



Unión Internacional de Telecomunicaciones

ACCESO INALÁMBRICO FIJO



**Manual sobre el
servicio
móvil terrestre**
(incluso acceso inalámbrico)

Volumen 1
2.^a edición

EL SECTOR DE RADIOCOMUNICACIONES DE LA UIT

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.

Para toda información sobre asuntos de radiocomunicaciones

póngase en contacto con:

UIT
Oficina de Radiocomunicaciones
Place des Nations
CH-1211 Ginebra 20
Suiza

Teléfono: +41 22 730 5800
Fax: +41 22 730 5785
Internet: brmail@itu.int

Para solicitar las Publicaciones de la UIT

póngase en contacto con:

UIT
Servicio de ventas y marketing
Place des Nations
CH-1211 Ginebra 20
Suiza

Teléfono: +41 22 730 6141 (Inglés)
Teléfono: +41 22 730 6142 (Francés)
Teléfono: +41 22 730 6143 (Español)
Fax: +41 22 730 5194
Télex: 421 000 uit ch
Telegrama: ITU GENEVE
Internet: sales@itu.int

© UIT 2001

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



Unión Internacional de Telecomunicaciones

ACCESO INALÁMBRICO FIJO

**Manual sobre el
servicio
móvil terrestre**
(incluso acceso inalámbrico)

Volumen 1
2.ª edición

ÍNDICE

	Página
PREFACIO.....	xiii
PRÓLOGO.....	xv
PRÓLOGO A LA SEGUNDA EDICIÓN.....	xvii
CAPÍTULO 1 – INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 PROPÓSITO Y CAMPO DE APLICACIÓN.....	1
1.2 ANTECEDENTES.....	1
1.2.1 Acceso inalámbrico tradicional a la telefonía.....	1
1.2.2 Acceso inalámbrico en banda ancha (BWA).....	2
1.2.3 Relación entre el FWA y las IMT-2000.....	3
1.2.4 Acceso inalámbrico a Internet.....	3
1.3 ORGANIZACIÓN Y USO DEL MANUAL.....	4
CAPÍTULO 2 – REQUISITOS DEL ACCESO.....	5
CAPÍTULO 3 – VENTAJAS DEL ACCESO INALÁMBRICO.....	9
CAPÍTULO 4 – EVOLUCIÓN DE LA TECNOLOGÍA Y CONSIDERACIONES DE DISEÑO.....	13
4.1 OBJETIVOS DE DISEÑO DE LOS SISTEMAS DE ACCESO INALÁMBRICO FIJO.....	13
4.2 ARQUITECTURA DE LOS SISTEMAS DE ACCESO INALÁMBRICO FIJO.....	13
4.3 ESPECTRO.....	14
4.3.1 Función del Reglamento de Radiocomunicaciones (RR) de la UIT y políticas nacionales de utilización del espectro.....	15
4.3.2 Resumen de las Recomendaciones vigentes.....	17
4.4 SISTEMA DE RADIOCOMUNICACIONES Y METODOLOGÍA DE DISEÑO DE LA RED.....	19
4.5 EVOLUCIÓN DE LA TECNOLOGÍA.....	22
4.5.1 Terminales.....	22
4.5.2 Posición celular/estación radio de base.....	22
4.5.3 Red de conexión.....	23

	Página
4.5.4 Conmutador/red.....	23
4.6 CLASIFICACIÓN DE LOS SISTEMAS DE ACCESO INALÁMBRICO FIJO	26
4.7 ACCESO INALÁMBRICO EN BANDA ANCHA	26
CAPÍTULO 5 – FACTORES BÁSICOS QUE AFECTAN A LA ELECCIÓN DE TECNOLOGÍA	29
5.1 INTRODUCCIÓN	29
5.2 TECNOLOGÍA DEL ACCESO INALÁMBRICO	30
5.3 ELECCIÓN DE LA TECNOLOGÍA.....	30
5.4 MODELOS DE ANÁLISIS DE LAS TECNOLOGÍAS	30
5.5 NECESIDADES DEL MERCADO	32
5.6 CRITERIOS SOBRE TECNOLOGÍAS EN LA RED DE ACCESO.....	33
5.7 ACCESO	34
5.8 NUEVAS TECNOLOGÍAS EN LA RED DE ACCESO.....	34
5.9 SISTEMAS DE ACCESO INALÁMBRICO	35
5.10 CONCLUSIONES	38
CAPÍTULO 6 – PLANIFICACIÓN DEL DESPLIEGUE DE LOS SISTEMAS DE ACCESO INALÁMBRICO	39
6.1 CONSIDERACIONES GENERALES	39
6.2 PLANIFICACIÓN DE LAS NECESIDADES DE SERVICIOS	39
6.2.1 Funcionalidad	39
6.2.2 Capacidades de servicios futuros	40
6.3 PLANIFICACIÓN DE UNA RED DE TELECOMUNICACIONES	41
6.3.1 Necesidades del curso del tráfico	41
6.3.2 Explotación y mantenimiento.....	41
6.3.3 Red de conexión («Backhaul») – Conexión e integración de la red	42
6.4 CARACTERÍSTICAS RADIOELÉCTRICAS Y DIMENSIONADO.....	43
6.4.1 Densidad de abonados.....	43
6.4.2 Zona de cobertura.....	43
6.4.3 Planificación celular	43

	Página
6.4.4 Aspectos de la propagación radioeléctrica	44
6.5 SUMARIO	44
CAPÍTULO 7 – VISIÓN GENERAL DE LOS SISTEMAS DE ACCESO INALÁMBRICO FIJO	47
7.1 SISTEMAS BASADOS EN NORMAS DE INTERFAZ RADIOELÉCTRICA EXISTENTES	47
7.1.1 Sistemas para el acceso inalámbrico fijo basados en D-AMPS/AMDT	47
7.1.2 Sistemas de acceso inalámbrico basados en AMDC IS-95	47
7.1.3 Sistemas de acceso inalámbrico basados en GSM	48
7.1.4 Acceso inalámbrico fijo PHS	48
7.1.5 Sistemas de acceso inalámbrico basados en NMT	48
7.1.6 Sistemas de acceso inalámbrico basados en DECT	48
7.1.7 Sistemas de acceso inalámbrico basados en AMPS	48
7.1.8 Sistemas de acceso inalámbrico basados en TACS	48
7.2 SISTEMAS BASADOS EN TECNOLOGÍA DE INTERFAZ RADIOELÉCTRICA PATENTADA	49
7.2.1 Sistema de acceso inalámbrico fijo de Nortel Networks Internet	49
7.2.2 Subsistema de bucle inalámbrico SR500-s de SR Telecom	49
7.2.3 Sistema de acceso inalámbrico IRT de Tecnologías TRT/Lucent	49
7.3 SISTEMAS BWA	49
CAPÍTULO 8 – ACCESO INALÁMBRICO EN BANDA ANCHA	51
8.1 REQUISITOS DE ACCESO	51
8.2 UTILIZACIÓN DEL ESPECTRO	53
8.3 OBJETIVOS EN CUANTO A CALIDAD Y DISPONIBILIDAD	53
8.4 CONDICIONES DE PROPAGACIÓN	54
8.5 ARQUITECTURAS BWA	55
8.6 REALIZACIONES TECNOLÓGICAS	55
8.7 PLANIFICACIÓN DE LA RED BWA	56
8.8 PANORÁMICA DE LOS SISTEMAS BWA	57

CAPÍTULO 9 – TECNOLOGÍAS FUTURAS PARA EL ACCESO FIJO INALÁMBRICO	59
9.1 TENDENCIAS DEL MERCADO Y LA INDUSTRIA: CONVERGENCIA DE LOS SERVICIOS FIJO, MÓVIL Y DE RADIODIFUSIÓN.....	59
9.1.1 Introducción	59
9.1.2 Convergencia.....	59
9.1.2.1 Convergencia de los servicios fijo y móvil	60
9.1.2.2 Convergencia de los servicios fijo y de radiodifusión	60
9.1.3 Entidades de reglamentación y operadores	60
9.1.4 Aplicaciones del acceso inalámbrico fijo.....	60
9.2 TENDENCIAS DE LA TECNOLOGÍA	61
ANEXO 1 – TERMINOLOGÍA Y ACRÓNIMOS	63
1 TERMINOLOGÍA Y DEFINICIONES.....	63
2 ACRÓNIMOS.....	65
ANEXO 2 – CONSIDERACIONES EN CUANTO A COMPARTICIÓN DEL ESPECTRO	69
1 INTRODUCCIÓN	69
1.1 ORIENTACIONES SOBRE LA COORDINACIÓN Y ASPECTOS CONEXOS	69
2 ORIENTACIONES EN CUANTO A LA ATRIBUCIÓN DE FRECUENCIAS	70
3 PLANES DE FRECUENCIA	71
3.1 GENERALIDADES.....	71
3.2 ASIGNACIONES DDT EN BANDAS CON ESPECTRO POR PARES DE FRECUENCIAS.....	72
3.2.1 Generalidades	72
3.2.2 Implementación.....	72
4 DESPLIEGUE DE FWA	73
5 DISEÑO DEL EQUIPO.....	73
6 LISTAS DE COMPROBACIÓN Y ORIENTACIONES.....	74

ANEXO 3 – CRITERIOS EMPLEADOS EN LA EVALUACIÓN DE LOS SISTEMAS Y LAS TECNOLOGÍAS PARA EL ACCESO INALÁMBRICO FIJO EN RELACIÓN CON SUS NECESIDADES Y REQUISITOS		75
1	CONSIDERACIONES GENERALES	75
2	FUNDAMENTOS DE LA PLANIFICACIÓN RADIOELÉCTRICA: TRAYECTOS RADIOELÉCTRICOS	75
2.1	ATENUACIÓN DEBIDA A LA LLUVIA	76
2.2	PROPAGACIÓN SOBRE AGUA	76
2.3	EVITACIÓN DEL DESVANECIMIENTO DEBIDO A REFLEXIONES	77
2.4	PROPAGACIÓN EN ONDAS MILIMÉTRICAS	77
3	COMPARACIÓN DE LA PLANIFICACIÓN DE REDES DE ACCESO INALÁMBRICO FIJAS Y REDES MÓVILES CELULARES.....	78
4	MODELOS GENÉRICOS DE REDES DE RADIO	80
4.1	REDES DE ACCESO INALÁMBRICO «ESTÁNDAR».....	80
4.2	REDES RURALES DE BAJA DENSIDAD DE ABONADOS.....	80
5	COBERTURA HEXAGONAL IDEAL.....	81
5.1	PLANIFICACIÓN DE CÉLULAS EN BANDA ANCHA	83
6	PROCESO DE PLANIFICACIÓN RADIOELÉCTRICA DE NIVEL SUPERIOR	84
6.1	SOPORTE DE PLANIFICACIÓN COMERCIAL.....	85
6.2	PLANIFICACIÓN CELULAR.....	85
6.3	ANÁLISIS Y OPTIMIZACIÓN DE LA CALIDAD DE FUNCIONAMIENTO	85
6.4	ESTIMACIÓN DEL TRÁFICO Y CÁLCULO DE LAS NECESIDADES DE ESPECTRO.....	85
7	SOPORTE DE LA PLANIFICACIÓN COMERCIAL	85
7.1	ENTRADAS CLAVE DEL SOPORTE DE PLANIFICACIÓN COMERCIAL .	86
7.2	RESULTADOS CLAVE DEL SOPORTE DE PLANIFICACIÓN COMERCIAL	87
7.3	MEDICIONES ASOCIADAS CON EL SOPORTE DE PLANIFICACIÓN COMERCIAL	87
7.4	CÁLCULO DEL ALCANCE RADIOELÉCTRICO EN REDES DE ACCESO INALÁMBRICO «NORMALIZADO».....	88
7.5	MARGEN DE SOMBRA Y CALIDAD DE COBERTURA.....	88
7.6	MARGEN DE DESVANECIMIENTO TEMPORAL	89
7.7	MARGEN DE INTERFERENCIA.....	90

	Página
7.8	OTROS MÁRGENES EN EL PRESUPUESTO DEL ENLACE 90
7.8.1	Ejemplo de balance del enlace BWA 90
7.9	CÁLCULO DEL ALCANCE EN REDES RURALES DE BAJA DENSIDAD . 92
7.10	CAPACIDAD RADIOELÉCTRICA DEPENDIENDO DEL ALCANCE 92
7.11	PLANIFICACIÓN DE FRECUENCIAS DE NIVEL SUPERIOR 92
7.12	ESTRATEGIAS DE CRECIMIENTO DE LA RED RADIO 92
8	PLANIFICACIÓN CELULAR 93
9	ANÁLISIS Y OPTIMIZACIÓN DE LA CALIDAD DE FUNCIONAMIENTO DE LA RED 96
10	RESUMEN DE LAS CONSIDERACIONES SOBRE LA PLANIFICACIÓN RADIOELÉCTRICA 96
ANEXO 4 – DESCRIPCIONES DETALLADAS: SISTEMAS BASADOS EN NORMAS DE INTERFAZ RADIOELÉCTRICA MÓVIL EXISTENTES 101	
1	SISTEMAS DE ACCESO INALÁMBRICO BASADOS EN D/AMPS/AMDT 101
1.1	CONSIDERACIONES GENERALES 101
1.2	TECNOLOGÍA, ARQUITECTURA Y CONFIGURACIÓN 101
1.2.1	Características de la interfaz radioeléctrica (banda de 800 MHz)..... 101
1.2.2	Configuración de la red 102
1.3	RESUMEN DE CAPACIDADES 104
2	SISTEMAS DE ACCESO INALÁMBRICO BASADOS EN AMDC 105
2.1	CONSIDERACIONES GENERALES 105
2.2	TECNOLOGÍA, ARQUITECTURA Y CONFIGURACIÓN 106
2.2.1	Características de la interfaz radioeléctrica..... 106
2.2.2	Configuración de la red 107
2.3	RESUMEN DE CAPACIDADES 109
3	SISTEMAS PARA EL ACCESO INALÁMBRICO FIJO BASADOS EN EL SISTEMA MUNDIAL PARA COMUNICACIONES MÓVILES (GSM) 111
3.1	CONSIDERACIONES GENERALES 111
3.2	TECNOLOGÍA, ARQUITECTURA Y CONFIGURACIÓN 112
3.2.1	Características de la interfaz radioeléctrica..... 112
3.2.2	Configuración de la red 112
3.3	RESUMEN DE CAPACIDADES 114

