarrollo por razones de conveniencia y economía. También resultan útiles en los países desarrollados, en particular donde la red móvil existente tiene cobertura y la red fija necesita una ampliación (zonas rurales).

Este Anexo describe los requisitos básicos del sistema para esas aplicaciones. Algunas aplicaciones tratan de la conexión de usuarios finales a la central telefónica y de ese modo en la red de conexión. Otras aplicaciones incluyen usuarios fijos y móviles en la misma red.

Para abreviar, la aplicación de las tecnologías de radiocomunicaciones móviles utilizadas para FWA se denominan en lo que sigue «tecnologías de FWA derivados de móviles».

2 Consideraciones generales

El servicio que ha de proporcionarse constituye una parte integrante y permanente de una red de comunicaciones.

Diversas administraciones han establecido ya sistemas de este tipo para la prestación de los servicios de telefonía básica en zonas rurales. En consecuencia es importante establecer algunos requisitos básicos del sistema (por ejemplo, objetivos de calidad de funcionamiento, bandas de frecuencias, aspectos relativos al proceso de implementación y el mantenimiento) que permitan realizar tal integración con la mayor eficacia posible, sin degradar la calidad global de la red.

El objetivo general en las zonas distantes y rurales es el logro de una calidad de servicio global similar o mejor que la que se consigue con los sistemas de cables en las zonas urbanas bien atendidas. Un objetivo mínimo tendiente a esta meta es la consecución de una calidad de servicio al menos comparable con la que se ofrece en esas zonas urbanas, según se propone en el Manual sobre Telecomunicaciones rurales del UIT-T (ex CCITT) (Ginebra, 1985) y en las Recomendaciones UIT-R F.1103 y UIT-R F.1400.

En algunos casos puede ser eficaz utilizar los sistemas FWA derivados de móviles no sólo en redes rurales sino también urbanas, por ejemplo, en donde la infraestructura de cables es temporalmente insuficiente. El sistema de radiocomunicaciones tiene la ventaja de que puede establecerse con rapidez en comparación con los sistemas de cable. También puede ser otra característica atractiva el hecho de que las instalaciones puedan convertirse con facilidad para la utilización en los servicios móviles en el momento en que se dispone de sistemas de cable.

2.1 Enfoque básico

Existen dos métodos de base para establecer FWA derivados de móviles. Uno consiste en establecer un FWA derivado de móviles completamente nuevo optimizado y especializado para el uso fijo, y el otro consiste en efectuar unos cambios mínimos en los sistemas móviles existentes o planificados para adaptarlos al uso fijo.

La primera solución quizá se justifique en algunos casos desde el punto de vista económico. Sin embargo, debe tenerse en cuenta que en muchos casos puede ser conveniente que el sistema pueda atender tanto a usuarios finales móviles como fijos. Parece preferible el segundo método para esta aplicación. Es por lo tanto conveniente que en la concepción de los futuros sistemas móviles se prevea la posibilidad de aplicarlos a los sistemas de FWA para satisfacer sus propios criterios de calidad de funcionamiento impuestos por el entorno móvil, lo cual puede ciertamente limitar la calidad de funcionamiento que se puede conseguir para la estación fija. Por ejemplo, una administración explota sistemas móviles con una relación portadora/interferencia de 18 dB en los bordes de la celda. Esto constituye un nivel aceptable de calidad de funcionamiento para el sistema móvil, pero podría conducir a una calidad inaceptable en el servicio fijo si se pretende que el radioenlace forme parte de la red telefónica, utilizándose el sistema radioeléctrico en lugar de líneas o cables solamente por razones de conveniencia y economía. Otro factor a tener en cuenta es que los sistemas móviles se optimizan normalmente para tráfico de usuario final de baja intensidad, 0,02 E, en tanto que el tráfico medio de los usuarios finales fijos está comprendido entre 0,05 y 0,09 E.

2.2 Bandas de frecuencias

El espectro de frecuencias es un recurso natural limitado. Por ello, las bandas de frecuencias adecuadas para las comunicaciones móviles deben utilizarse en primer lugar para los servicios móviles o para aplicaciones fijas complementarias. Por esta razón, la aplicación de sistemas derivados de móviles al FWA puede justificarse principalmente en las zonas rurales donde la demanda de comunicaciones móviles es escasa y el suministro de servicios de telecomunicación por líneas metálicas es demasiado costoso. Véase asimismo la Recomendación UIT-R F.1401 – Consideraciones sobre la identificación de posibles bandas de frecuencias para el acceso inalámbrico fijo y estudios de compartición relacionados.

Si se adaptan sistemas móviles para utilizarlos como FWA, las bandas de frecuencias debieran ser las mismas que las de los sistemas móviles.

Las bandas de frecuencias utilizadas generalmente para los sistemas radioeléctricos móviles son, por ejemplo, las de 400 MHz y 800/900 MHz y están normalmente por debajo de 3 GHz. En principio, cualquiera de estas bandas resulta también adecuada para la prestación del servicio fijo, por lo que el ambiente de interferencia en cualquier zona en que se proponga que funcione debe atenerse a los criterios propios tanto del servicio fijo como del servicio móvil.

2.3 Aspectos operacionales

Como cuestión de principio, los sistemas FWA derivados de móviles podrían ofrecer todos los tipos de servicios de telecomunicaciones que se proporcionan por medio de líneas metálicas. Los sistemas móviles ofrecen ya la mayoría de los servicios. Entre los servicios que no suministran usualmente, se encuentra el número piloto, que es fundamental para los teléfonos de teclado y las centralitas privadas conectadas a la red pública.

Algunas características de los sistemas móviles no son necesarias para los FWA derivados de móviles, como las capacidades de itinerancia y de traspaso. Además, ciertos subsistemas de los sistemas móviles pueden necesitar modificaciones para adaptarse a la aplicación del FWA. Los más importantes son el subsistema de plan de numeración y el de tasación. En particular, en los casos en que un sistema sirve tanto a usuarios finales móviles como a usuarios finales del FWA derivado de móviles, los subsistemas de numeración y tasación deben ser capaces de tratar las dos categorías de usuarios finales, a menos que la reglamentación permita aplicar un sistema común a los usuarios finales móviles y a los usuarios finales del FWA derivado de móviles.

Cuando se introducen sistemas móviles en una red telefónica pública con conmutación (RTPC) existente, una de las soluciones para la numeración y tarificación sería adoptar puntos de control de servicios con señalización utilizando un canal común.

En el establecimiento de los servicios de telecomunicaciones debe prestarse también consideración a la ubicación probable de la estación del usuario final. Si bien es posible situar el terminal del usuario final en los locales de éste, no siempre este emplazamiento es el más conveniente para la mejor situación de la antena del equipo radioeléctrico. En terrenos ondulados, a menudo los edificios están construidos en valles en lugares donde se proporciona cierta protección frente a las condiciones meteorológicas. Esto debe tenerse en cuenta en el diseño del sistema, por ejemplo adoptando equipo móvil para alimentar un bucle de 650 Ω (incluido el aparato telefónico) cuando se utilice en el servicio fijo.

En algunas zonas rurales, el suministro comercial de corriente alterna es, o bien imposible, o menos fiable que el de las zonas urbanas o suburbanas. Debe prestarse especial atención al suministro de fuentes de energía fiables para los equipos de usuario final en las zonas rurales. Una alternativa es disponer de una batería de reserva.