	Página
4	ACCESO INALÁMBRICO FIJO BASADO EN PHS..... 115
4.1	CONSIDERACIONES GENERALES 115
4.2	TECNOLOGÍA, ARQUITECTURA Y CONFIGURACIÓN 116
4.2.1	Características de la interfaz radioeléctrica..... 116
4.2.2	Configuración de la red..... 116
4.3	RESUMEN DE CAPACIDADES 118
5	SISTEMAS DE ACCESO INALÁMBRICO BASADOS EN NMT 119
5.1	CONSIDERACIONES GENERALES 119
5.2	TECNOLOGÍA, ARQUITECTURA Y CONFIGURACIÓN 120
5.3	RESUMEN DE CAPACIDADES 120
6	SISTEMA DE ACCESO INALÁMBRICO BASADO EN DECT 121
6.1	CONSIDERACIONES GENERALES 121
6.2	TECNOLOGÍA, ARQUITECTURA Y CONFIGURACIÓN 122
6.2.1	Características de la interfaz radioeléctrica (1 880-1 900 MHz)..... 122
6.2.2	Configuración de la red..... 122
6.2.3	Interoperabilidad de la interfaz aérea DECT..... 123
6.2.4	Alcance, capacidad de tráfico y eficacia 123
6.3	RESUMEN DE CAPACIDADES 124
7	SISTEMAS DE ACCESO INALÁMBRICO BASADOS EN AMPS 124
7.1	CONSIDERACIONES GENERALES 124
7.2	TECNOLOGÍA, ARQUITECTURA Y CONFIGURACIÓN 124
7.2.1	Características de la interfaz radioeléctrica..... 125
7.2.2	Configuración de la red..... 125
7.3	RESUMEN DE CAPACIDADES 127
8	SISTEMAS DE ACCESO INALÁMBRICO BASADOS EN TACS 127
8.1	CONSIDERACIONES GENERALES 127
8.2	TECNOLOGÍA, ARQUITECTURA Y CONFIGURACIÓN 128

8.2.1	Características de la interfaz radioeléctrica.....	128
8.2.2	Configuración de la red.....	128
8.3	RESUMEN DE CAPACIDADES	128
ANEXO 5 – DESCRIPCIONES DETALLADAS: SISTEMAS BASADOS EN TECNOLOGÍAS PATENTADAS DE LA INTERFAZ RADIOELÉCTRICA		129
1	SISTEMA DE ACCESO INALÁMBRICO FIJO A INTERNET DE NORTEL NETWORKS.....	129
1.1	CONSIDERACIONES GENERALES	129
1.2	TECNOLOGÍA, ARQUITECTURA Y CONFIGURACIÓN	130
1.2.1	Características de la interfaz radioeléctrica.....	130
1.2.2	Configuración de la red.....	131
1.3	RESUMEN DE CAPACIDADES	135
2	SUBSISTEMA DE ACCESO INALÁMBRICO SR500-S DE SR TELECOM ..	136
2.1	CONSIDERACIONES GENERALES	136
2.2	TECNOLOGÍA, ARQUITECTURA Y CONFIGURACIÓN	137
2.2.1	Características de la interfaz radioeléctrica.....	137
2.3	RESUMEN DE CAPACIDADES	142
3	SISTEMA MODULAR IRT DE TECNOLOGÍAS TRT/LUCENT PARA EL ACCESO LOCAL INALÁMBRICO.....	143
3.1	CONSIDERACIONES GENERALES	143
3.2	TECNOLOGÍA, ARQUITECTURA Y CONFIGURACIÓN	144
3.2.1	Características de la interfaz radioeléctrica.....	144
3.2.2	Funciones, organización y estructura de la red	144
ANEXO 6 – CONSIDERACIONES SOBRE EL DESPLIEGUE DE SISTEMAS BWA		149
1	INTRODUCCIÓN	149
2	CONSIDERACIONES SOBRE LA COMPARTICIÓN DEL ESPECTRO	149
3	DECISIONES DE LA CMR-2000 RELATIVAS A LOS HDFS.....	149
3.1	INTRODUCCIÓN	149

	Página
3.2	APLICACIONES PARA LOS HDFS..... 150
3.3	RESULTADOS DE LA CMR-2000..... 150
 ANEXO 7 – DESCRIPCIONES DE LOS SISTEMAS DE ACCESO INALÁMBRICO EN BANDA ANCHA..... 151	
1	SISTEMA REUNION™ BROADBAND WIRELESS ACCESS DE NORTEL NETWORKS..... 151
1.1	GENERALIDADES..... 151
1.2	TECNOLOGÍA, ARQUITECTURA Y CONFIGURACIONES 152
1.2.1	CARACTERÍSTICAS DE LA INTERFAZ RADIOELÉCTRICA..... 152
1.2.2	CONFIGURACIÓN DE LA RED 152
1.3	RESUMEN DE CAPACIDADES 154
2	SISTEMA DE ACCESO INALÁMBRICO FIJO EN BANDA ANCHA DE TSR 155
2.1	INTRODUCCIÓN 155
2.2	DESCRIPCIÓN..... 155
2.3	POSIBLES ESTRUCTURAS DE RED Y APLICACIONES..... 157
3	CARACTERÍSTICAS GENERALES DEL SISTEMA DE ACCESO INALÁMBRICO FIJO EN BANDA ANCHA DE JAPÓN..... 158
3.1	INTRODUCCIÓN 158
3.2	SISTEMA FWA PUNTO A PUNTO 158
3.3	SISTEMA FWA P-MP..... 159
4	SISTEMA DE ACCESO INALÁMBRICO FIJO EN BANDA ANCHA DE ERICSSON..... 161
5	SISTEMA DE ACCESO INALÁMBRICO EN BANDA ANCHA 7390 LMDS DE ALCATEL..... 164
5.1	GENERALIDADES..... 164
5.2	ARQUITECTURA..... 165
5.3	CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS 167
5.3.1	Descripción del sistema..... 167
5.3.2	Interfaces de red 167
5.3.2.1	Tráfico de datos en ráfagas..... 167
5.3.2.2	Tráfico orientado al circuito..... 167
5.3.3	Interfaces de abonado..... 168

	Página
5.3.4 Interfaz radioeléctrica.....	168
5.3.4.1 Planes de frecuencia.....	168
5.3.4.2 Capa física de RF.....	169
5.3.4.3 Anchuras de banda portadora.....	169
5.3.4.4 Características de la transmisión radioeléctrica.....	170
ANEXO 8 – ACCESO INALÁMBRICO A INTERNET.....	171
1 INTRODUCCIÓN.....	171
ANEXO 9 – REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	177
1 NORMAS.....	177
2 LIBROS Y DOCUMENTOS TÉCNICOS.....	179
ÍNDICE ALFABÉTICO.....	181

PREFACIO

El presente Manual sobre el servicio móvil terrestre (incluso acceso inalámbrico) ha sido preparado por un grupo de expertos de la Comisión de Estudio 8 de Radiocomunicaciones bajo la dirección del Sr. S. Towaij (Canadá), Presidente del Grupo de Trabajo 8A de Radiocomunicaciones.

El Manual se compone de varios volúmenes que abarcan todas las categorías del servicio móvil terrestre, como el servicio móvil celular, los teléfonos sin cordón y las telecomunicaciones sin cordón, el acceso inalámbrico fijo, el despacho, la radiobúsqueda y otras aplicaciones del servicio móvil terrestre. El texto incluye explicaciones detalladas y referencias bibliográficas que pueden consultarse para información adicional.

El presente Volumen 1 sobre el cceso inalámbrico fijo describe los principios básicos, requisitos de acceso, criterios tecnológicos, planificación del despliegue y descripciones técnicas de sistemas típicos. El contenido técnico está destinado al uso por las administraciones y operadores tanto de países en desarrollo como de países desarrollados. Las aplicaciones del acceso inalámbrico se consideran un elemento muy importante de la infraestructura actual de telecomunicaciones. Por ello se hace considerable hincapié en las aplicaciones del acceso inalámbrico en el servicio móvil terrestre como un medio de prestar servicios de telecomunicación rápidos y económicos.

El propósito del presente Manual es ayudar en el proceso de toma de decisiones relativo a la planificación, ingeniería y despliegue de sistemas móviles terrestres basados en el acceso inalámbrico, especialmente en los países en desarrollo. Facilitará también la información adecuada que ayude a la formación de los ingenieros y de los planificadores en los temas de reglamentación, planificación, ingeniería y despliegue de estos sistemas.

Robert W. Jones
Director de la Oficina de Radiocomunicaciones

PRÓLOGO

El acceso inalámbrico supone un importante y rápido desarrollo de la aplicación de las tecnologías de radio en general y del servicio móvil terrestre en particular.

El presente Volumen 1 sobre el acceso inalámbrico fijo describe los principios básicos, requisitos de acceso, criterios tecnológicos, planificación del despliegue y descripciones técnicas de sistemas típicos. El contenido técnico está destinado al uso por las administraciones y operadores tanto de países en desarrollo como de países desarrollados. Las aplicaciones del acceso inalámbrico se consideran un elemento muy importante de la infraestructura actual de telecomunicaciones. Por ello se hace considerable hincapié en las aplicaciones del acceso inalámbrico en los servicios móviles terrestres como un medio de prestar servicios de telecomunicación rápidos y económicos.

Sr. S. Towaij
Presidente del Grupo de Trabajo 8A de Radiocomunicaciones
Canadá

PRÓLOGO A LA SEGUNDA EDICIÓN

La versión original de este Manual concluyó en noviembre de 1996 y se publicó a mediados de 1997. Tanto la tecnología como las aplicaciones han cambiado significativamente desde entonces y había que actualizar el Manual. Algunos de los cambios principales acaecidos en el mercado incluyen el crecimiento explosivo de las aplicaciones Internet y la necesidad creciente de ofrecer el acceso universal a Internet en la mayoría de los países del mundo, además de la necesidad de continuar con los servicios de acceso existentes. Están surgiendo nuevos sistemas de acceso inalámbrico en banda ancha que satisfarán dicha necesidad.

En la segunda edición se incluye un resumen de los cambios que se han producido desde la publicación original (primera edición) y que son los siguientes:

- Se ha actualizado la terminología para ajustarse a las últimas Recomendaciones UIT-R. Por ejemplo, el título original de este Manual era «Bucle local para el acceso inalámbrico». No obstante, el término «bucle local» no sólo acarrea connotaciones negativas de anchura de banda limitada, sino que también no es técnicamente correcto. Por tanto, su utilización se ha eliminado explícitamente en las Recomendaciones UIT-R. El nuevo título del Manual, «Acceso inalámbrico fijo» (FWA) es más preciso y se ajusta a las Recomendaciones de la UIT.
- Se han añadido nuevos puntos sobre tendencias de la industria, por ejemplo, el de acceso a Internet, la convergencia del acceso alámbrico e inalámbrico, etc.
- Se han eliminado del Manual tecnologías que se describían en la primera edición, pero que han caído en desuso porque ya no se desarrollan.
- Se han añadido textos significativos sobre el acceso inalámbrico en banda ancha (BWA), siguiendo las tendencias más recientes de la industria.

José Costa
Editor

CAPÍTULO 1

INTRODUCCIÓN

1.1 Propósito y campo de aplicación

El propósito de este Manual es ayudar en el proceso de toma de decisiones relativo a la planificación, dimensionado y despliegue de sistemas móviles terrestres basados en el acceso inalámbrico, especialmente en los países en desarrollo. Facilitará también la información adecuada que ayude a los ingenieros de capacitación y a los planificadores en los temas de reglamentación, planificación, dimensionado y despliegue de estos sistemas. El término «acceso inalámbrico», tal como se usa en este Manual, se refiere a las conexiones radioeléctricas de usuario final con las redes centrales (véase la Recomendación UIT-R F.1399) que incluyen las aplicaciones móviles, tales como los sistemas de comunicaciones en el interior y el exterior de edificios, los sistemas móviles celulares, y el acceso fijo inalámbrico. Las redes centrales son, por ejemplo, la RTPC, la RDSI, la RDPC, la RMTP, Internet, WAN/LAN, CATV, etc.

Los usuarios del Manual se pueden dividir en dos categorías. La primera categoría incluye a los responsables de tomar decisiones y a los planificadores de red para los que el Manual aporta información suficiente que les facilite la toma de decisiones en la elección de sistemas en cuanto a la idoneidad de los mismo para satisfacer los requisitos que determinan las decisiones. Para este fin el Manual analiza los diferentes sistemas tomando en consideración factores tales como las estimaciones y proyecciones de tráfico, las necesidades de espectro y bandas de frecuencias, las exigencias y experiencias en cuanto a la inversión, reglamentación y política del sector, las estrategias de despliegue, las implicaciones a corto y largo plazo, así como otros elementos necesarios para la planificación y la toma de decisiones.

A los usuarios de la segunda categoría, los ingenieros y otros aspectos técnicos, el Manual les aporta información técnica exhaustiva sobre las características de los distintos sistemas y aplicaciones, el diseño de sistemas, el análisis y estimación del tráfico, la estimación del espectro, los planes de distribución de canales, el diseño y selección de las células, la estrategia de despliegue, el equipo móvil y de estación de base, así como otras informaciones pertinentes.

El Manual suministra información sobre las tecnologías más modernas en sistemas terrenales de acceso inalámbrico. También realiza proyecciones de las tendencias a corto y largo plazo de los sistemas y tecnologías.

1.2 Antecedentes

Este punto ofrece una panorámica de los incentivos y motivación principales para la adopción del acceso inalámbrico fijo, partiendo de su historia para llegar hasta el futuro.

1.2.1 Acceso inalámbrico tradicional a la telefonía

El servicio móvil terrestre (incluido el acceso inalámbrico) está creciendo muy rápidamente. A principios de los años 80, se introdujo la primera generación de sistemas celulares analógicos. Hacia 1990 había 11 millones de usuarios móviles celulares¹. En junio de 1996, el uso de sistemas

¹ Informe sobre el desarrollo mundial de las telecomunicaciones, 1999 – Telefonía móvil celular.

celulares a nivel mundial se estimó en 53,5 millones de usuarios*, tomando como base las diez redes más extensas. El Informe de la UIT sobre el Desarrollo Mundial de las Telecomunicaciones – 1999 muestra estimaciones de abonados a la telefonía móvil y fija que ascienden a 3 mil millones en 2010, e incluso puede que sean estimaciones prudentes. Desde la introducción de los sistemas móviles celulares, se ha producido un incremento extraordinario en el uso y aplicación de sistemas de telecomunicación basados en servicios móviles terrestres de acceso inalámbrico. Continúa el desarrollo y despliegue a nivel mundial de los sistemas celulares de segunda generación, que emplean tecnologías digitales flexibles y eficaces. También están empezando a instalarse sistemas de tercera generación. Otras aplicaciones del acceso inalámbrico, tales como el acceso a interiores y exteriores de edificios (por ejemplo, al aire libre) y el acceso inalámbrico fijo etc., se están implantando en todas las regiones del mundo. Todas las aplicaciones y sistemas en desarrollo mencionados anteriormente giran alrededor del propósito de facilitar las telecomunicaciones entre personas en lugar de telecomunicaciones entre ubicaciones, con el fin último de alcanzar las *«comunicaciones con cualquier persona, en cualquier lugar y en cualquier momento»*.

En los países en desarrollo los sistemas de acceso inalámbrico se utilizan también como un medio rápido y económico de desplegar las redes de telecomunicación. En los países desarrollados, el acceso inalámbrico es contemplado por los proveedores de servicios como un medio de reducir los elevados costos de instalación de las líneas de acceso locales de abonado así como de dar servicio en términos económicos a una clientela de hogares, pequeñas empresas e instituciones educativas situadas en regiones suburbanas, rurales y distantes. Esta es la última y única rama de las redes filares que tiene un costo por abonado individual en lugar de un costo compartido entre muchos abonados. Mediante la utilización de sistemas de acceso inalámbrico fijo, no solamente puede reducirse el costo para el proveedor de servicios mediante la compartición del costo de las instalaciones hasta el usuario (por ejemplo, estaciones de base) y la eliminación de la necesidad de hacer tendidos de cable directos hasta los locales de los abonados, sino que presta los servicios a los nuevos abonados de una manera más rápida y sencilla.

Las telecomunicaciones constituyen la espina dorsal de una nación. En la sociedad actual todos los aspectos de la vida diaria dependen de las telecomunicaciones. La prosperidad, salud, educación y bienestar de un país dependen enormemente de la calidad y extensión con que son implantadas sus instalaciones de telecomunicación. Las telecomunicaciones no solamente ponen la información a disposición de las personas, sino que también cubren las necesidades básicas de las actividades industriales y comerciales.

1.2.2 Acceso inalámbrico en banda ancha (BWA)

El acceso inalámbrico en banda ancha, a la velocidad primaria o superior a ésta se introdujo en los años ochenta respondiendo a nuevas necesidades del usuario final que las infraestructuras existentes filares de acceso local no podían satisfacer de manera oportuna y rentable. En EE.UU., la utilización a gran escala se inició en la banda de 18 GHz y rápidamente se extendió a la banda de 23 GHz. En los años noventa, el avance de la liberalización y la competencia en el acceso local supuso un estímulo adicional para el desarrollo del acceso inalámbrico en banda ancha, más allá de las capacidades de despliegue de las bandas de 18 GHz y 23 GHz hacia otras bandas tales como la de 2,5 GHz.

* Basado en las estimaciones de junio de 1995 de los diez mayores usuarios del mundo: Australia, Canadá, Alemania, Italia, Japón, Corea del Sur, Suecia, Reino Unido y los Estados Unidos de América.

Ello dio lugar a la introducción del punto 1.9.6 del orden del día de la CMR-97, «Identificación de bandas de frecuencias adecuadas por encima de 30 GHz para uso del servicio fijo en aplicaciones de gran densidad». La expresión «aplicaciones de gran densidad del servicio fijo (HDFS)» se utiliza para describir un nivel significativo de despliegue ubicuo de sistemas punto a punto (P-P) y/o punto a multipunto (P-MP) en una zona determinada. Estos sistemas se dedican por lo general a las aplicaciones de banda ancha.

La Recomendación UIT-R F.1401 (Bandas de frecuencias para los sistemas de acceso inalámbrico fijo y metodología de identificación) incluye una clasificación de los sistemas de acceso inalámbrico fijo (FWA) y una descripción básica de la categoría de acceso inalámbrico en banda ancha (BWA) que está pensada para un funcionamiento en la velocidad primaria o superior a ésta (es decir, por encima de 1 544 kbit/s o 2 048 kbit/s) en bandas de frecuencias de hasta unos 70 GHz.

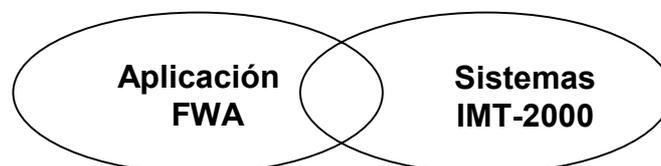
Como el BWA es una forma distinta de FWA, el tratamiento genérico de este último en el Manual se aplica también al BWA. El Capítulo 8 y el Anexo 6 tratan los aspectos distintivos del BWA. Además de la característica de banda ancha, hay dos distinciones más genéricas del BWA:

- la utilización de la tecnología que se desarrolló originalmente para las aplicaciones de «radioenlaces» convencionales en el servicio fijo y para los sistemas fijos punto a multipunto (P-MP);
- la utilización de las bandas de frecuencias en el extremo superior del espectro del FWA que puede exigir el funcionamiento del enlace con visibilidad directa.

A falta de un acceso alternativo de abonado (fibra, SDSL, cable, módem) que quizás pueda llevar años para materializarse, incluso en los países desarrollados, hay una necesidad creciente inmediata de BWA en todos los países que participan en el crecimiento rápido a nivel mundial de la utilización Internet en las empresas, la industria, las finanzas, el gobierno y la educación. Mientras que el desarrollo necesario del BWA varía de un país a otro y dentro de cada país, según el nivel y el ritmo de desarrollo, la necesidad básica del BWA es universal, al igual que la necesidad universal del tráfico aéreo. Y como el FWA que da un acceso telefónico básico compite con el acceso local alámbrico actual o planificado, el BWA tiene pocos competidores por el momento.

1.2.3 Relación entre el FWA y las IMT-2000

El acceso inalámbrico fijo (FWA) es una aplicación que puede ofrecerse con diversos sistemas alternativos de acceso inalámbrico. Los sistemas IMT-2000 son sistemas móviles de tercera generación que sirven para las aplicaciones de acceso móvil e inalámbrico fijo. La figura siguiente muestra esta relación de forma esquemática.



La Recomendación UIT-R M.687 describe los conceptos y objetivos de las IMT-2000 y la Recomendación UIT-R M.819 contiene los requisitos específicos de las IMT-2000 relativos al acceso inalámbrico fijo.

1.2.4 Acceso inalámbrico a Internet

Con el crecimiento explosivo de Internet, el acceso inalámbrico a dicha red será probablemente un estímulo importante para la industria. El acceso inalámbrico a Internet se basa en las tecnologías de conmutación de paquetes IP y forma parte integrante de los objetivos generales del acceso

inalámbrico. Se está estudiando en el marco de los desarrollos en curso sobre actividades de normalización relacionadas con las comunicaciones personales de segunda y tercera generación, el acceso inalámbrico fijo, el acceso inalámbrico en banda ancha y los servicios de satélite. Las redes de área personal inalámbricas (PAN) y las redes de área local inalámbricas (LAN) encajan en el esquema general de acceso inalámbrico, pero escapan al alcance de este Manual (Recomendaciones UIT-R M.1450 y UIT-R M.1454). Algunos de los temas clave en relación con el acceso inalámbrico a Internet figuran en el Anexo 8.

1.3 Organización y uso del Manual

El Manual se organiza en volúmenes y capítulos que proporcionan al lector información clave, recogiendo en anexos información detallada sobre los aspectos técnicos, de explotación y reglamentarios. El presente Volumen trata del acceso inalámbrico fijo, incluyendo el de banda ancha.

En el Capítulo 2 se describen algunos de los requisitos del acceso y en el Capítulo 3 se resaltan algunas de las ventajas del acceso inalámbrico. La tecnología y las consideraciones acerca de su evolución y diseño se estudian en el Capítulo 4, y los factores clave para la elección de la tecnología aparecen en el Capítulo 5. En el Capítulo 6 figuran directrices para la planificación del despliegue de los sistemas de acceso inalámbrico.

El Capítulo 7 ofrece una panorámica general de los sistemas de acceso inalámbrico fijo que se agrupan en dos categorías:

- los sistemas basados en las normas actuales de interfaz radioeléctrica;
- los sistemas basados en tecnologías patentadas de interfaz radioeléctrica.

El Capítulo 8 abarca específicamente los aspectos relacionados con los sistemas de acceso inalámbrico en banda ancha (BWA).

El Capítulo 9 mira hacia el futuro, en términos de tendencias del mercado y tecnologías prácticas emergentes.

Los Anexos proporcionan una descripción de los sistemas del acceso inalámbrico fijo existentes y de nueva aparición, resaltando las capacidades de los sistemas y la relación entre los distintos elementos de los mismos. El objetivo propuesto es ayudar al lector a conseguir rápidamente un conocimiento sólido de los sistemas de acceso inalámbrico y a evaluar estas tecnologías de acuerdo con los requisitos y necesidades de su país.

En el Anexo 1 se da una lista de términos y acrónimos utilizados en el Manual, y en el Anexo 2 una lista de referencias bibliográficas. El Anexo 3 resume los principales criterios que hay que considerar al evaluar el modo en que los distintos sistemas y tecnologías satisfacen los requisitos y necesidades.

Los Anexos 4 y 5 tratan con algún detalle los distintos sistemas de acceso inalámbrico, presentándose las características y configuraciones básicas de los mismos, así como las aplicaciones y servicios que prestan.

Los Anexos 6 y 7 abarcan con más detalle el acceso inalámbrico en banda ancha; las consideraciones sobre el despliegue en el Anexo 6 y las descripciones de sistemas específicos en el Anexo 7.

El Anexo 8 ofrece una visión del área importante del acceso inalámbrico a Internet.

Por último, el Anexo 9 contiene una lista de referencias bibliográficas.

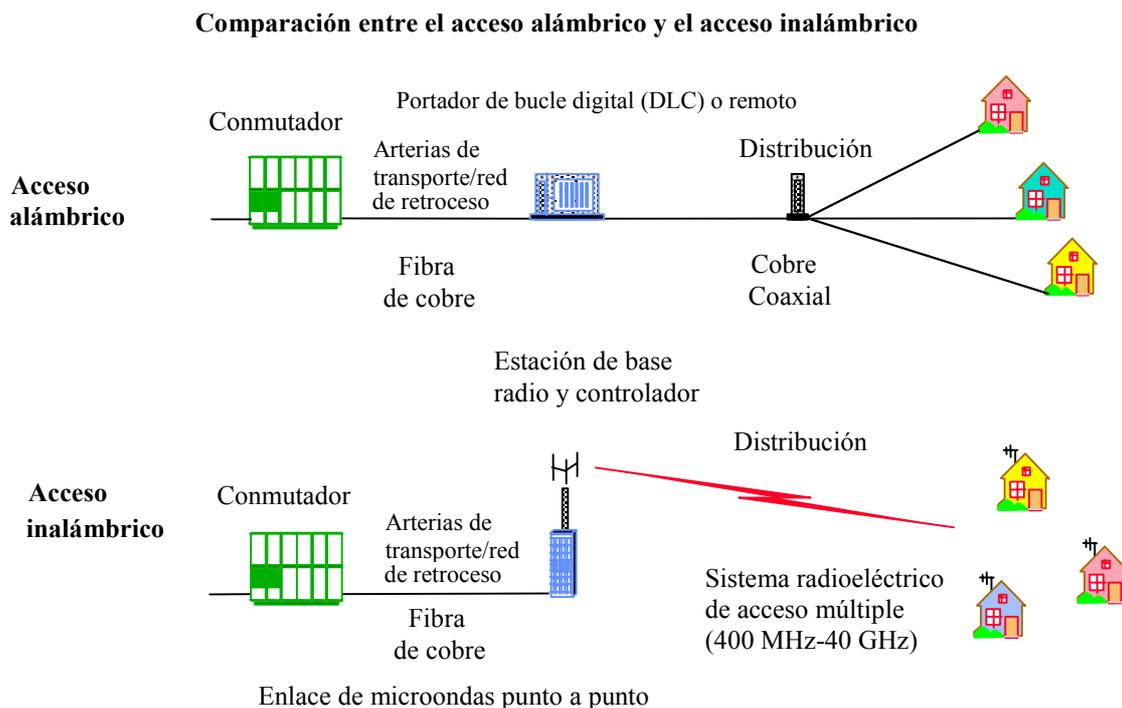
CAPÍTULO 2

REQUISITOS DEL ACCESO

Los avances de la tecnología y la consecución de un acceso competitivo están orientando la revolución en este campo hacia la infraestructura del acceso inalámbrico para la prestación del servicio de telefonía básica. Tradicionalmente, la red de acceso local ha demostrado ser el componente de la red más difícil de construir y menos rentable de mantener, independientemente de que se trate de una economía de país en desarrollo o de país desarrollado. Los esfuerzos inversores y de ingeniería requeridos para construir y mantener las redes de hilo de cobre han levantado principalmente barreras formidables que dificultan su implantación, y han hecho que sólo las naciones industrializadas del mundo hayan podido alcanzar tasas elevadas de penetración en el servicio de telefonía básica. Incluso el objetivo relativamente modesto de una tasa de densidad de abonados (teledensidad) de 20 líneas por 100 habitantes establecido por la UIT, ha estado muy alejado de la capacidad de muchas naciones hasta momentos recientes.

El acceso inalámbrico fijo (FWA – *fixed wireless access*), conocido anteriormente como bucle local para el acceso inalámbrico, bucle local radioeléctrico (RLL – *radio local loop*) o bucle local de acceso inalámbrico (WLL – *wireless access local loop*), es una aplicación de la tecnología radioeléctrica y los sistemas de comunicación personal que ha experimentado un crecimiento extraordinario, especialmente en las economías en desarrollo. En este punto se examinan distintas tecnologías y aplicaciones con el propósito de facilitar la búsqueda de las más apropiadas para cada entorno. En la Fig. 1 se introduce el acceso inalámbrico comparándolo con el acceso de línea filar. La característica fundamental del acceso inalámbrico es la sustitución de las líneas filares (por ejemplo, hilo de cobre o cables coaxiales) por un sistema radioeléctrico de acceso múltiple en la red de distribución/acceso, con independencia de si se utilizan o no enlaces radioeléctricos (microondas punto a punto) en la red de retroceso.

FIGURA 1



En general, puede utilizarse cualquier sistema radio para el acceso radioeléctrico fijo y la conveniencia de uno u otro es función de varios factores. El sistema más adecuado para una aplicación particular dependerá en general de las necesidades del usuario final (servicio telefónico ordinario (POTS – *plain old telephone service*) solamente o múltiples facilidades de servicio), del costo de implantación (que dependerá de la densidad de la población de abonados y del tipo de sistema que se está considerando), y de la disponibilidad del espectro de radiofrecuencias apropiado para tal sistema. El exigencia de movilidad, o la evolución hacia la movilidad, tenderá a gobernar el despliegue de sistemas derivados de sistemas celulares o del servicio de comunicaciones personales (PCS – *personal communications service*). Alternativamente, la necesidad de disponer de unos servicios (tales como el fax G3 y los datos en banda vocal, o incluso servicios de red digital de servicios integrados (RDSI)) y una calidad similares a los de una línea filar orientarán el diseño hacia sistemas de aplicación especial. Otra consideración importante es cómo enfocar la integración del sistema de acceso inalámbrico fijo con la filosofía de red global del operador. En particular, la mejor solución para cualquier problema (como las necesidades del usuario final y del operador) será una combinación de tecnologías filares y tecnologías inalámbricas. Para minimizar el costo y maximizar la eficacia de la solución es de primordial importancia conocer los factores que gobiernan el despliegue de cada tecnología.