2.4 Capacidad de tráfico – Grado de servicio

Generalmente, se realiza el diseño de manera que el grado de servicio o probabilidad de pérdida de una llamada sea del orden del 1%, llegando excepcionalmente al 5%, en tanto que algunas administraciones imponen requisitos comprendidos en la gama del 0,1% al 0,5% a fin de no degradar la red nacional más allá del objetivo del 1% recomendado por el UIT-T. Deben adoptarse medidas para permitir un crecimiento apropiado del número de usuarios finales y para evitar que se alcancen valores elevados de la probabilidad de pérdida, puesto que ello conduciría generalmente a una gran insatisfacción de los usuarios. Estas probabilidades se calculan de la manera habitual, aplicándose las Recomendaciones UIT-T E.506 y UIT-T E.541 y el Suplemento N.º 1 a las Recomendaciones UIT-T de la Serie E, así como la Recomendación UIT-R F.1103. Los factores que hay que considerar comprenden:

- el número de radiocanales necesario;
- el número de usuarios finales a los que hay que prestar servicio;
- la intensidad de tráfico por usuario final.

Para usuarios finales rurales se han utilizado frecuentemente valores de la intensidad de tráfico media comprendidos entre 0,05 y 0,09 E/usuario final. En la página 84, Fig. 7-4(III), del Manual sobre Telecomunicaciones rurales del UIT-T (ex CCITT) (Ginebra, 1985) figura, en forma gráfica, la probabilidad de pérdida para sistemas de hasta seis canales de radiofrecuencia.

3 Requisitos para los sistemas digitales

3.1 Consideraciones generales

La gran difusión que tienen actualmente las tecnologías móviles digitales hace posible disponer de equipos radioeléctricos con buena relación coste-eficacia para el FWA. Esos sistemas tienen las características siguientes:

- alta disponibilidad del sistema y buena calidad vocal;
- tiempo de instalación más breve;
- bajo costo inicial en zonas rurales y suburbanas;
- fácil mantenimiento y gestión de las instalaciones;
- construcción en red de acceso flexible para responder a una demanda cambiante;
- inmunidad frente a las catástrofes.

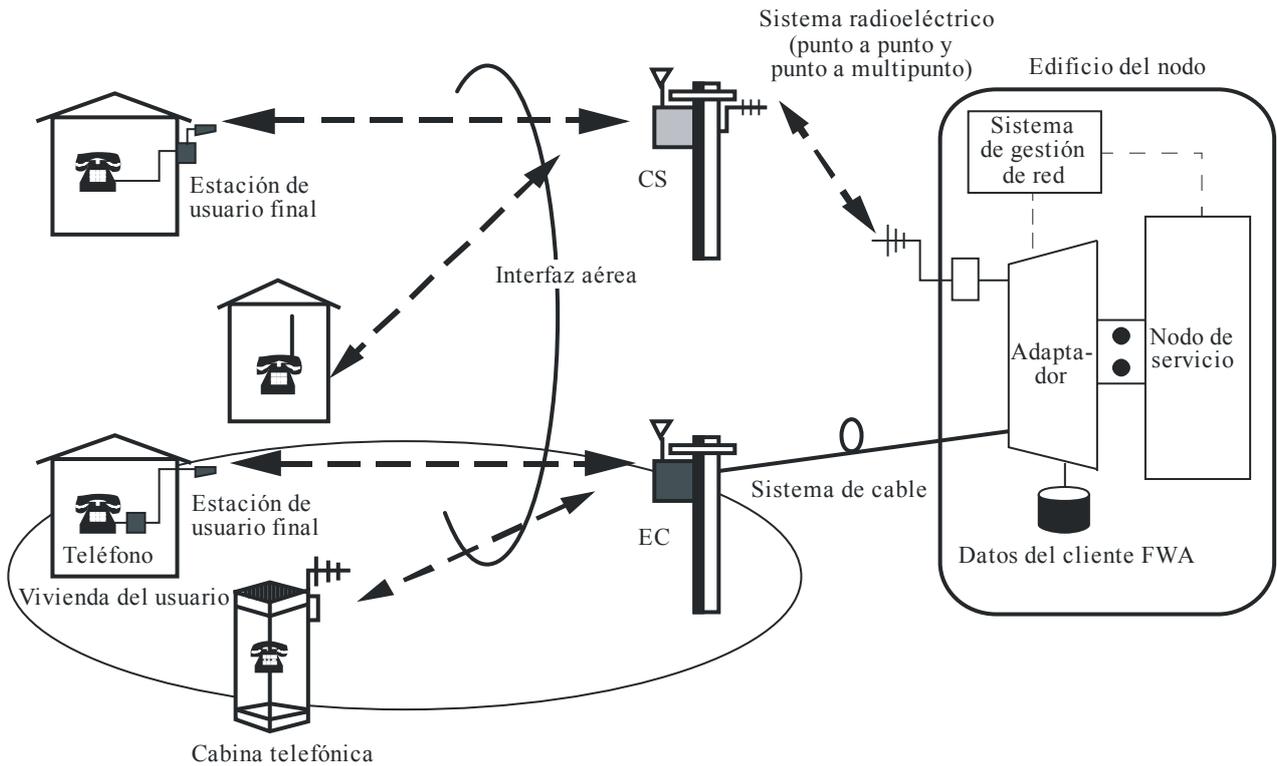
Debido a las ventajas citadas los sistemas digitales FWA derivados de móviles se han introducido ampliamente en muchos países. Entre los servicios que facilitan los sistemas FWA derivados de móviles figuran la telefonía a dos hilos, la telefonía pública, el facsímil y la transmisión de datos con módems (hasta 9,6 kbit/s). Se ha tenido en cuenta el futuro suministro de conexiones con la RDSI (2B + D).

3.2 Configuración del sistema

En la Fig. 1 se muestra la configuración de un sistema FWA. Los componentes principales del sistema son los adaptadores (ADP), las estaciones celulares (EC) y las estaciones de usuario final o estaciones de abonado (EA). Se utilizan sistemas por cable o radioeléctricos para las conexiones entre los ADP y las EC. Los ADP se colocan entre el nodo de servicio (NS) y las EC. La función de los ADP es realizar la concentración, la autenticación y otras funciones.

FIGURA 1

Sistema FWA que utiliza tecnologías móviles



F.0757-01

Como ejemplos de interfaz entre los ADP y las EC cabe citar la E1/T1 o las que se ajustan a las Recomendaciones UIT-T G.964 y UIT-T G.965. Las EC se instalan en el exterior, por ejemplo en el extremo superior de los postes. Una EC puede contener varias unidades de radiocomunicaciones, con un número de canales de mensaje que depende de la tecnología utilizada. Por consiguiente una EC puede llegar a disponer de varias decenas de canales de mensaje y uno de control. El radio del área de servicio de estos sistemas FWA está comprendido entre 0,1 y varias decenas de kilómetros.

Los principales parámetros de los ejemplos de tecnologías derivadas de las tecnologías móviles utilizadas para aplicaciones FWA se recogen en el Cuadro 1. Las tecnologías móviles en las que se basa el Cuadro 1 se definen en las Recomendaciones UIT-R M.1033 y UIT-R M.1073.