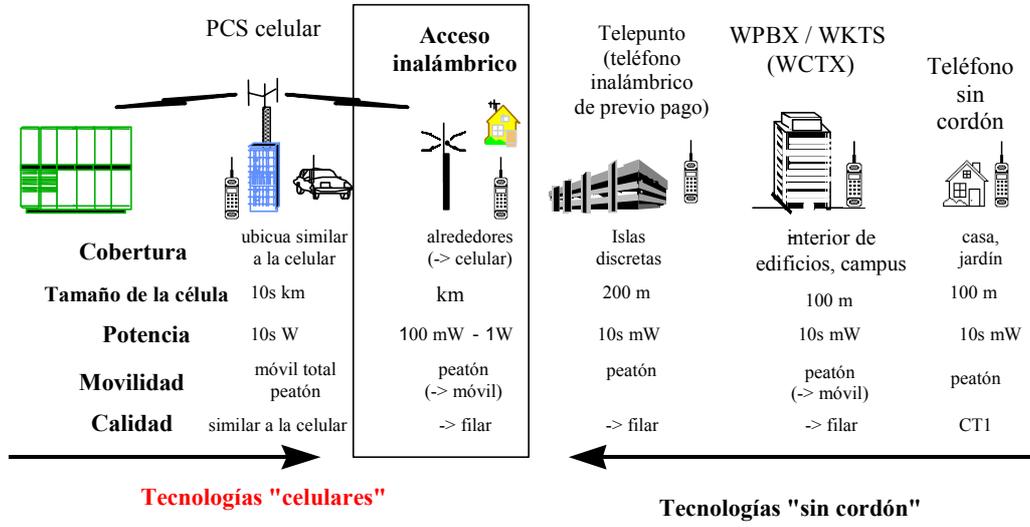
Existen variaciones importantes en las características de las líneas de acceso local, particularmente en los países en desarrollo, desde el punto de vista de la teledensidad y la longitud de la línea de acceso. Las aplicaciones urbanas y suburbanas requieren una capacidad elevada – cientos y a veces miles de abonados por kilómetro cuadrado. Por otra parte, las ciudades y pueblos, a menudo aislados de centros de población importantes, pueden tener necesidades de teledensidad menores y precisar el servicio para unos pocos cientos de abonados solamente. En las zonas rurales se presentan necesidades singulares de pequeñas agrupaciones de algunas líneas cada una en bolsas muy aisladas.

Además de la topografía del terreno y la teledensidad, existen otros factores que diferencian las aplicaciones de red, como por ejemplo el conjunto de servicios y los objetivos de comportamiento y calidad de la red. Para cada red, las soluciones deben satisfacer los objetivos de costo y temporización de su ejecución. Cuando en un país se da una situación específica definida por la existencia de una infraestructura, la aplicación de normas establecidas para la interfaz aérea, una variedad en los requisitos de la interfaz, e incluso por las condiciones climáticas y del terreno, puede ocurrir que la solución inalámbrica sea la solución óptima. Debido a la diversidad de características del acceso es necesario disponer de una familia de productos del acceso inalámbrico para satisfacer las necesidades específicas de cada caso.

En la Fig. 2 se presentan las líneas de acceso inalámbrico como una de las aplicaciones de las tecnologías inalámbricas y los sistemas de comunicaciones personales, comparándolos con otras aplicaciones en términos de cobertura, tamaño de las células, potencia, movilidad, calidad y costo relativo. Las características de la línea de acceso inalámbrico se sitúan entre las de las tecnologías celulares y las tecnologías sin cordón.

FIGURA 2

Comparación entre aplicaciones de tecnología inalámbrica



CAPÍTULO 3

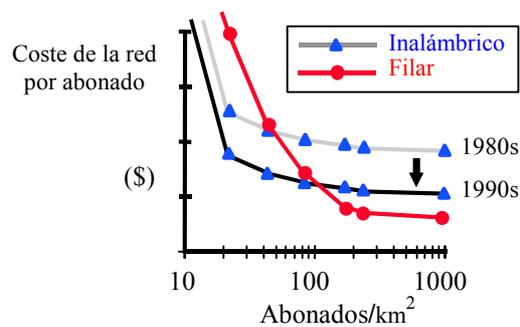
VENTAJAS DEL ACCESO INALÁMBRICO

Las ventajas de emplear el acceso inalámbrico son el menor costo de amortización, la flexibilidad del diseño de la red y el despliegue más rápido de la misma. Estas ventajas se ilustran en las Figs. 3a a 3d.

Las redes de hilo de cobre tradicionales están compuestas de cables de distribución, cajas de empalme, y redes de transporte. La rama final de la línea de acceso local incluidas las líneas de derivación tiene unos costos de instalación y mantenimiento muy elevados. Se ha estimado que hasta el 80% de los gastos totales de mantenimiento de una compañía de explotación corresponde al mantenimiento de las líneas de acceso local. La mayor parte de los costos de construcción de las líneas de acceso se pueden asociar con la extensa y ramificada red de cables de cobre que conectan con las viviendas individuales. En efecto, los últimos pocos centenares de metros del hilo de cobre de distribución pueden alcanzar hasta el 50% del costo total de las líneas de acceso. La parte más importante del costo de capital asociado con la construcción de una red inalámbrica puede caracterizarse como «electrónica». Por el contrario, en el caso de una red de hilo de cobre, unos costos importante son los de fabricación y tendido del cable, los cuales disminuyen mucho menos rápidamente que los costos de la «electrónica» (véase la Fig. 3a).

FIGURA 3a

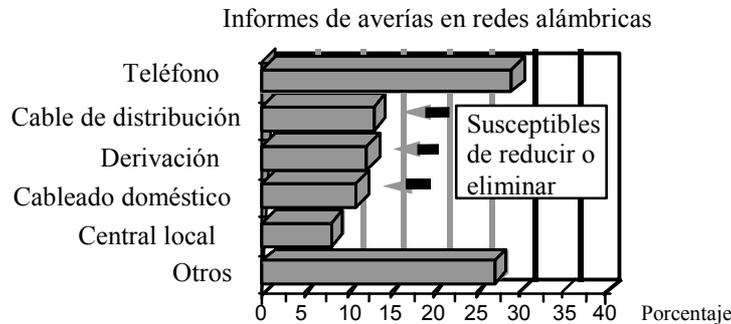
Comparación de los sistemas inalámbrico y alámbrico en términos de costo de capital



Los ahorros en los costos de explotación constituyen otra de las ventajas de utilizar líneas de acceso inalámbrico (véase la Fig. 3b). La eliminación de la red de distribución de hilo de cobre y de los puntos de derivación reduce los costos de explotación como consecuencia de la disminución de las averías y de las actividades de gestión y de reparación de las averías. Se han presentado estudios que muestran que las líneas de acceso inalámbrico pueden reducir los gastos de explotación al menos un 25% por abonado y año. Una reducción en los costos de instalación y explotación, junto con los ahorros en los costos de capital, determinan unos costos de amortización inferiores para los sistemas de acceso inalámbrico. También, la infraestructura inalámbrica implica menos planta exterior, siendo por tanto menos vulnerable a los robos y el vandalismo.

FIGURA 3b

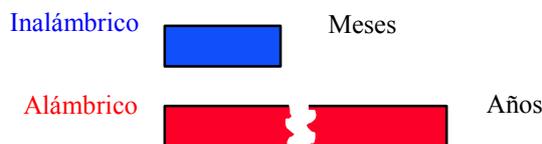
Comparación de sistemas inalámbricos y alámbricos en términos de costos de explotación



Los clientes que se encuentran en situación de espera de asignación del servicio telefónico representan un costo de oportunidad, por lo que el despliegue rápido de un sistema de acceso es de importancia crítica para aumentar el volumen de negocios. Como se ha evidenciado en la industria de los sistemas móviles celulares, los sistemas inalámbricos pueden literalmente ser instalados en cuestión de meses, o incluso semanas, en contraposición a los plazos de años necesarios a menudo para la instalación de los sistemas de hilo de cobre. Ello acelerará los reembolsos, los cuales podrán reinvertirse para continuar ampliando las capacidades de la red (véase la Fig. 3c).

FIGURA 3c

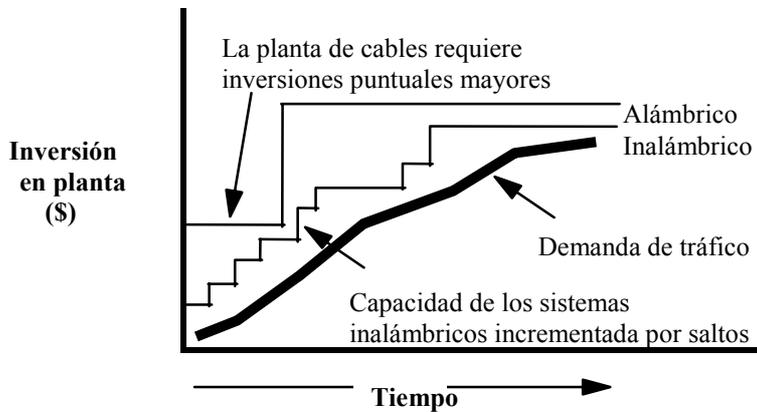
Comparación de los sistemas inalámbricos y alámbricos en términos de tiempo de despliegue



Otro atributo positivo del acceso inalámbrico es que la distribución de los sistemas inalámbricos es más «indulgente» con la incertidumbre en las previsiones de la demanda de los abonados (véase la Fig. 3d). La infraestructura filar requiere una inversión por saltos más grandes, por lo que está expuesta a la incertidumbre de la demanda. Tradicionalmente, las compañías telefónicas sobreabastecen la red, puesto que la construcción es más cara incluso en los barrios ya establecidos. En el entorno inalámbrico, los incrementos en la inversión pueden ajustarse estrechamente a la demanda de abonados, y se producen reembolsos más rápidos, con lo que se reduce el riesgo financiero del sobreabastecimiento.

FIGURA 3d

Comparación de los sistemas inalámbricos y alámbricos en términos de flexibilidad del diseño de red

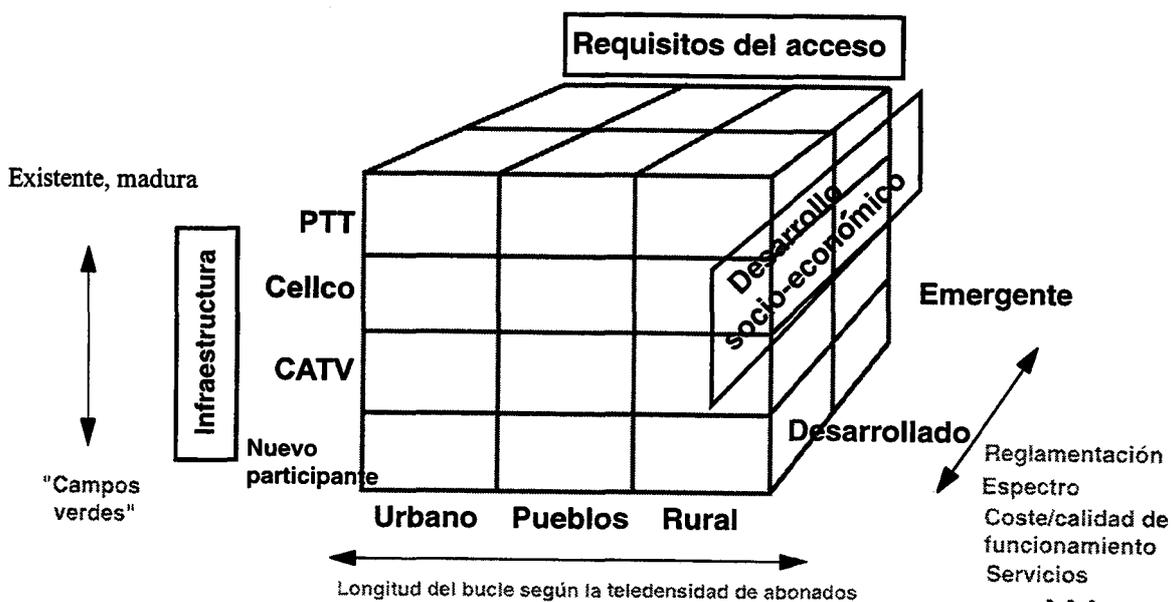


Además, en algunos casos el acceso inalámbrico puede ofrecer posibilidades para la evolución y sinergia con los servicios móviles. Una infraestructura que soporte un sistema inalámbrico fijo que utiliza una interfaz aérea desarrollada para servicios móviles (por ejemplo, Recomendaciones UIT-R M.622, UIT-R M.687-1, UIT-R M.819-1, UIT-R M.1033 y UIT-R M.1073), puede ampliarse de modo inmediato para soportar usuarios móviles. Alternativamente, los sistemas de aplicación especial pueden diseñarse para cumplir los requisitos de calidad de manera óptima.

Por consiguiente, los requisitos de acceso global, el desarrollo socio-económico y la infraestructura deben estudiarse cuidadosamente antes de diseñar el sistema. Esto se ilustra en la Fig. 4.

FIGURA 4

Representación de las enormes variaciones del volumen de negocios y los requisitos del sistema de acuerdo con los segmentos de mercado



CAPÍTULO 4

EVOLUCIÓN DE LA TECNOLOGÍA Y CONSIDERACIONES DE DISEÑO

Los avances recientes en la tecnología inalámbrica se han visto acelerados por el enorme crecimiento experimentado en la industria del servicio móvil celular. El aumento de los volúmenes de producción da lugar a costos más bajos para los equipos, mayor expansión de los mercados y así sucesivamente. Existe un solapamiento enorme entre la tecnología aplicada a los sistemas móviles y la utilizada en el servicio telefónico «fijo». En este punto del Manual se esbozan brevemente las arquitecturas y los objetivos de diseño de los sistemas para el acceso inalámbrico.

4.1 Objetivos de diseño de los sistemas de acceso inalámbrico fijo

Los requisitos de acceso examinados anteriormente establecen parámetros básicos de diseño para los sistemas de acceso inalámbrico:

- consecución de un costo bajo para el ciclo de vida (capital, instalación, explotación),
- posibilidad de satisfacer la capacidad y los requisitos de teledensidad proyectados,
- tiempo de despliegue rápido,
- empleo máximo de la infraestructura existente (conmutación, transporte, etc.) cuando resulta ventajoso económicamente,
- ofrecimiento de una buena calidad de funcionamiento (calidad vocal, retardo, bloqueo, fiabilidad),
- prestación del conjunto de servicios requeridos (voz, fax, datos, etc.),
- posibilidades de evolución o de interconexión con una red móvil.

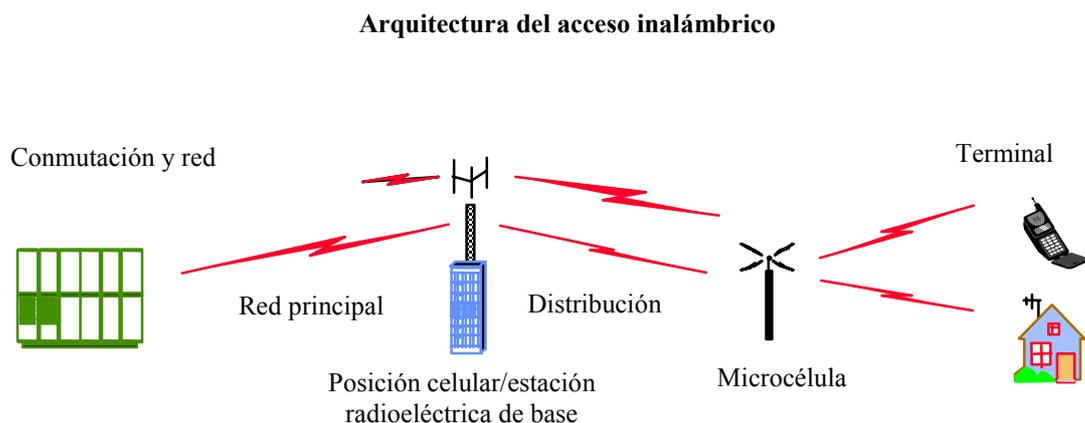
Estos objetivos deben satisfacerse en el contexto de unas características ambientales y topográficas del país que pueden influir en la solución inalámbrica apropiada.

4.2 Arquitectura de los sistemas de acceso inalámbrico fijo

Históricamente, las redes celulares se han diseñado para aplicaciones de vehículos móviles de velocidad elevada que se desplazan en células extensas, con potencias altas y un tráfico por abonado relativamente bajo. Del uso de los sistemas inalámbricos para la prestación del servicio telefónico «fijo» básico no se infiere automáticamente la movilidad del usuario, y en general se espera un tráfico y una calidad de funcionamiento (calidad vocal, fiabilidad, bloqueo, etc.) superiores. Para conocer las necesidades de los mercados emergentes, se deben seguir realizando las simulaciones y pruebas de propagación destinadas a recoger datos que permitan conocer mejor el comportamiento del tráfico del usuario final y la caracterización del canal de propagación en condiciones «fijas».

En la Fig. 5 se representan los componente de una arquitectura de acceso inalámbrico – conmutador y red, red de retroceso que interconecta las posiciones celulares de las estaciones radio de base y distribución a los hogares o directamente a los terminales telefónicos o, como puede verse, a las microcélulas intermedias. Las microcélulas pueden proporcionar capacidades superiores o mejores coberturas en puntos discretos o «islas» de tráfico dentro de la red.

FIGURA 5



Dentro de una arquitectura tradicional de red de las compañías telefónicas, la red de retroceso de acceso inalámbrico puede estar constituida por enlaces troncales de hilo de cobre o de fibra óptica. Además, puede utilizarse una red de distribución de hilo de cobre para interconectar las microcélulas. En una arquitectura más parecida a la arquitectura celular, pueden utilizarse enlaces de microondas para las redes principal y de distribución.

4.3 Espectro

La teledensidad en función del tiempo y el uso del servicio por los abonados (por ejemplo, Erlangs (E) por abonado) son los parámetros de entrada básicos para el diseño de una red inalámbrica. Estas variables establecen la densidad de tráfico (por ejemplo, E/km² cuadrado) que debe soportar el sistema inalámbrico. La disponibilidad de espectro, la distribución de canales de la tecnología de acceso radio particular, la medida en que las frecuencias pueden reutilizarse (N), y el tamaño de la célula influyen en la capacidad para cursar tráfico de un sistema basado en la transmisión radioeléctrica. Los sistemas de acceso inalámbrico, desde el punto de vista de la red y la planificación RF, se despliegan de un modo similar a los sistemas celulares, aun cuando las necesidades de teledensidad puedan ser diferentes (para más detalles, véase el Capítulo 6).

Deben examinarse las necesidades y disponibilidad de espectro radioeléctrico. En la Fig. 6 se muestran las bandas de frecuencias del espectro radioeléctrico en sistemas de acceso inalámbrico fijo que operan en algunos países (los acrónimos utilizados en esta Figura están definidos en el Anexo 1). La disponibilidad exacta de espectro radioeléctrico para estas aplicaciones está sujeta a la reglamentación local. Por ejemplo, además de las bandas de 1,4 y 2,4/2,6 GHz, la Conferencia Europea de Administraciones de Correos y Telecomunicaciones (CEPT)/Instituto Europeo de Normas de Telecomunicaciones (ETSI) han aceptado la banda de 3,5 GHz, así como la banda de 10,5 GHz para su uso en Europa. Asimismo, en la Región 2 se está considerando la banda 3,4-3,7 GHz para aplicaciones de acceso inalámbrico en algunos países. Las aplicaciones que se muestran en la Fig. 6 para diferentes bandas de frecuencias pueden ser conocidas por nombres diferentes relacionados con el uso tradicional de estas bandas. Sin embargo el aspecto común subyacente es el acceso inalámbrico, que puede presentar muchos matices dependiendo de las capacidades de transferencia de señal ofrecidas (por ejemplo, voz, datos, imágenes, televisión), la combinación de servicios (por ejemplo, servicio exclusivamente fijo, servicio mixto fijo/móvil, servicio nómada), alcance (por ejemplo, si es necesario el uso de repetidores), etc.

FIGURA 6

Ejemplos de bandas de frecuencias del espectro radioeléctrico para el acceso inalámbrico utilizadas por diferentes operadores

- 400 MHz TACS/NMT, D-AMPS/AMDT
 - 800 MHz AMPS/D-AMPS
 - 900 MHz GSM/TACS/NMT
 - 1,4 GHz Punto a multipunto (sistema radio de abonado)
 - 1,8 GHz GSM/DECT
 - 1,9 GHz PCS/PHS
 - 2,4, 2,6 GHz MDS (sistemas de distribución multipunto) y sistemas punto a multipunto
 - 3,4-3,8 GHz MDS, FWA
 - 5 GHz redes radioeléctricas de área local
 - 10,5 GHz Sistemas punto a multipunto
 - 24/26/28/32/40 GHz LMCS/LMDS sistemas de distribución y de comunicaciones locales multipunto

Frecuencia 

4.3.1 Función del Reglamento de Radiocomunicaciones (RR) de la UIT y políticas nacionales de utilización del espectro

Los términos servicio (de radiocomunicaciones) fijo y servicio (de radiocomunicaciones) móvil se definen en el RR:

Servicio fijo: Servicio de radiocomunicación entre puntos fijos determinados.

Servicio móvil: Servicio de radiocomunicación entre estaciones móviles y estaciones terrestres o entre estaciones móviles.

En efecto, estas definiciones de servicios de radiocomunicaciones son la base para la atribución por la UIT del espectro radioeléctrico a nivel internacional, así como para la adjudicación nacional dentro de cada país. La mayoría de las veces, la UIT ha efectuado atribuciones conjuntas para los servicios fijo y móvil en distintas bandas de frecuencias. Tradicionalmente, en algunos países se ha elegido entre los dos servicios.

Ciertas aplicaciones en evolución no se ajustan explícitamente a las definiciones del servicio fijo o el servicio móvil. El enfoque adecuado al respecto consiste en aplicar alguna flexibilidad al interpretar estas definiciones, de modo que estas aplicaciones integradas se puedan cobijar bajo el paraguas de los servicios fijo y móvil. Un factor clave en la interpretación del uso de estos términos es el concepto de movilidad. Si el equipo está destinado para su utilización en movimiento, o se desplaza normalmente de un lugar a otro, puede considerarse parte del servicio móvil. En caso contrario, se puede considerar del servicio fijo.

Se encuentran en proyecto aplicaciones para los proveedores del servicio de radiocomunicaciones fijo que operan en bandas de frecuencias del espectro destinadas a título primario al servicio fijo cuando se requiere disponer la integración de los dispositivos de acceso inalámbrico que funcionan como estaciones de radio móviles. Estas situaciones son el resultado de las necesidades de cobertura

de ambos servicios de radiocomunicaciones móvil y fijo y del uso de dispositivos de acceso inalámbrico en aplicaciones de radiocomunicaciones integradas. La política adecuada de utilización del espectro consiste en apoyar una combinación de aplicaciones integradas de los servicios móvil y fijo en determinadas bandas de frecuencias.

Los países tienen normalmente necesidad de aplicar cierta flexibilidad a la hora de interpretar sus atribuciones de frecuencias. Esta flexibilidad ha permitido, por ejemplo, a entidades de radiocomunicaciones autorizadas explotar sus sistemas de acuerdo con la atribución de frecuencias a título primario mientras que se daba acomodo a necesidades de servicios secundarios sujetos a determinadas condiciones coherentes con el RR y con la reglamentación nacional. En general, es necesario hacer uso de un enfoque equilibrado cuando se aplica una política flexible de asignación del espectro en las bandas congestionadas, como que las necesidades de los usuarios de las atribuciones a título primario deben encontrarse dentro de la designación primaria de las bandas. Este enfoque puede aplicarse tanto al servicio fijo como al servicio móvil.

Otra aplicación posible es el uso de cierto número de estaciones radio en un modo fijo para la transmisión interactiva de datos (por ejemplo, dispositivos de puntos de venta y otras transacciones de datos, telemetría y adquisición de datos). En algunos casos, los dispositivos de despacho y comunicaciones vocales de los servicios móviles son operados permanentemente en una ubicación. En otros casos, existen estaciones fijas en sistemas de comunicaciones multipunto que gozan de un grado elevado de portabilidad dentro de una zona de cobertura. Hay casos también en los cuales las estaciones fijas son dispositivos nómadas que pueden operarse en cualquier ubicación de una red nacional. La integración de aplicaciones puede demostrarse como un medio eficaz y económico de satisfacer necesidades diversas de los clientes a la vez que se mantiene un uso eficaz del espectro.

Pueden generarse ahorros en los costos o utilidades del espectro más eficaces que aumenten el número de los usuarios de radio si pueden integrarse aplicaciones fijas y móviles dentro de la misma banda de frecuencias, siempre que el uso primario de la atribución, sea del servicio fijo o del servicio móvil, se mantenga para satisfacer la demanda de la atribución primaria. La administración debe establecer si se dispone del espectro adecuado para el uso a título primario a la vez que se permite una aplicación a título secundario. Deben desarrollarse también las opciones o alternativas para el uso del espectro del servicio móvil o fijo en el caso de que exista déficit de espectro. En tales casos, la administración continuará exigiendo que estos sistemas de radiocomunicaciones emigren a una banda compartida a título primario más apropiada.

Una política flexible que apoye una combinación de aplicaciones integradas de servicios, puede llegar a utilizar una cantidad considerable de espectro del servicio móvil o fijo. En las zonas de un país fuertemente congestionadas, esto puede producir una escasez adicional de espectro primario. En el pasado, se determinó que los proveedores de servicios/usuarios del espectro en los servicios fijo y móvil operaran en bandas de frecuencias específicas para sus respectivos fines. Usualmente existían muy pocas bandas de frecuencias en las cuales los usuarios pudieran explotar sistemas fijos y móviles en el mismo espectro. Consecuentemente, cualquier flexibilidad en la política de apoyo a una combinación de aplicaciones integradas de servicios debe ser equilibrada con el fin de conservar disponible espectro suficiente para poder satisfacer los objetivos de los servicios primarios.

Los proveedores de servicios de radiocomunicaciones se esfuerzan en satisfacer las demandas de los clientes dentro de un ambiente de competencia con la eficacia potencial de las ofertas de servicios de radiocomunicaciones integrados. La emergencia de sistemas de radiocomunicaciones integrados es evidente en otras áreas de las radiocomunicaciones. Las políticas nacionales relativas al espectro deben facilitar a los proveedores de los servicios de telecomunicaciones la flexibilidad necesaria para responder a las necesidades de los clientes.

4.3.2 Resumen de las Recomendaciones vigentes

Este punto resume las Recomendaciones pertinentes en vigor elaboradas por las entidades nacionales y regionales importantes (UIT-R, CITELE, CEPT, etc.) sobre la utilización del espectro para el acceso inalámbrico fijo, incluyendo los planes de subbandas, los contornos espectrales, la coexistencia, la compartición, etc.

El RR dispone de múltiples bandas del servicio fijo y algunas del servicio móvil para una posible utilización del FWA. El UIT-R está elaborando un compendio de las que puedan ser posiblemente más interesantes, junto con los temas correspondientes de compatibilidad, cuando así procede. En el momento de redactar este texto, las seis bandas indicadas a continuación tienen una prioridad superior en términos de combinación de distintos factores, incluyendo los temas de compartición, propagación, factores de legado, anchura de banda, características del sistema y despliegue, utilización reciente y actual, etc., y se espera a que en un próximo futuro una nueva Recomendación relativa a cada una de estas bandas resuma estos temas para orientar a las administraciones, los operadores y los fabricantes. Ha de señalarse que se ha determinado que una de las bandas enumeradas, la de 32 GHz (31,8-33,4 GHz), está disponible para las aplicaciones del servicio fijo de gran densidad (HDFS) y ofrece una anchura de banda absoluta bastante elevada (1,6 GHz), una utilización relativamente reducida por otros servicios y una buena aceptabilidad internacional en las tres Regiones. Evidentemente, se están preparando en este momento más Recomendaciones sobre compartición y disposiciones de frecuencia (véase la penúltima columna del cuadro).

Banda de frecuencias (GHz)	Anchura de banda disponible (MHz)	Recomendaciones UIT-R	Recomendaciones Regionales	Recomendaciones sobre compartición/estudios en curso
3,5 GHz		(Véase la Nota 1)		
3,4-3,6	200	SF.1456, F.1107, 1108, 1190		Radioloc.
3,4-3,7	300	F.1107, 1108, 1190	CITELE PCCIII Rec. 26	Radioloc.
3,41-3,6	190	F.1107, 1108, 1190	CEPT/ERC Rec. 14-03	Radioloc.
3,425-3,575	150			Radioloc.
3,6-3,8	200	F.1107, 1108, 1190	CEPT/ERC Rec. 12-08	
3,65-3,7	50	F.1107, 1108, 1190		Radioloc.
38 GHz		(Véase la Nota 2)		
37-40	3 000	F.749, 1107, 1108	CITELE PCCIII Rec. 55	SFS
37,5-39,5	2 000			SFS
38,05-38,5	420		ARIB STD T58, 59	SFS
39,05-39,5	420			
24/29 GHz		(Véase la Nota 3)		
24,25-24,45	200			RNS, SFS
25,05-25,25	200			
24,25-24,75	500			RNS, SES, SETS
25,5-26,7	1 200			
24,25-27,5	3 250			RNS, SES, SETS, SFS

Banda de frecuencias (GHz)	Anchura de banda disponible (MHz)	Recomendaciones UIT-R	Recomendaciones Regionales	Recomendaciones sobre compartición/estudios en curso
24,5-26,5	2 000	F.748, 1249 SA.1276, 1278	CEPT/ERC Rec. 13-02	
25,25-27,0	1 750	F.758	ARIB STD T58, 59	Radioloc.
25,35-28,35	3 000	F.748, 1249 SA.1276, 1278		SES, SFS, SETS
26,4-28,35	1 950			SES, SFS
26,7-27,1	400			SETS, SFS, SES
27,1-27,5	400			
27,5-28,35	850	F.758	CITEL PCCIII Rec. 57	SFS
27,5-28,35	850			SFS
27,5-29,5	2 000	F.748	CEPT/ERC Rec. 14-03	SFS
29,0-29,25	150	F.758	CITEL PCCIII Rec. 57	SFS
1,8/1,9 GHz		(Véase la Nota 4)		
1,710-1,785	75	F.701, M.1073		
1,805-1,880	75			
1,850-1,990	140	F.701, M.1073	CITEL PCCIII Rec. 26	
1,880-1,900	20		CEPT/ERC DEC 9403	
1,880-1,900	20	F.701, M.1073		
1,960-1,980	20			
1,886-1,918	32			
1,893-1,919	26	F.757	ARIB STD 28	
1,900-1,920	20			
450 MHz		(Véase la Nota 5)		
0,415-0,420	5	M.478, M.1085		
0,425-0,430	5	SA.1260		
0,440-0,450	10	M.478, M.1085	CITEL PCCIII Rec. 39	
0,485-0,495	10	SA.1260		
32 GHz		(Véase la Nota 6)		
31,8-33,4	1 600	F. 1520		RNS, SRS, SES

NOTAS:

3,5 GHz

SF.1486 Compartición con terminales de muy pequeña abertura

F.1107 Análisis probabilístico, interferencia a satélites OSG

F.1108 Protección de satélites no geoestacionarios

F.1190 Protección de sistemas de radioenlaces

38 GHz

F.1107, F.1108 y F.749 Disposiciones para los canales RF, 38 GHz

24/29 GHz

F.748 Disposiciones para los canales RF, 24, 25 y 26 GHz

F.1249 Compartición con ISS, 25,5 GHz

F.758 Características del sistema

1,8/1,9 GHz

F.701 Disposiciones para los canales RF, 1 350-2 690 MHz

F.757 Objetivos de calidad, tecnologías derivadas de las tecnologías móviles

450 MHz

M.478 Canales de frecuencia entre 25 y 3 000 MHz para el servicio móvil terrestre con HF

M.1085 Radares perfiladores del viento próximos a 400 MHz

SA.1260 Compartición entre sensores activos a bordo de vehículos espaciales y otros servicios

32 GHz

Doc. 9/BL/4 Disposiciones de radiocanales.