CUADRO 1

Principales parámetros de los ejemplos de tecnologías derivadas de tecnologías móviles utilizadas para aplicaciones FWA

	D-AMPS-FWA 450/800/1 900	IS-95-AMDC-FWA	GSM-FWA 900/1 800	PHS-FWA	DECT-FWA
Banda de frecuencias (MHz)	440-450/485-495 824-849/869-894 1 850-1 910/1 930-1 990	824-849/869-894 1 750-1 780/1 840-1 870 1 850-1 910/ 1 930-1 990	890-915/935-960 1 710-1 785/1 805-1 880 ⁽⁴⁾	1 893,5-1 926,5	DECT 1 880-1 900 ó 1 900-1 920 FWA 1 910-1 930
Acceso	AMDT (DDF)	AMDC (DDF)	AMDF/AMDT (DDF)	AMDT/AMDE (DDT)	AMDT (DDT)
Radio de la zona de servicio (km)	Varias decenas	Hasta 62,5	Hasta 35 ⁽⁵⁾	5/15 ⁽³⁾	5
Esquema de codificación vocal	ACELP 7,9 kbits/s	QCELP 13,2 kbit/s EVRC 8 kbit/s	HR 5,6 kbit/s FR 13 kbit/s, EFR 12,2 kbit/s ⁽⁶⁾	MICDA	MICDA
Número de canales	833 a 800 MHz 1 985 a 1,9 GHz	20-30	124/374	155	120
Interfaz de red ⁽²⁾	T1/E1 ⁽²⁾	T1/E1	E1	E1/T1/RTPC	E1

⁽¹⁾ Se indicará más adelante.

⁽²⁾ E1 = 2 Mbit/s; T1 = 1,5 Mbit/s.

⁽³⁾ Se alcanzan los 15 km utilizando un transmisor de alta potencia de 500 mW en condiciones de visibilidad directa.

⁽⁴⁾ Además de estas frecuencias también están disponibles las siguientes: 380,2-389,8/390,2-399,8; 410,2-419,8/420,2-429,8; 450,4-457,6/460,4-467,6; 478,8-486/488,8-496; 698-716/728-746; 747-763/777-793; 806-821/851-866; 824-849/869-894; 880-915/925-960; 876-915/921-960; 1 850-1 910/1 930-1 990.

⁽⁵⁾ Es posible lograr un radio de la zona de servicio > 35 km con TA ampliado.

⁽⁶⁾ Además de estos esquemas de codificación vocal también están disponibles las siguientes: TCH/AFS12.2, TCH/AFS10.2, TCH/AFS7.95, TCH/AFS7.4, TCH/AFS6.7, TCH/AFS5.9, TCH/AFS5.15, TCH/AFS4.75, TCH/AHS7.95, TCH/AHS7.4, TCH/AHS6.7, TCH/AHS5.9, TCH/AHS5.15, TCH/AHS4.75, TCH/WFS12.65, TCH/WFS8.85, TCH/WFS6.60, O-TCH/AHS12.2, O-TCH/AHS10.2, O-TCH/AHS7.95, O-TCH/AHS7.4, O-TCH/AHS6.7, O-TCH/AHS5.9, O-TCH/AHS5.15, O-TCH/AHS4.75, O-TCH/WFS23.85, O-TCH/WFS15.85, O-TCH/WFS12.65, O-TCH/WFS8.85, O-TCH/WFS6.60, O-TCH/WHS12.65, O-TCH/WHS8.85, O-TCH/WHS6.60.

Abreviaturas del Cuadro 1:

AMDF:	Acceso múltiple por división en frecuencia
AMDE:	Acceso múltiple por división de espacio
D-AMPS-FWA:	FWA basados en el sistema de telefonía móvil avanzada digital (<i>digital advanced mobile phone system-FWA</i>)
DECT-FWA:	FWA basados en las telecomunicaciones digitales mejoradas sin cordón (<i>digital enhanced cordless telecommunications-FWA</i>)
DDF:	Dúplex por división de frecuencia
DDT:	Dúplex por división en el tiempo
EVRC:	Códec de velocidad variable mejorada (<i>enhanced variable rate códec</i>)
GSM-FWA:	FWA basados en el sistema mundial para comunicaciones móviles (<i>global system for mobility in FWA</i>)
IS-95-AMDC-FWA:	FWA basados en la Norma Provisional 95 con AMDC (<i>Interim Standard-95 with CDMA in FWA</i>)
MICDA:	Modulación por impulsos codificados diferencial adaptativa
PHS-FWA:	FWA basados en el sistema de teléfonos portátiles personales (<i>personal handyphone system in FWA</i>)
QCELP:	Predicción lineal con excitación por código de cuadratura (<i>quadrature code excited linear prediction</i>)
RTPC:	Red telefónica pública con conmutación.
T1/E1:	Sistema de transmisión de velocidad primaria (<i>primary rate transmission system</i>)
TA:	Avance de temporización (<i>timing advance</i>)

3.3 Requisitos de calidad de funcionamiento y disponibilidad

El *recomienda 5* de la presente Recomendación específica que los objetivos de característica de error y de disponibilidad de los sistemas digitales FWA deben normalmente ajustarse a las Recomendaciones UIT-R F.697 y UIT-R F.1400. Como dichas Recomendaciones no distinguen entre los sistemas FWA derivados de móviles y los diseñados solamente para su utilización como fijos, es necesario que los sistemas FWA derivados de móviles satisfagan los objetivos reseñados en dichas Recomendaciones, y en particular los objetivos de disponibilidad que recoge la Recomendación UIT-R F.1400, es decir: 99,99% para aplicaciones de calidad media y 99,999% para las de alta calidad, siendo el tiempo medio de reparación (MTTR) suficientemente corto tanto en el ámbito urbano como en el rural.

CUADRO 2

Parámetros principales de las aplicaciones del citado FWA utilizando tecnologías móviles digitales

	D-AMPS-FWA 450/900	IS-95-AMDC-FWA	GSM-FWA 900/1 800	PHS-FWA	DECT-FWA	PDC-FWA 800/1 500
Banda de frecuencias (MHz)	440-450/485-495 824-849/869-894	824-849/869-894 1 750-1 780/1 840-1 870 1 850-1 910/1 930-1 990	890-915/935-960 1 710-1 785/1 805-1 880	1 893,5-1 919,6	DECT 1 880-1 900 6 1 900-1 920 FWA 1 910-1 930	810-828/940-958 1 429-1 453/1 477-1 501
Acceso	AMDT (DDF)	AMDC (DDF)	AMDT (DDF)	AMDT (DDT)	AMDT (DDT)	AMDT (DDF)
Radio de la zona de servicio (km)	Varias decenas	Hasta 62,5	0,1 a 30/0,1 a 20	5	5	Hasta 50
Esquema de codificación vocal	IS-54 IS-136	QCELP 13,2 kbit/s EVRC 8 kbit/s	HR 5,6 kbit/s FR, EFR 13 kbit/s	MICDA	MICDA	VSELP 6,7 kbit/s PSI-CELP 3,45 kbit/s
Número de canales	(1)	20-30	124/374	348	120	216/288
Interfaz de red ⁽²⁾	T1/E1 ⁽²⁾	T1/E1	E1	G.964/G.965 GR303/RTPC	E1	G.964, G.965 RTPC (analógica de 2 hilos)

(1) Se indicará más adelante.

(2) E1 = 2 Mbit/s; T1 = 1,5 Mbit/s.