En la mayoría de estas bandas se han establecido planes de canales de frecuencia, aunque puede suceder que éstos no sean siempre los más adecuados para las generaciones más recientes de los sistemas. Se trata de un área de estudio considerable, y las disposiciones de frecuencias basadas en bloques parecen especialmente adecuadas para muchas situaciones de FWA, y en algunas de esas bandas se está trabajando, a fin de preparar más Recomendaciones de este tipo que reflejen mejor las necesidades del mercado y de los sistemas en la evolución hacia el nuevo FWA y otras aplicaciones del servicio fijo. También se está preparando una Recomendación (**Doc. 9/BL/3**) que aborda las orientaciones generales sobre disposiciones de frecuencia basadas en bloques. La relación anterior es una primera imagen simplificada que se prepara en este momento, y es fundamental que el lector interesado consulte las Recomendaciones regionales y del UIT-R más recientes y el trabajo en curso, así como a las administraciones nacionales correspondientes, para verificar la situación en cada uno de los países.

4.4 Sistema de radiocomunicaciones y metodología de diseño de la red

La elección de la tecnología debe estar relacionada con los requisitos de capacidad y costo (véanse las Figs. 7 y 8). Por ejemplo, si consideramos la situación hipotética (un cálculo real debería realizarse con una referencia cuidadosa a los parámetros locales y a los de los sistemas en consideración) de un sistema con AMDT IS-54, hay unos 400 canales dúplex por división de frecuencia (DDF) de 30 kHz en una atribución de 25 MHz. Utilizando un sistema sectorizado de 60°, los conjuntos de frecuencias pueden reutilizarse cada cuatro células (es decir, $N = 4$). En cada célula se dispone de un centenar de canales RF o 16 canales aproximadamente por sector dentro de la célula. En un sistema AMDT-3, cada canal RF de 30 kHz soporta tres canales de tráfico. Cada sector soporta por tanto 48 canales de tráfico ó 36 E (1% de bloqueo). En estas condiciones, la posición celular soporta más de 200 E, ó 4 000 abonados con un tráfico de 0,05 E/abonado. Suponiendo una célula de 1 km de radio, la densidad efectiva soportada es superior a 1 200 abonados/km².

FIGURA 7

Necesidades de acceso: se precisa una familia de soluciones del acceso inalámbrico para satisfacer las distintas necesidades

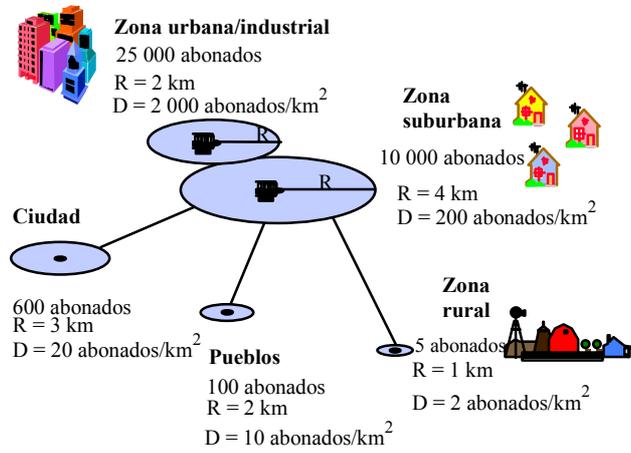
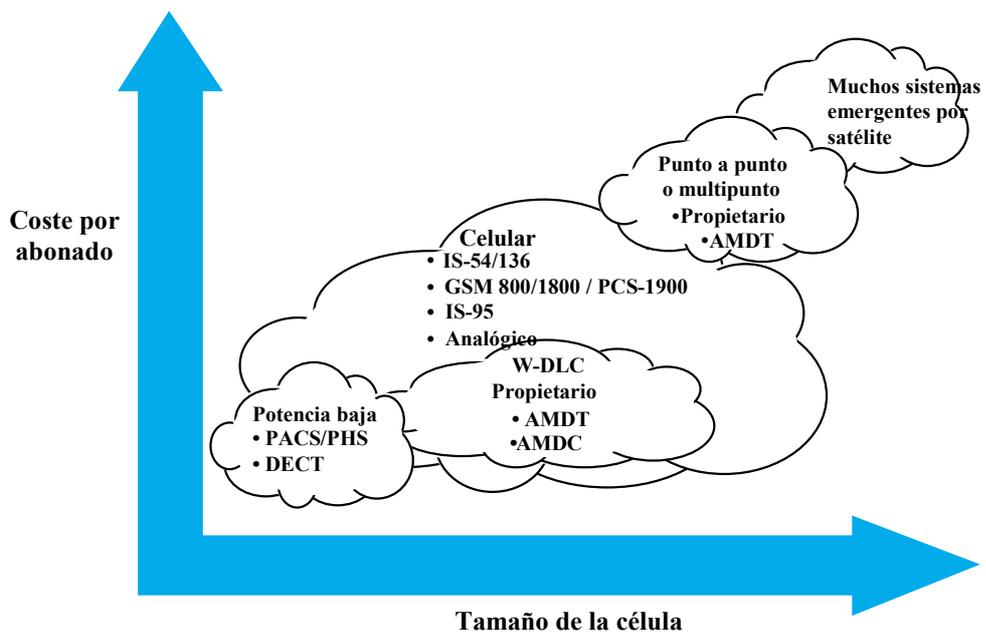


FIGURA 8

Correspondencia de la tecnología con las distintas necesidades



Diseño de la red

En las Figs. 9 y 10 se muestran dos configuraciones típicas de diseño de una red.

La ejecución basada en sistemas móviles (Fig. 9) ofrece las siguientes ventajas:

- numeración y facturación fusionadas,
- facilidad de integración de servicios móviles separados,
- eficacia en el caso de redes extensas.

La ejecución (Fig. 10) basada en portadora de línea digital (DLC) ofrece las siguientes ventajas:

- numeración y facturación existentes,
- facilidad de integración de los servicios alámbricos,
- eficacia para uso secundario.

FIGURA 9

Ejecución basada en sistemas móviles

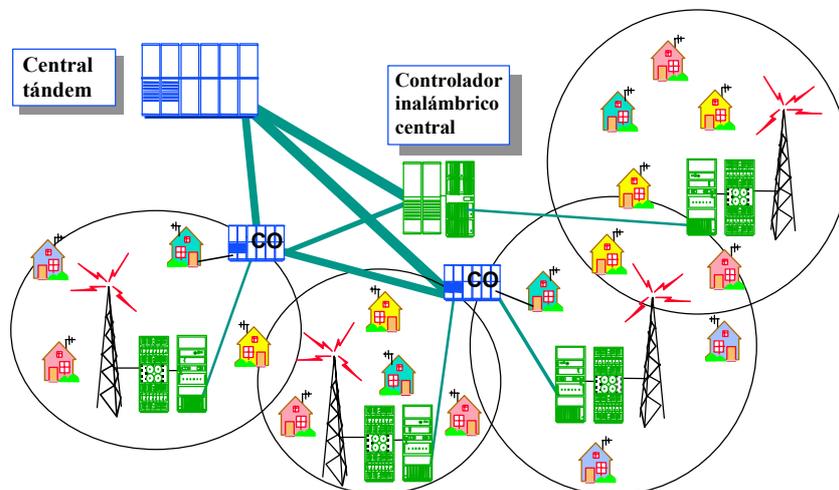
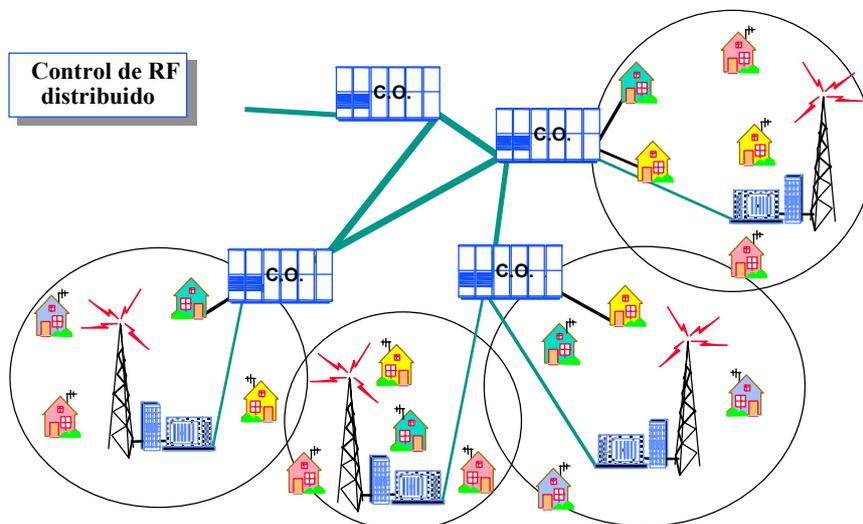


FIGURA 10

Ejecución basada en DLC



4.5 Evolución de la tecnología

En este punto del Manual se describe el modo en que la tecnología inalámbrica evoluciona para soportar la aplicación de acceso inalámbrico. Se tratarán los componentes tecnológicos de los terminales, la estación de la radio base y la posición celular, la red de retroceso y el conmutador/red.

4.5.1 Terminales

Las directrices básicas en cuanto a la tecnología de terminales inalámbricos seguirán siendo el bajo costo y la miniaturización. Se prosigue vigorosamente la búsqueda de tecnologías más eficaces y de mayor vida para las baterías. Además, cada vez es mayor el reto de alcanzar una calidad, comportamiento y conjunto de características para los terminales inalámbricos que sean similares a las de los sistemas alámbricos.

4.5.2 Posición celular/estación radio de base

Las tecnologías de acceso multicanal RF acceso múltiple por división de tiempo (AMDT), acceso múltiple por división de código (AMDC) están aumentando la capacidad de transporte de tráfico de los sistemas de acceso inalámbricos. Las técnicas de procesamiento de la señal digital (DSP, *digital signal processing*) de velocidad elevada y el empleo de estaciones de radio de soporte lógico definible están produciendo nuevos avances en la flexibilidad, calidad de funcionamiento, tamaño y costo de los aparatos de radio. La tecnología de los códec evoluciona rápidamente para alcanzar niveles más y más elevados de la calidad de la voz.

La gestión de los recursos radioeléctricos y la mejora de la explotación, administración y mantenimiento (OAM) están redefiniendo la calidad de funcionamiento y las reglas de abastecimiento de la red. El empleo de métodos de asignación dinámica inteligente de canales, algoritmos de transferencia y esquemas de diversidad poderosos, y una metodología del control de potencia dinámica y efectiva reduce la interferencia cocanal y de canal adyacente aumentando en

consecuencia la capacidad y calidad de funcionamiento de la red. El empleo de subsistemas perfeccionados para la detección y localización de averías, la supervisión de la calidad de funcionamiento y la calibración y puesta en servicio automáticas están aumentando la flexibilidad y la eficacia de las explotaciones en redes inalámbricas. Se utilizan bancos de prueba y simuladores de redes inalámbricas para evaluar la capacidad-calidad de funcionamiento y las soluciones transaccionales OAM de las distintas opciones de gestión de los recursos radioeléctricos.

Las tecnologías de circuitos integrados continuarán siendo fundamentales en las comunicaciones inalámbricas del futuro. La calidad de funcionamiento superior, el menor costo, el tamaño más pequeño y el consumo reducido de potencia son los factores básicos que orientan las distintas tecnologías de circuitos integrados que se están evaluando. Los dispositivos de filtrado y de interconexión, las arquitecturas de transceptores de conversión directa y doble y un conjunto de topologías de mezcladores y amplificadores de potencia se están examinando en el contexto del manejo de la potencia, los factores de ruido y el consumo de potencia.

Los semiconductores de silicio y de arseniuro de galio (GaAs) exhiben diferentes parámetros de calidad en función de la frecuencia. Esto influye en la elección de las topologías de circuitos y la arquitectura de transceptor. Prosiguen las investigaciones relativas a los filtros de RF, FI y de banda de base. Además, se ha evaluado la supresión de interferencia y la conformación espectral en distintos formatos de modulación digital. Finalmente, se están efectuando evaluaciones en laboratorio de la tecnología de empaquetado, incluyendo las técnicas de circuito en placa (COB, *chip on board*), atado automático de cintas (TAB, *tape automated bonding*) y montaje «flip-chip».

Los sistemas inalámbricos futuros requieren una rentabilidad mayor y antenas menos obstructivas. Las antenas adaptativas mediante dispositivo electrónico que optimizan automáticamente la relación portadora/interferencia (*C/I*) aumentarán aún más la capacidad y la calidad de funcionamiento de las redes inalámbricas.

4.5.3 Red de conexión

La mayor capacidad de la red debida al empleo de células cada vez más pequeñas aumenta el costo de la infraestructura de red de conexión ya que se necesita conectar al conmutador un número mayor de posiciones. Los sistemas de red de conexión deben diseñarse cuidadosamente en el contexto de la planta física existente y en evolución – pares trenzados, cable coaxial, fibra óptica y radio – para alcanzar estructuras de costo aceptable.

4.5.4 Conmutador/red

Las funciones de red inteligente (IN, *intelligent network*) y la señalización y el procesamiento de red de elevada calidad permiten transferir datos de abonado a través de la red telefónica pública conmutada (RTPC) y de las redes celulares (IS-41, GSM). Esto asegura la transparencia para los abonados del servicio prestado a través de la red móvil y de cables. Es de importancia esencial proporcionar servicios innovadores y registros exactos de la facturación.