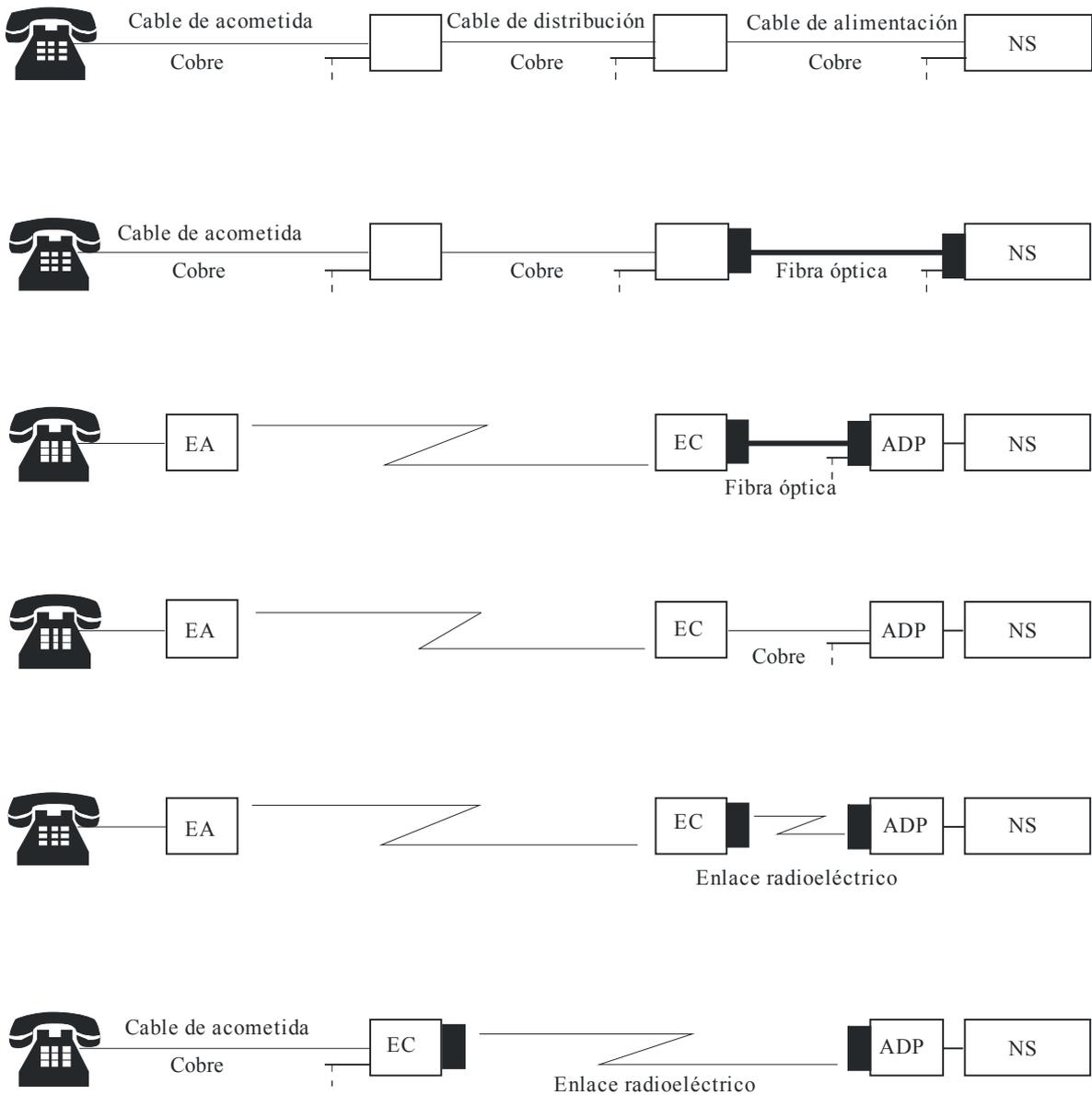
AMDF: Acceso múltiple por división en frecuencia
D-AMPS-FWA: FWA basados en el sistema de telefonía móvil avanzada digital (*digital advanced mobile phone system-FWA*)
DECT-FWA: FWA basados en las telecomunicaciones digitales mejoradas sin cordón (*digital enhanced cordless telecommunications-FWA*)
DDF: Dúplex por división de frecuencia
DDT: Dúplex por división en el tiempo
EVRC: Códec de velocidad variable mejorada (*enhanced variable rate codec*)
GSM-FWA: FWA basados en el sistema mundial para comunicaciones móviles (*global system for mobility in FWA*)
IS-95-AMDC-FWA: FWA basados en la Norma Provisional 95 con AMDC (*Interim Standard-95 with CDMA in FWA*)
MICDA: Modulación por impulsos codificados diferencial adaptativa

PDC-FWA: FWA con controlador digital periférico (*personal digital cellular FWA*)
PHS-FWA: FWA basados en el sistema de teléfonos portátiles personales (*personal handyphone system in FWA*)
PSI-CELP: Predicción lineal mediante excitación por código (CELP) con interfaz de subsistema periférico (*peripheral subsystem interface-code excited linear prediction*)
QCELP: Predicción lineal con excitación por código de cuadratura (*quadrature code excited linear prediction*)
RTPC: Red telefónica pública con conmutación.
T1/E1: Sistema de transmisión de velocidad primaria (*primary rate transmission system*)
VSELP: Predicción lineal con excitación por vector suma (*vector sum excited linear prediction*)

3.4 Proceso de realización

Hay muchas formas de realizar un sistema de acceso con sistemas FWA derivados de móviles, como se muestra en la Fig. 2. En dicha Figura, el sistema de acceso inalámbrico típico consiste en un ADP (adaptador), una EC (estación celular) y una EA (estación de abonado o de usuario final). Por ejemplo, en una zona extensa a la que presta servicio un nodo de servicio (NS) habrá un cierto número de pequeñas subzonas a distancias diferentes del NS, con números distintos y distintas densidades y tasas de crecimiento de usuarios finales. El problema más importante que se plantea a los operadores de red es, por ello, como seleccionar la realización óptima (es decir, la de menor coste y mayor eficacia), dadas las condiciones de cada una de las subzonas en cuestión.