Interfaz V5.2 RTPC – Sistema de acceso inalámbrico

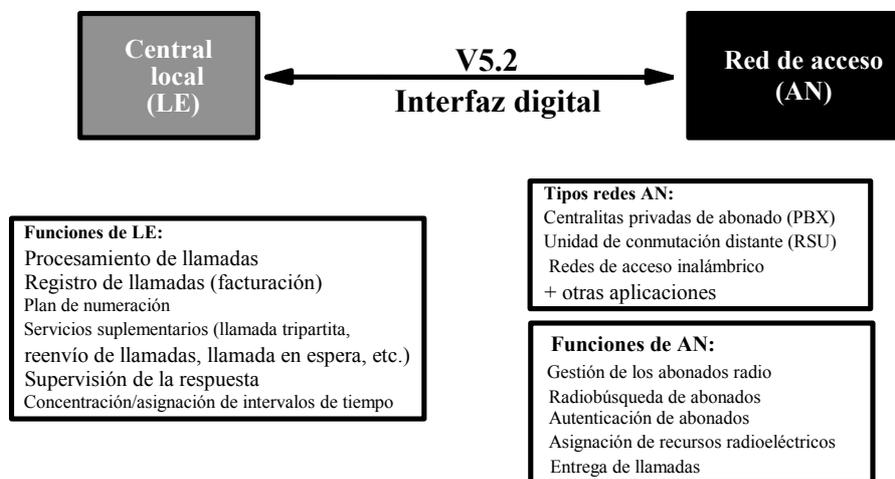
La interfaz V5, especificada por ETSI y el UIT-T e indicada en la Fig. 11, es una interfaz abierta entre la central local (LE, *local exchange*) y una red de acceso (AN, *access network*), como una red de acceso inalámbrico, una unidad de conmutación distante o una centralita privada de abonados. La central local realiza el control del procesamiento de llamadas de la línea terrestre, la recopilación de los registros de llamadas, el plan de numeración y servicios suplementarios del sistema como la

llamada tripartita y la llamada en espera. El sistema de acceso inalámbrico gestiona la entrega de la llamada al usuario final. La especificación V5 permite a un sistema de acceso inalámbrico potenciar las funciones de la red terrestre existente y proporcionar a los usuarios finales acceso a los servicios de la RTPC.

La interfaz V5 es un protocolo de control abierto diseñado para entregar los servicios de telecomunicaciones residentes en una central local a un equipo comercializado por múltiples fabricantes en la red de acceso o distribución terrestre. Puesto que V5.2 es una interfaz abierta, los proveedores del servicio telefónico se liberan de la posibilidad de quedar cautivos de interfaces de conmutación propietario para la interconexión de la red con redes de acceso inalámbrico, unidades de conmutación distante o centralitas privadas de abonado.

FIGURA 11

Interfaz V5.2



Para las aplicaciones de acceso inalámbrico, la AN proporciona la gestión de abonados radio, la radiobúsqueda y autenticación de abonados, la entrega de llamadas radio, la asignación de recursos radioeléctricos y la transcodificación entre la interfaz aérea y los troncales telefónicos estándar de 64 kbits en las líneas E1 a la central local.

V5 tiene dos partes especificadas por el ETSI y el UIT-T. V5.1 (Recomendación UIT-T G.964 Interfaces V en la interfaz V5.1 de central local digital para el soporte de red de acceso) requiere un intervalo de tiempo por abonado y no ofrece concentración (trunking) de intervalos de tiempo de abonado. V5.2 (Recomendación UIT-T G.965 – Interfaces V en la interfaz V5.2 de central local digital para el soporte de red de acceso) permite la concentración de intervalos de tiempo o la compartición de intervalos de tiempo entre abonados, posibilitando la concentración y el ahorro de costos asociado.

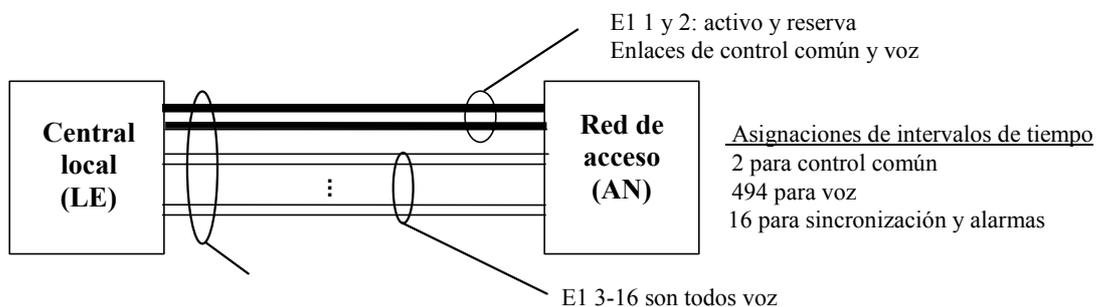
V5.2 proporciona a los abonados de acceso inalámbrico las siguientes ventajas:

- Los clientes de acceso inalámbrico reciben el mismo nivel de servicio que los clientes de redes filares – V5.2 permite la entrega transparente de funciones y servicios de RTPC o central local como la facturación, los planes de numeración y servicios suplementarios proporcionados por el conmutador (tales como el reenvío de llamada, llamada en espera, llamada tripartita, etc.).

- Los proveedores del servicio de telefonía disponen de varias opciones para la ampliación de líneas – V5.2 soporta centralitas PBX, dos pares de hilos, unidades de conmutación distante, líneas de datos de alta velocidad y sistemas de acceso de fibra, además de las redes de acceso inalámbrico.
- Los proveedores del servicio de telefonía pueden aprovechar las ventajas de la multiplicidad de vendedores de centrales locales – La interfaz abierta V5.2 proporciona muchas posibilidades a la hora de seleccionar vendedores y por ello de elegir servicios y precios competitivos.
- Menor número de conexiones de la LE a la red de acceso – V5.2 es una interfaz troncal que permite asignar y compartir intervalos de tiempo entre abonados para cada llamada. Este sistema es a la vez más barato y más robusto.
- Menor complejidad de la red y consiguiente reducción del costo – V5.2 permite que funciones tradicionalmente realizadas por las LE (tales como la facturación y la entrega anticipada de características) continúen residiendo en estas centrales locales, liberando a la red de acceso para que proporcione solamente funciones de entrega de llamadas requeridas por el acceso inalámbrico, por ejemplo la gestión de abonados radio, la radiobúsqueda y autenticación de abonados, la asignación de recursos radioeléctricos y la transcodificación.

FIGURA 12

Conectividad V5.2 de central local a red de acceso



La Fig. 12 ilustra la conectividad V5.2 con señalización de control común activa y reserva utilizando el protocolo V5. Cada ruta V5 consta de 16 enlaces E1 que soportan 32 intervalos de tiempo cada uno. El intervalo de tiempo 0 se utiliza, en virtud de la especificación E1, para sincronización y alarmas. Los dos primeros E1 contienen un enlace de control común, uno de ellos activo y el otro en reserva, formado cada uno de ellos por un intervalo de tiempo E1 (intervalo de tiempo 16). Los restantes intervalos de tiempo y enlaces E1 son asignados de manera dinámica a canales de voz. Se dispone de un total de 494 canales de voz ($16 \text{ E1} \times 31 \text{ intervalos de tiempo} - 2 \text{ canales de control}$). Donde V5.1 multiplexa un solo intervalo de tiempo a cada usuario V5.2 añade concentración, que asigna dinámicamente un intervalo de tiempo a cada usuario.

La interfaz V5.2 dota el sistema de un control operacional y una eficacia funcional superiores. V5.2 soporta más abonados por enlace E1 y puede por ello ser implementado a un costo total inferior, y en consecuencia con mayor eficacia que V5.1 y que muchos otros tipos de interfaces RTPC sin concentración distintos de V5. V5.2 también proporciona una mayor tolerancia a los fallos, lo que redundará en una mejora de la calidad y de la fiabilidad para el cliente.

4.6 Clasificación de los sistemas de acceso inalámbrico fijo

Los sistemas de acceso inalámbrico fijo se pueden clasificar en sistemas de «grado celular», «grado de línea alámbrica», y de «grado banda ancha».

Los sistemas de grado celular se caracterizan por el uso de interfaces aéreas normalizadas para las aplicaciones de telefonía. La ventaja de esta estrategia es la economía de escala resultante de la utilización de componentes radioeléctricos importantes que se fabrican en grandes volúmenes para el mercado móvil. Los sistemas de acceso inalámbrico de grado celular pueden compartir la misma posición de célula e infraestructura de red utilizadas para los sistemas celulares móviles o pueden emplear redes especializadas. Los sistemas de grado celular utilizan codificaciones de la voz de velocidad binaria baja, y ofrecen una fiabilidad del enlace comparable a la de las llamadas celulares móviles efectuadas por un sistema móvil celular. Las redes que soportan estos sistemas tienden a apoyarse en conmutadores autónomos desarrollados para sistemas móviles celulares, en lugar de conmutadores anexos a las centrales de conmutación telefónica existentes. Con ello, los sistemas de grado celular se adaptan especialmente bien a las zonas urbanas y rurales extensas de baja densidad de tráfico anteriormente sin servicio, o que van a recibir servicio de un segundo proveedor del servicio telefónico.

Los sistemas de grado de línea alámbrica suelen basarse en interfases aéreas patentadas. Estos sistemas tienden a utilizar velocidades binarias superiores y codificación de la palabra de calidad interurbana, lo que permite que las señales de fax y de módem puedan transitar de forma transparente por la banda vocal. A menudo, estos sistemas se implantan como interfaces autónomas anexas a centrales locales de conmutación telefónica existentes. En la mayoría de los casos, en los emplazamientos del abonado deben instalarse antenas direccionales en las azoteas para lograr una fiabilidad del enlace comparable a la de uno alámbrico. Además de los sistemas que dan conexiones en banda vocal con conmutación de circuitos, algunos sistemas de grado alámbrico dan conexiones con conmutación de paquetes que ofrecen velocidades de ráfagas y características comparables a las de la tecnología alámbrica de línea de abonado digital y a las de los módems de cable. Dichos sistemas incluyen aplicaciones de comunicaciones avanzadas, tales como las del sistema MMDS en la banda de 2,5 GHz.

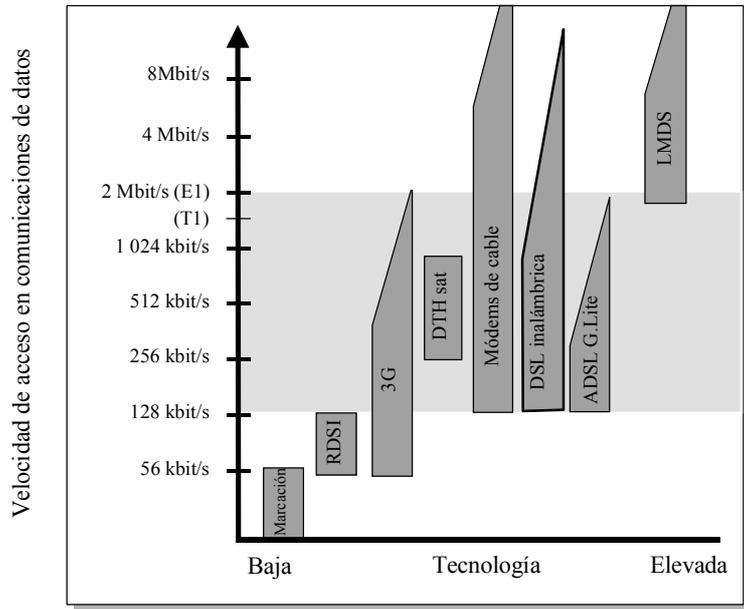
Los sistemas de acceso inalámbrico fijo en banda ancha (BWA) ofrecen velocidades binarias a cada punto de abonado superiores a las del acceso en velocidad primaria. Los sistemas que funcionan en frecuencias superiores a 10 GHz exigen trayectos de visibilidad directa y antenas de abonado muy direccionales. Se logra así una fiabilidad del enlace elevada comparable a la de una conexión alámbrica de fibra óptica. Los sistemas que funcionan en frecuencias inferiores a 10 GHz sirven también para los trayectos sin visibilidad directa o próximos a ésta y son adecuados para abonados residenciales individuales y pequeñas oficinas.

4.7 Acceso inalámbrico en banda ancha

Hay un tipo de sistema de acceso inalámbrico en banda ancha que se denomina línea de abonado digital inalámbrica (wDSL) que ofrece características de servicio de datos en alta velocidad comparables a las del módem de cable y características xDSL por un canal de acceso inalámbrico en banda ancha. Esta alternativa ofrece una nueva solución de acceso inalámbrico que elimina los cuellos de botella de «última milla» que inhiben el acceso a datos de gran velocidad e Internet. Dependiendo de la carga del abonado, las velocidades de datos medias serán de 256 kbit/s–2 Mbit/s por usuario, con velocidades máximas de hasta 10 a 30 Mbit/s. La Fig. 13 muestra las velocidades de datos wDSL en relación con otras soluciones de acceso en alta velocidad.

FIGURA 13

Velocidad de acceso y tecnología



- Marcación/RDSI para anchura de banda inferior a 128 kbit/s
- Módems de cable (CM) para 128 kbit/s a 20 + Mbit/s
- xDSL/G.Lite para servicio en 128 kbit/s, 1Mbit/s y más
- Nuevo acceso inalámbrico para competir con CM/xDSL
- wDSL adecuado para conectividad de velocidad media 256 kbit/s → 2 Mbit/s
- LMDS, sistema más elevado T1/E1 y superior

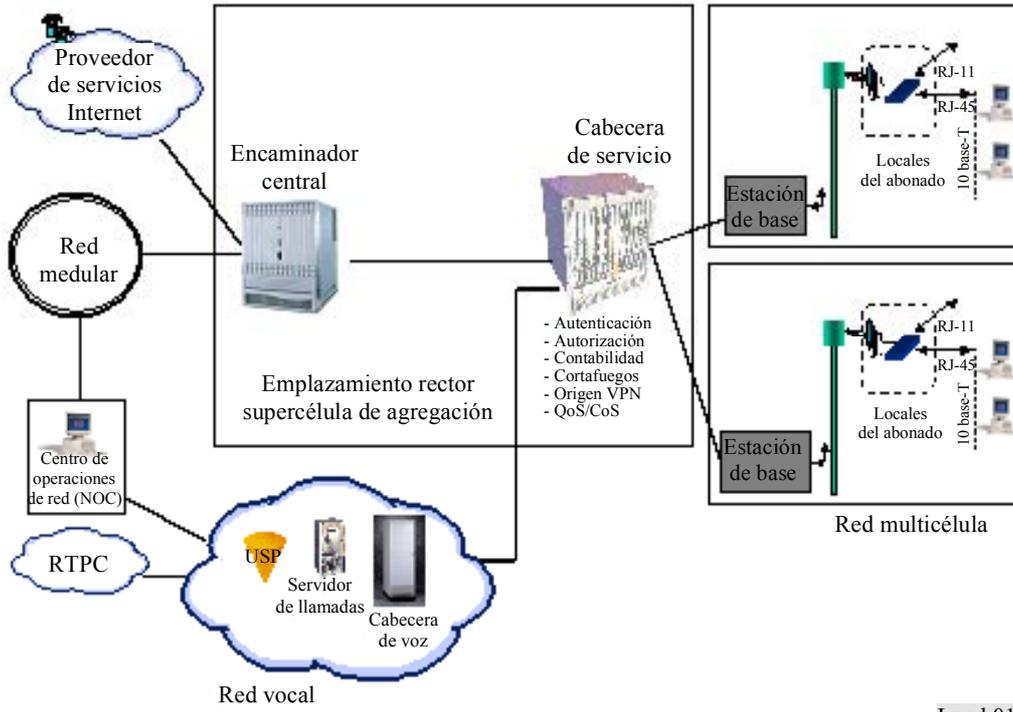
Land 013m

Una solución DSL inalámbrica de extremo a extremo ofrece las características siguientes:

- Un enfoque de implementación de célula única o múltiple que permite una penetración eficaz en el mercado.
- Hasta 30 Mbit/s por emplazamiento de abonado en una aplicación descendente en modo ráfagas.
- Una gama de soluciones CPE para residencias únicas, unidades multiresidencia (MDU), pequeñas oficinas domiciliarias de teletrabajo (SOHO) y empresas pequeñas a medianas (SMB).
- Funciones de cortafuegos, direccionamiento, autenticación e integración general de operaciones de mantenimiento.