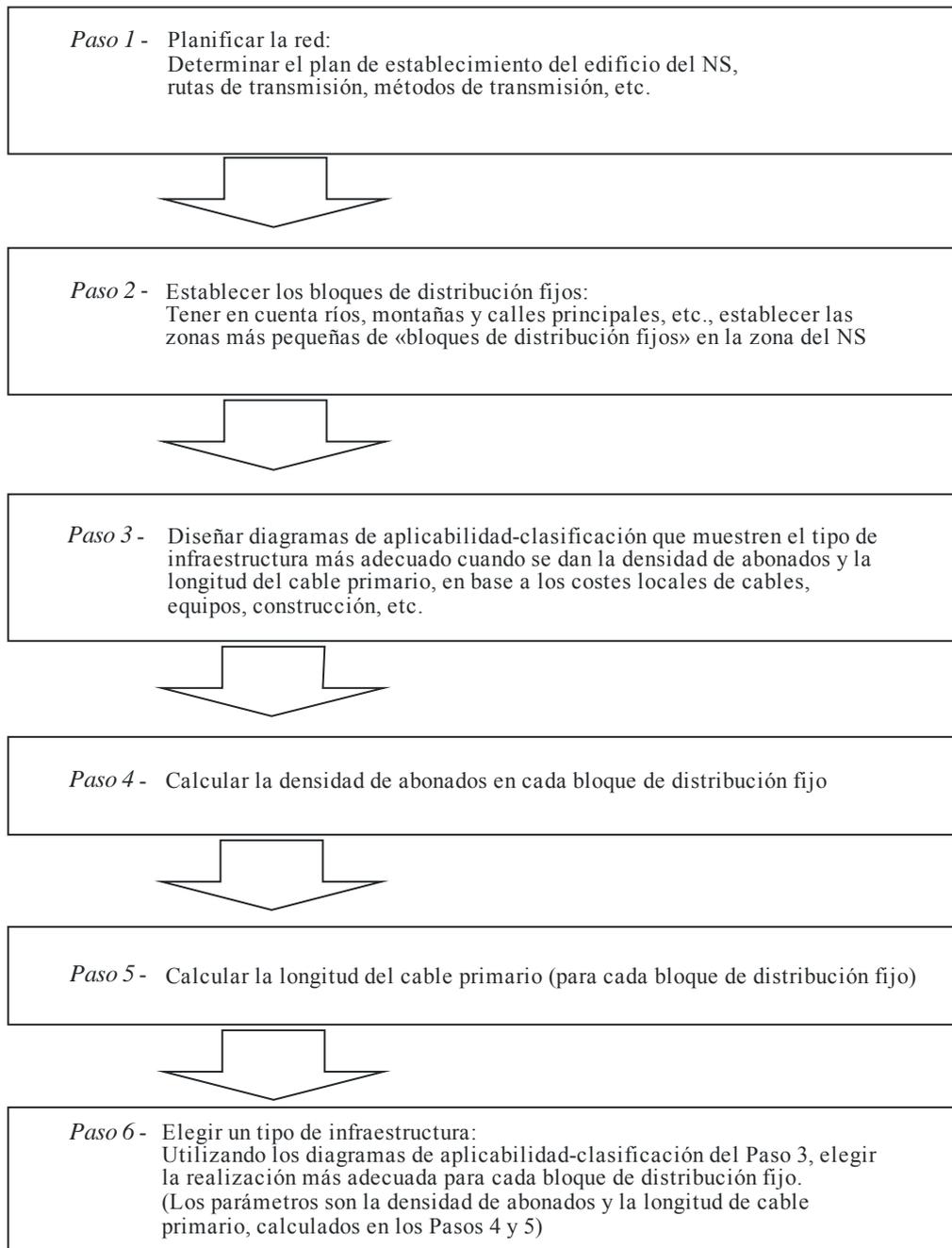
FIGURA 2
Diferentes sistemas de acceso



En la Fig. 3 se muestra de forma resumida el proceso de elección del sistema más adecuado.

FIGURA 3

Elección de los sistemas FWA derivados de los sistemas móviles apropiados



F.0757-03

3.5 Aspectos relativos al mantenimiento y al funcionamiento

Los operadores pueden controlar y administrar varios sistemas FWA derivados de móviles desde un centro de operaciones. Hay dos tipos de arquitectura de gestión (disposición en árbol o en anillo) aplicables al sistema. Tienen distintas características en términos de coste, fiabilidad, etc., y se puede pasar de una arquitectura a la otra al ampliar el sistema, el equipo o el centro.

Por lo que se refiere a las funciones, tres sistemas constituyen las funciones de realización del sistema de gestión de red (NMS). Las funciones de cada sistema son como sigue:

- sistema de explotación y mantenimiento de la red para el centro de operaciones;
- sistema de apoyo de ingeniería y gestión de medios para oficinas locales;
- sistema de orden de servicios para el centro de servicios al cliente.

Cada centro de operaciones mantiene datos de reserva (para los clientes, el sistema, el tráfico, etc.) que reflejan enteramente uno o más centros de operaciones, para la protección en caso de accidentes. Si un centro falla, los datos pueden restablecerse desde otro lugar o puede conmutarse el control a otro sitio para que continúen las operaciones.

El sistema de gestión de base de datos (SGBD) relacional permite una búsqueda rápida y flexible de datos, una recogida fácil de estadísticas y un proceso de transacción de alta calidad para grandes cantidades de datos. Admite también diversas formas de almacenamiento de datos, tales como el disquete, el disco magnetoóptico, etc. Los operadores pueden manipular fácilmente el sistema de gestión de red, determinar la situación actual del sistema y adoptar las medidas necesarias utilizando la interfaz gráfica de usuario.

4 Resumen

Los sistemas FWA derivados de sistemas móviles ofrecen la posibilidad de proporcionar servicios de telecomunicaciones a usuarios finales de las zonas rurales y, en particular, a usuarios finales.

Los sistemas fijos optimizados pueden ofrecer, como cabría esperar, un nivel de calidad de funcionamiento y unas características de servicio mejores que los sistemas radioeléctricos móviles. El nivel de calidad ofrecido por los sistemas FWA puede ser aceptable en algunos casos para una administración que requiera la prestación del servicio telefónico básico a unos pocos usuarios finales muy dispersos, sobre todo si el servicio puede proporcionarse de forma muy económica dentro de una célula ya existente del servicio móvil. Sin embargo, la administración debe tener en cuenta que la calidad conseguida puede degradar las conexiones nacionales o internacionales más allá de los objetivos nacionales o del UIT-T. Como siempre, deberá procederse a una evaluación completa de las técnicas radioeléctricas adecuadas que comprenda la consideración de las Recomendaciones UIT-T y UIT-R, y comparaciones entre lo factible y lo requerido en materia de: costes, duración de los equipos, mantenimiento, fiabilidad, idoneidad del entorno físico local, servicios ofrecidos, etc.

Anexo 2

Características de los sistemas FWA basados en tecnologías derivadas de las tecnologías móviles que ofrecen comunicaciones de datos

1 Introducción

Los sistemas FWA basados en tecnologías derivadas de las tecnologías móviles se han desarrollado de forma significativa en los últimos años. Estas tecnologías basadas en las digitales sin hilos tenían como fin originalmente construir redes de acceso RTPC de forma económica y rápida y estos sistemas proporcionan comunicaciones de voz principalmente utilizando MICDA a 32 kbit/s. Los adelantos hacia la tercera generación de sistemas móviles han dado lugar a sistemas mejorados anteriores a las IMT-2000 capaces de obtener velocidades binarias de hasta 40 kbit/s.

La necesidad de comunicaciones de datos además de comunicaciones de voz está aumentando debido a la difusión de Internet y de otros servicios multimedios, tanto en los países en desarrollo como en los países desarrollados.

Este Anexo describe las comunicaciones de datos que utilizan sistemas FWA basados en tecnologías derivadas de las tecnologías móviles.

2 Características generales de los sistemas FWA basados en tecnologías derivadas de tecnologías móviles

El Cuadro 3 muestra los parámetros de la estación de base de ejemplos de sistemas FWA basados en tecnologías derivadas de tecnologías móviles. Las tecnologías móviles en las que se basa el Cuadro 2 se definen en las Recomendaciones UIT-R M.1033 y UIT-R M.1073.

CUADRO 3

Ejemplo de sistemas FWA basados en tecnologías derivadas de las tecnologías móviles

Elemento	Especificaciones				
	PHS	GSM ⁽⁴⁾	IS-95	DECT	D-AMPS (136)
Banda de frecuencias	Banda de 1,9 GHz	a) Banda de 1,8 GHz b) Banda de 1,9 GHz	Banda de 1,9 GHz	Banda de 1,9 GHz	a) Banda de 850 MHz b) Banda de 1,9 GHz
Método de acceso	AMDT/AMDE	AMDT/AMDF	AMDC	AMDT/DDT	AMDT/AMDF
Trama AMDT	5 ms	4,615 ms	No aplicable	10 ms	40 ms
Canal de tráfico/portadora de RF	4	8 velocidad 16 velocidad mitad 16 velocidad plena (VAMOS) 32 velocidad mitad (VAMOS)	30 (valor normalmente adoptado)	Franja completa: 12 canales dúplex	3 velocidad plena
Velocidad de transmisión de la información/canal de tráfico	32 kbit/s	Ráfaga normal: MDMG/~ 200 kbit/s MDP-8/~ 600 kbit/s MAQ-16/~ 950 kbit/s MAQ-32/~ 1 185 kbit/s	14,4 kbit/s 64 kbit/s (IS-95B)	64 kbit/s	π /MDP-4D/ Ráfaga normal: 13 kbit/s MDP-8/Ráfaga normal: 19,95 kbit/s DL 18,6 kbit/s UL
Método de modulación/velocidad de transmisión	π /MDP-4/ 384 kbit/s	MDMG/271 kbit/s MDP-8/812,5 kbit/s MAQ-16/1 300 kbit/s MAQ-32/1 625 kbit/s	MDP-4 (ensanchamiento) MDPB (saliente); 64-ary ortogonal (entrante)/ 9,6 ó 14,4 kbit/s por canal hasta 921,6 kbit/s por portadora IS-95	MDMG ($BT = 0,5$)/ 1 152 kbit/s	π /MDP-4/48,6 kbit/s MDP-8/70,8 kbit/s
Códec de voz	32 kbit/s MICDA (64 kbit/s MIC)	Velocidad plena: RPE-LTP 13 kbit/s	QCELP 13,2 kbit/s EVRC 8 kbit/s	32 kbit/s MICDA (64 kbit/s MIC)	Velocidad plena: ACELP 7,9 kbit/s Velocidad plena: AMR 12,2 kbit/s
Franja/trama	8	8 velocidad plena	No aplicable	12	6
Anchura de banda del canal	288 kHz	200 kHz	1 250 kHz	1,728 MHz	30 kHz

CUADRO 3 (Fin)

Elemento	Especificaciones				
	PHS	GSM ⁽⁴⁾	IS-95	DECT	D-AMPS (136)
N.º de canales	16 (por 4 portadoras)	Dependiente de la banda: 124 por 25 MHz	61 (por portadora RF)	12	833 a 800 MHz 1 985 a 1,9 GHz
Eficacia del espectro (Erlang/sector/MHz)	7,8 con 25,8 MHz de banda; 4 portadoras/célula; 15 canales vocales/célula; 0,05 E/célula (2% GoS)	2,4 para banda de transmisión de 15 MHz; factor de reutilización = 4; 6 portadoras/sector; 45 canales vocales/sector; 35,6 E/sector (ofrecido) (2% GoS)	9,5 para banda de transmisión de 15 MHz; factor de reutilización = 1; 11 portadoras /sector; 220 canales vocales /sector; 143 E/sector (2% GoS)		19,6 para un bloqueo del 1%
Máximo radio de la célula (km)	5/15 ⁽¹⁾	35	50	5	35
Potencia de cresta del transmisor (dBm)	24/27 ⁽¹⁾	34~43 ^{(2) (3)}	23	24	34,77
Máxima ganancia de la antena (dBi)	12/3 (Estación de célula/Unidad de abonado)	12~18	16.6	12	13
Lóbulos laterales de la antena (dB)	-25/0	-25	-25	-25	-25
Sensibilidad (dBm) BER = 1×10^{-3}	-86	-104 ⁽²⁾	-104	-86	-111/ π /MDP4-D -107/MDP-8
Interfaz de nodo de servicio	Digital/analógico	Digital/ analógico	Digital/ analógico	Digital/ analógico	Digital/analógico

⁽¹⁾ Se alcanzan los 15 km utilizando un transmisor de alta potencia de 500 mW en condiciones de visibilidad directa.

⁽²⁾ ETSI TS 100 910 V.8 11. 0.

⁽³⁾ En el caso de pico-ETB y micro-ETB la gama va de 22 dBm a 32 dBm en las bandas de frecuencia anteriores. Para las ETB que soportan MDP-4, MDP-8, MAQ-16 y/o MAQ-32 el fabricante deberá señalar la máxima capacidad de potencia de salida para MDGM y para cada combinación de modulación y velocidad de símbolo soportada adicionalmente.

⁽⁴⁾ En el Cuadro 2 aparece una lista completa de los principales parámetros.

3 Métodos de comunicación de datos del FWA

3.1 Transmisiones de datos en la banda de voz

Existen Recomendaciones UIT-T de la serie G sobre el método de codificación de voz utilizado en la red telefónica conmutada general y Recomendaciones UIT-T de la serie V sobre transmisión de datos en la red telefónica con conmutación general o en circuitos de tipo telefónico arrendados de cuatro hilos. Las Recomendaciones aplicables dependen del método de codificación de voz. Por ejemplo, cuando se utiliza la Recomendación UIT-T G.726 (MICDA a 32 kbit/s), se garantizan las características de la transmisión de datos en la banda de voz hasta 4 800 bit/s (V.27ter). Aunque es independiente de las condiciones de transmisión, puede ser capaz de comunicar a 7 200 bit/s o 9 600 bit/s (véase la Recomendación UIT-T G.726).

3.2 Transmisión digital

En los métodos de transmisión digital, la transmisión de datos es una transmisión transparente y los canales de tráfico típicos son de 14,4 kbit/s, 32 kbit/s y 64 kbit/s. Es posible transmitir a velocidades mayores ya sea utilizando varios canales de tráfico o utilizando canales de tráfico más anchos. La velocidad de transmisión será $M \times N$ kbit/s (M : velocidad de transmisión por canal de tráfico; N : número de canales de tráfico atribuidos). En un sistema RDSI, la estructura de canal es 2B, D y PHS siempre utiliza cinco canales de tráfico para cada abonado. En DECT se utilizan canales de tráfico más anchos.

En el Manual del UIT-R sobre FWA se describen ejemplos de FWA derivado de la tecnología móvil (Segunda edición del Volumen 1 del Manual UIT-R sobre el servicio móvil terrestre).

3.3 Transmisión facsímil

Existen las siguientes Recomendaciones UIT-T de la serie T sobre transmisión de facsímil en redes telefónicas públicas con conmutación (incluida la RDSI):

- Recomendación UIT-T T.4 para la transmisión de facsímil del Grupo 3;
- Recomendación UIT-T T.90 para la transmisión de facsímil del Grupo 4.

Estas Recomendaciones se aplican al FWA aunque la velocidad de transmisión depende de la codificación de voz y de las condiciones de transmisión como en la transmisión de datos en la banda de voz para el Grupo 3.

4 Esquema de uso para cada método y comparación técnica

4.1 Esquema de uso

El esquema de uso de cada método se muestra en la Fig. 4.

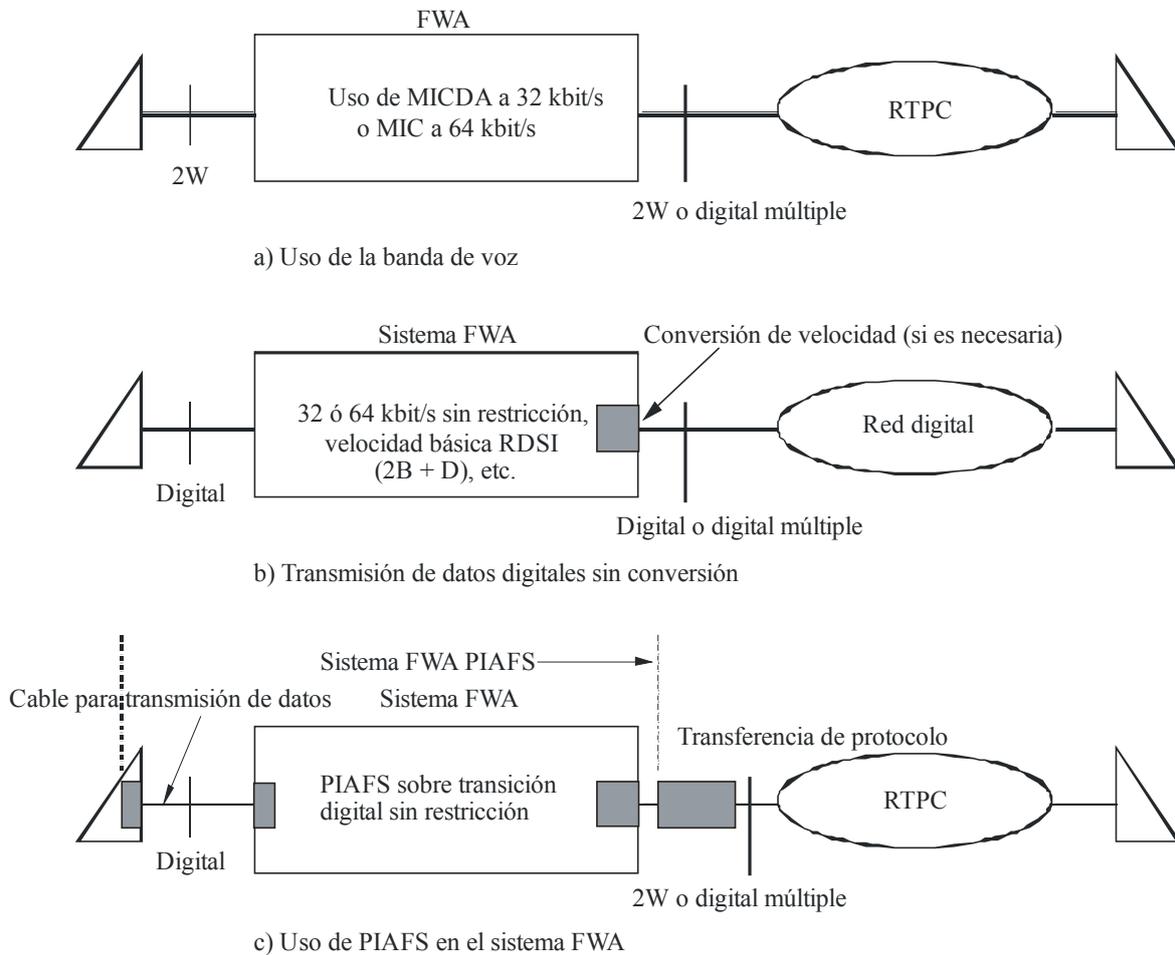
Cuando se utiliza la banda de voz como en la Fig. 4a), se utiliza generalmente MICDA a 32 kbit/s para la sección radioeléctrica. Existen dos maneras de conectarse a la RTPC; una consiste en utilizar señales analógicas de dos hilos y la otra consiste en utilizar múltiples señales digitales. En este último caso, es menor la degradación de la calidad de transmisión debida a la conversión analógica/digital.

Cuando se transmiten datos digitales como se muestra en la Fig. 4b), las señales digitales se transmiten de forma transparente de extremo a extremo. La velocidad de transmisión depende de la capacidad del sistema FWA y podría ser de 32 kbit/s, 64 kbit/s o la velocidad básica RDSI de $2B + D$. Si el sistema FWA no proporciona corrección de errores, lo deberán hacer los terminales.

La Fig. 4c) indica que se utiliza PIAFS para la sección FWA. La Norma del foro de acceso Internet PHS (PIAFS, *PHS Internet access forum standard*) es un procedimiento de transmisión de datos que utiliza portadores digitales sin restricción de PHS a 64 kbit/s/32 kbit/s. PIAFS se transforma cuando entra en la RTPC y la transmisión de módem convencional se realiza en la RTPC.

FIGURA 4

Esquema de uso para la transmisión de datos



F.0757-04

4.2 Comparación técnica

El Cuadro 4 resume las características de cada esquema.

Cuando se utiliza la banda de voz, no se necesita normalmente una adaptación particular del sistema FWA designado para transmisión telefónica analógica, aunque la velocidad de transmisión no resulta tan alta. Con el fin de mejorar la calidad de la transmisión de datos, es deseable que la interfaz a la RTPC sea una interfaz múltiple digital. Es más, si se precisa una velocidad de transmisión superior, se puede resolver utilizando codificación MIC a 64 kbit/s en el sistema FWA.

Cuando se transmiten los datos digitales sin conversión, es necesaria una interfaz digital tanto hacia el terminal como hacia la red digital y se precisan cambios significativos en relación con el sistema telefónico analógico. Asimismo, el terminal está limitado a un terminal digital.

La utilización de protocolos de corrección de errores en el sistema FWA proporcionará protección ante los efectos de las perturbaciones en la transmisión radioeléctrica. Con más razón para una velocidad de datos máxima relativamente reducida. Cuando se utilizan protocolos radioeléctricos particulares en el sistema FWA se precisa una nueva interfaz que incluya la conexión de datos para

los terminales y el equipo de transferencia de protocolo se tiene que conectar a la red. Sin embargo, la transmisión es bastante estable y no está tan influida por las perturbaciones de la transmisión radioeléctrica. Asimismo, se pueden utilizar los terminales convencionales. Únicamente como referencia el PIAFS descrito en el Cuadro 4 es el sistema de transmisión particular para PHS. Éste proporciona los procedimientos de control de transmisión (comparable al modelo de referencia OSI de capa 2) para transmisiones de datos de alta calidad.

Al considerar las características anteriores para cada esquema, se elegirá el sistema de transmisión de datos más adecuado para la aplicación que se pretende.

CUADRO 4
Características de cada esquema

	Utilización de la banda de voz	Datos digitales	Protocolo radioeléctrico particular (que utiliza PIAFS)
Velocidad de transmisión de datos (un canal de tráfico)	4,8 kbit/s, 9,6 kbit/s, etc.	32 kbit/s	29,2 kbit/s
Velocidad de transmisión de datos (multicanal de tráfico)	56 kbit/s, etc.	64 kbit/s, 2B + D, etc.	58,4 kbit/s
Influencia de la perturbación debido al entorno radioeléctrico	Influido	Influido	Menos influido
Conectividad al terminal	Módem convencional	Sólo terminal digital	Módem convencional
Adaptación del sistema FWA designado para servicio telefónico analógico	Prácticamente sin cambio	Adición de una interfaz digital para el terminal y la red digital	<ul style="list-style-type: none"> – nueva interfaz incluido el cable de datos para los terminales – adición del equipo de transferencia de protocolo

5 Lista de acrónimos

ADP	Adaptador
AMDE	Acceso múltiple por división de espacio)
AMDT	Acceso múltiple por división en el tiempo
CELP	Predicción lineal excitada por código (<i>code excited linear prediction</i>)
DDT	Dúplex por división en el tiempo
DECT	Telecomunicaciones digitales sin hilos mejoradas sin cordón (<i>digital enhanced cordless telecommunication</i>)
E1(2 Mbit/s) TI(1,5 Mbit/s)	Sistema de transmisión de velocidad primaria (<i>primary rate transmission system</i>)
EA	Estación de abonado (o de usuario final)
EC	Estación celular (<i>cell station</i>)
ETSI	Instituto Europeo de Normas de Telecomunicaciones (<i>European Telecommunication Standard Institute</i>)

EVRC	Códec de velocidad variable mejorado (<i>enhanced variable rate codec</i>)
FWA	Acceso inalámbrico fijo (<i>fixed wireless access</i>)
GDS	Grado de servicio
GSM	Sistema mundial para comunicaciones móviles (<i>global system for mobile communications</i>)
MDMG	Modulación por desplazamiento mínimo con filtrado gaussiano
MDP-4	Modulación por desplazamiento de fase cuaternaria
MF	Modulación de frecuencia
MIC	Modulación por impulsos codificados
MICDA	Modulación por impulsos codificados diferencial adaptativa
MTTR	Tiempo medio de reparación (<i>mean time to repair</i>)
NMO	Nota media de opinión
NMS	Sistema de gestión de red (<i>network management system</i>)
NS	Nodo de servicio
PHS	Sistema de teléfonos portátiles personales (<i>personal handyphone system</i>)
PIAFS	Norma del foro de acceso Internet PHS (<i>PHS Internet access forum standard</i>)
RDSI	Red digital de servicios integrados
RMTP	Red móvil terrestre pública
RPE-LTP	Excitación de impulsos ordinarios – Codificación predictiva lineal (<i>regular pulse excitation – linear predictive coding</i>)
RTPC	Red telefónica pública con conmutación
SGBD	Sistema de gestión de base de datos
UIT-R	Sector de Radiocomunicaciones de la UIT
UIT-T	Sector de Normalización de las Telecomunicaciones de la UIT

6 Referencias

6.1 Recomendaciones UIT-R

- Recomendación UIT-R F.697: Objetivos de característica de errores y de disponibilidad para el tramo de grado local en cada extremo de una conexión de RDSI a una velocidad binaria inferior a la velocidad primaria que utiliza sistemas de relevadores radioeléctricos digitales
- Recomendación UIT-R 1103: Requisitos básicos y tecnologías para los sistemas de acceso inalámbrico fijo que funcionan en bandas por debajo de 3 GHz para establecer conexiones de abonado inalámbricas en zonas rurales
- Recomendación UIT-R F.1399: Terminología del acceso inalámbrico

- Recomendación UIT-R F.1400: Requisitos y objetivos de calidad de funcionamiento y de disponibilidad para los sistemas de acceso inalámbrico fijo a la red telefónica pública con conmutación
- Recomendación UIT-R F.1402: Criterios de compartición de frecuencias entre un sistema de acceso inalámbrico móvil terrestre y un sistema de acceso inalámbrico fijo que utiliza el mismo tipo de equipo que el sistema de acceso inalámbrico móvil terrestre
- Recomendación UIT-R F.1518: Metodología para la definición de los requisitos de espectro de redes de acceso inalámbrico fijo y de acceso inalámbrico móvil que utilizan los mismos tipos de equipos y coexisten en la misma banda de frecuencias
- Recomendación UIT-R M.1033: Características técnicas y de explotación de los teléfonos sin cordón y sistemas de telecomunicaciones sin hilos
- Recomendación UIT-R M.1073: Sistemas celulares digitales de telecomunicaciones móviles terrestres.

6.2 Recomendaciones UIT-T

- Recomendación UIT-T E.506: Previsiones del tráfico internacional
- Recomendación UIT-T E.541: Grado de servicio global en las conexiones internacionales (de abonado a abonado)
- Recomendación UIT-T G.103: Conexiones ficticias de referencia
- Recomendación UIT-T G.123: Ruidos de circuito en las redes nacionales
- Recomendación UIT-T G.162: Características de los compensadores (compresores-expansores) para la telefonía
- Recomendación UIT-T G.165: Compensadores de eco
- Recomendación UIT-T G.173: Aspectos relativos a la planificación de la transmisión del servicio vocal en las redes móviles terrestres públicas digitales
- Recomendación UIT-T G.711: Modulación por impulsos codificados (MIC) de frecuencias vocales
- Recomendación UIT-T G.726: Modulación por impulsos codificados diferencial adaptativa (MICDA) a 40, 32, 24, 16 kbit/s.
- Recomendación UIT-T G.728: Codificación de señales vocales a 16 kbit/s utilizando predicción lineal con excitación por código de bajo retardo
- Recomendación UIT-T G.729: Codificación de la voz a 8 kbit/s mediante predicción lineal con excitación por código algebraico de estructura conjugada
- Recomendación UIT-T G.964: Interfaces V en la central local digital – Interfaz V5.1 (basada en 2 048 kbit/s) para el soporte de red de acceso

- Recomendación UIT-T G.965: Interfaces V en la central local digital – Interfaz V5.2 (basada en 2 048 kbit/s) para el soporte de red de acceso
- Recomendación UIT-T P.75: Método normalizado de acondicionamiento previo de los micrófonos de carbón
- Recomendación UIT-T P.76: Determinación de índices de sonoridad; principios fundamentales
- Recomendación UIT-T P.78: Método de prueba subjetivo para determinar índices de sonoridad de acuerdo con la Recomendación P.76
- Recomendación UIT-T P.79: Cálculo de índices de sonoridad de aparatos telefónicos
- Recomendación UIT-T T.4 Normalización de los terminales facsímil del grupo 3 para la transmisión de documentos
- Recomendación UIT-T T.90 Características y protocolos para terminales de servicios de telemática en la RSDI
- Recomendación UIT-T V.17: Módem de dos hilos para aplicaciones facsímil con velocidades de hasta 14 400 bit/s
- Recomendación UIT-T V.21: Módem dúplex a 300 bit/s normalizado para uso en la red telefónica general con conmutación
- Recomendación UIT-T V.22: Módem dúplex a 1 200 bit/s normalizado para uso en la red telefónica general con conmutación y en circuitos arrendados de tipo telefónico punto a punto a dos hilos
- Recomendación UIT-T V.22bis: Módem dúplex a 2 400 bit/s que utiliza la técnica de división de frecuencia normalizado para uso en la telefónica general con conmutación y en circuitos arrendados de tipo telefónico punto a punto dos hilos
- Recomendación UIT-T V.23: Módem a 600/1 200 baudios normalizado para uso en la red telefónica general con conmutación.
- Recomendación UIT-T V.26bis: Módem a 2 400/1 200 bit/s normalizado para uso en la red telefónica general con conmutación
- Recomendación UIT-T V.26ter: Módem dúplex a 2 400 bit/s que utiliza la técnica de compensación de eco normalizado para uso en la red telefónica general con conmutación y en circuitos arrendados de equipo telefónico punto a punto a dos hilos
- Recomendación UIT-T V.27bis: Módem a 4 800/2 400 bit/s normalizado con ecualizador automático para uso en circuitos arrendados de tipo telefónico
- Recomendación UIT-T V.27ter: Módem a 4 800/2 400 bit/s normalizado para uso en la red telefónica general con conmutación
- Recomendación UIT-T V.29: Módem a 9 600 bit/s normalizado para uso en circuitos arrendados de tipo telefónico punto a punto a cuatro hilos
- Recomendación UIT-T V.32: Familia de módems dúplex a dos hilos que funcionan a velocidades binarias de hasta 9 600 bit/s para uso en la red telefónica general conmutada y en circuitos arrendados de tipo telefónico

- Recomendación UIT-T V.32bis: Módem dúplex que funciona a velocidades de transmisión de datos de hasta 14 400 bit/s para uso en la red telefónica general conmutada y en circuitos arrendados de tipo telefónico a dos hilos punto a punto
- Recomendación UIT-T V.34: Módem que funciona a velocidades de señalización de datos de hasta 33 600 bit/s para uso en la red telefónica general conmutada y en circuitos arrendados punto a punto a dos hilos de tipo telefónico
- Recomendación UIT-T V.90: Par constituido por un módem digital y un módem analógico para uso en la red telefónica pública conmutada (RTPC) a velocidades de señalización de datos de hasta 56 000 bit/s en sentido descendente y hasta 33 600 bit/s en sentido ascendente.

6.3 Otras publicaciones de la UIT

Manual del UIT-R sobre el servicio móvil terrestre (incluido el acceso inalámbrico) Volumen 1: Acceso inalámbrico fijo. 2ª edición, 2001.

Manual sobre Telecomunicaciones rurales del UIT-T (ex CCITT) (Ginebra, 1985).