El diagrama siguiente ilustra un despliegue típico de sistema DSL inalámbrico para servicio de datos de alta velocidad y vocal.

FIGURA 14
Arquitectura de sistema DSL inalámbrico



CAPÍTULO 5

FACTORES BÁSICOS QUE AFECTAN A LA ELECCIÓN DE TECNOLOGÍA

5.1 Introducción

El contenido de este Capítulo 5 se basa en un estudio encargado por el Banco Europeo de Reconstrucción y Desarrollo sobre las opciones esenciales que se presentan en cuanto a la tecnología y la política en el sector de telecomunicaciones en los países de Europa Central y del Este*. El propósito del estudio era facilitar información y directrices pertinentes a los operadores de red y los diseñadores de las políticas del sector en sus tomas de decisiones sobre las opciones tecnológicas que han de emplear al introducir, sustituir, modernizar y ampliar las redes de telecomunicación en sus países. Cuando se examina el informe de este estudio, aparece claro que los hallazgos y las conclusiones del mismo serán de gran utilidad a los países en desarrollo en sus esfuerzos por mejorar e incrementar sus instalaciones de telecomunicación.

Las redes de telecomunicación existentes en los países en desarrollo son obsoletas o resultan inadecuadas para proporcionar las plataformas sobre las que se edifican las economías industriales modernas. El fracaso en remediar esta deficiencia crítica limitará la capacidad de muchos países en desarrollo para mejorar los niveles de vida de la mayoría de su población.

La necesidad de realizar progresos rápidos y significativos en las telecomunicaciones está bien documentada y es muy conocida. Existe también la opinión comúnmente mantenida de que los países en desarrollo se encuentran bien posicionados para sobrepasar a los de las economías desarrolladas en la introducción de la tecnología inalámbrica. Hay menos acuerdo, sin embargo, con respecto a las tecnologías que deben emplearse y a las políticas que se pueden aplicar para promover el desarrollo en telecomunicaciones. Lo dos temas principales que se deben considerar son:

- **Elección de la tecnología:** ¿Cuáles son las tecnologías que están (o estarán) a disposición de los operadores en los países en desarrollo y qué factores influirán en las elecciones que deben hacerse entre estas tecnologías?
- **Política del sector:** ¿Qué repercusiones más generales tendrán las políticas alternativas elegidas sobre la calidad de funcionamiento del sector de las telecomunicaciones y el bienestar económico en los países en desarrollo?

Las características económicas de la industria y la tecnología han tenido una influencia importante en las políticas emprendidas por la industria de las telecomunicaciones hasta la fecha, en particular en lo que se refiere a la prestación de servicios y a la infraestructura. Entre las más importantes se encuentran:

- los elevados costos fijos y los larguísimos plazos de ejecución asociados generalmente con el establecimiento de una red de telecomunicaciones;
- la presencia de economías de escala y de alcance;
- la importancia de un número relativamente pequeño de factores básicos del costo (número de clientes, densidades de clientes y tasas de llamadas);
- la presencia de factores externos a la red, (como el beneficio que se deriva para los abonados existentes al conectar nuevos abonados a la red).

* DAVIES, G., CARTER, S., MACINTOSH, S. y otros (COOPERS y LYBRAND) y STEFANESCU, D. (EBRD) [marzo de 1995] Key Technological and Policy Options for the Telecommunications Sector in Central and Eastern Europe and Former Soviet Union. Coopers and Lybrand and the Telecommunications Team European Bank for Reconstruction and Development (EBRD), Londres, Reino Unido.

5.2 Tecnología del acceso inalámbrico

El desarrollo de la tecnología inalámbrica -actual o futura- refuerza el cambio de visión de la red local. Se anuncian también otros cambios trascendentales en el modo en que se desarrollarán en el futuro las infraestructuras de telecomunicaciones. Por ejemplo:

- la experiencia obtenida hasta el momento de un gran número de países demuestra que es viable la competencia en la prestación de los servicios móviles celulares;
- las tecnologías inalámbricas, y en especial las de los servicios para el acceso inalámbrico fijo, son apropiadas para proporcionar en algunas ubicaciones una solución de acceso más económica (si se compara con el costo de una solución de red filar);
- por último, las tecnologías de acceso inalámbrico pueden ser desplegadas mucho más rápidamente que las tecnologías filares, en particular en la red local, ofreciendo así la posibilidad de responder de manera muy rápida a las demandas de servicio.

Evidentemente, mucho depende del ritmo continuado de los avances en la tecnología inalámbrica, pero las perspectivas actuales indican que durante la próxima década las soluciones basadas en el acceso inalámbrico tendrán una repercusión extraordinaria en el desarrollo de las redes de telecomunicaciones que en este momento no están particularmente maduras, y en la estructura competitiva global de la industria.

5.3 Elección de la tecnología

En los puntos siguientes se hace un análisis y se presentan conclusiones para ayudar a los países en desarrollo en sus tomas de decisiones cuando eligen las tecnologías de acceso inalámbrico disponibles para su utilización en la red de acceso, para los operadores existentes o los de nueva incorporación.

El objeto del análisis es doble:

- **primero:** proporcionar a los planificadores de redes directrices sobre las tendencias actuales y futuras de la tecnología, y
- **segundo:** facilitar una estimación cuantitativa específica de los costos de tecnologías alternativas.

5.4 Modelos de análisis de las tecnologías

El modelo de análisis utiliza los siguientes elementos:

- definición de los parámetros pertinentes de la demanda (número de usuarios, densidades de usuarios y tasas de llamadas);
- diseño de las redes necesario para satisfacer los niveles especificados de demanda – que a su vez determina el tipo y los volúmenes de equipo requeridos;
- determinación de los costos de construcción y explotación de las redes teniendo en cuenta los costos de los equipos, costos de instalación y costos directos de explotación;
- conversión de los costos de la red en un costo por línea que permita efectuar comparaciones entre las diferentes tecnologías.

Los modelos se utilizan para analizar los costos de las tecnologías de acceso inalámbrico en comparación con las redes de pares de hilo de cobre tradicionales.

Evidentemente, en el desarrollo de los modelos es necesario establecer ciertos supuestos relativos, por ejemplo, a:

- volúmenes y densidades de abonados,

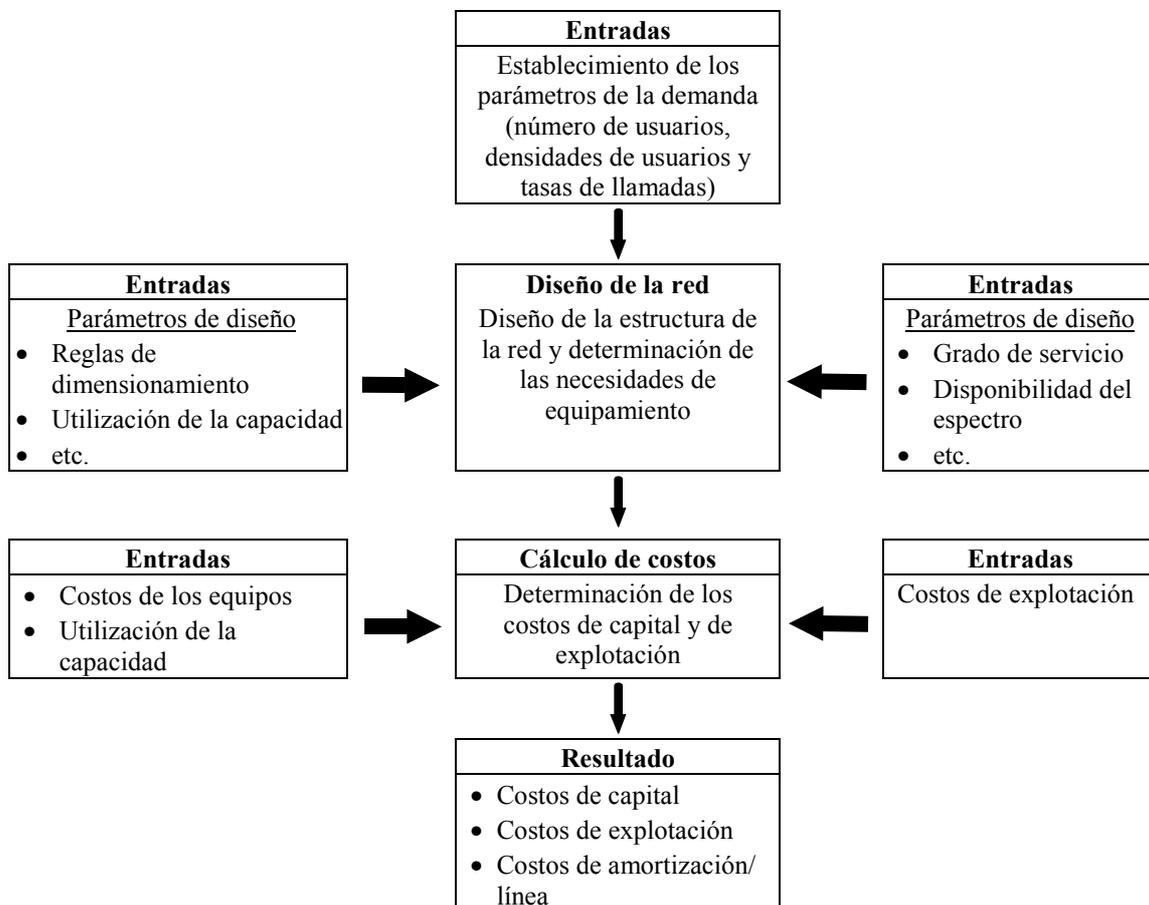
- reglas de dimensionado de las redes,
- costos de equipamiento,
- costos de instalación,
- tasas de ocupación de la red (es decir, utilización de la capacidad),
- grado de servicio,
- costos de explotación,
- tendencias en los costos de equipos y laborales,
- disponibilidad de frecuencias radioeléctricas (que es de una importancia crítica para las tecnologías inalámbricas).

En el cálculo de los costos asociados con las diferentes tecnologías, se utiliza el «costo de amortización» por abonado, en lugar de otras magnitudes como el costo de capital por línea o por abonado. La definición de costos de amortización trata de agrupar todos los costos directos asociados con el uso de una tecnología particular – capital, instalación y costos directos de explotación – y tiene en cuenta el reemplazamiento del equipo en caso necesario.

La selección de tecnología no debe tener en cuenta solamente el costo de adquisición y los factores de servicio, sino una amplia gama de consideraciones técnicas y no técnicas como la disponibilidad de personal adiestrado y competente y la sensibilidad de la tecnología elegida a los errores de previsión. La selección de la tecnología debe basarse también en un conocimiento profundo del desarrollo planificado de la red – un plan maestro de la red (véase la Fig. 15).

FIGURA 15

Modelos de análisis de tecnologías y estructura



Ninguna tecnología es capaz por sí misma de satisfacer todas las necesidades del mercado y de la explotación de los servicios. En muchos casos no existirá una tecnología «óptima» claramente definida, sino diversas tecnologías con características ligeramente diferentes. A la hora de elegir entre distintas tecnologías, sea para su aplicación a una red nueva o a una red existente, es necesario considerar una gama muy amplia de factores. Existe la tendencia casi inevitable a centrarse en dos factores principales: la conformidad con las especificación técnica correspondiente y los costos de adquisición de los equipos.

Estos dos factores no recogen, sin embargo, toda la complejidad de algunas de las decisiones a las cuales deben enfrentarse los operadores. En particular, es necesario considerar también:

- la madurez de la tecnología,
- el ámbito de transferencia de conocimientos,
- la disponibilidad de personal local adiestrado para la instalación y el mantenimiento,
- el costo de mantenimiento actual,
- el nivel esperado de soporte futuro,
- la sensibilidad a los errores y modificaciones de la planificación de la red,
- el costo de interfuncionamiento con tecnologías existentes,
- la eliminación de la posibilidad de quedar «cautivo» de suministradores o tecnologías particulares,
- la capacidad de «resistir el futuro» que proporciona la tecnología.

Estos factores hacen extraordinariamente complicadas las tomas de decisiones por parte de los países en desarrollo y limitan inevitablemente la amplitud que cabe esperar en la aplicación de las consideraciones generales sobre elección de tecnología, con independencia de las circunstancias locales específicas.

Un factor adicional de importancia crucial es la necesidad que tiene cada operador de establecer y mantener una dirección estratégica de su red y de asegurar que la selección del equipo se realiza dentro del marco de este plan. Ello garantizará el desarrollo estratégico de la red, y debe limitar, por ejemplo, los problemas de interfuncionamiento entre partes diferentes de la misma red.

5.5 Necesidades del mercado

Tradicionalmente más del 90% de los ingresos de las telecomunicaciones públicas proceden del servicio telefónico, aunque esto puede cambiar debido al crecimiento explosivo de Internet. Las comunicaciones vocales constituyen el servicio básico prestado, tanto por los operadores existentes como por los nuevos operadores. Además, más del 80% del tráfico cursado por las redes telefónicas en la mayor parte de los países desarrollados son comunicaciones vocales, superándose este porcentaje en los países en desarrollo. Dado que continúa el predominio del tráfico telefónico y que las interrupciones bruscas de la alimentación de energía se siguen produciendo de manera preponderante en los países en desarrollo, resulta evidente que existe una necesidad abrumadora de utilizar tecnologías que ofrezcan y soporten los servicios básicos.

No obstante, es también importante reconocer las necesidades de crecimiento de los negocios asociados a los servicios básicos y a los servicios avanzados de telecomunicación, particularmente a la luz de la creciente función promotora del sector privado en las economías en desarrollo. Si bien el tráfico telefónico continuará predominando, habrá una demanda cada vez mayor de los servicios de valor añadido, la transmisión de datos a alta velocidad, la posibilidad de movilidad del usuario y, finalmente, la televisión. Lo que es particularmente importante a la hora de elegir tecnologías para la red de acceso, ya que las capacidades de las distintas tecnologías para soportar estos servicios difieren notablemente.

Lo anterior plantea un dilema a los operadores de red. Deben decidir si el esfuerzo de desarrollo de nuevas tecnologías de acceso debe canalizarse hacia tecnologías de costo elevado y anchura de banda también elevada, o a tecnologías de costo menor pero de una anchura de banda también menor.

Todas las tecnologías examinadas pueden soportar comunicaciones vocales y servicios como la transmisión de datos codificados a velocidades de 4 800 bit/s e inferiores. Las tecnologías diferirán, sin embargo, en su capacidad para soportar otros servicios como se ilustra en el Cuadro 1. A medida que evolucionen las tecnologías, se añadirán nuevas capacidades a los servicios de acceso (por ejemplo, el vídeo de acceso inalámbrico).

**CUADRO 1
Tecnologías y servicios de acceso**

Tecnologías de acceso	Servicios				
	Voz	Datos a baja velocidad	Datos a alta velocidad	Vídeo de un solo canal	Vídeo multicanal
Líneas de pares de cobre	✓	✓	✓	✓	
Fibra	✓	✓	✓	✓	✓
Acceso inalámbrico	✓	✓	✓	✓	✓
Inalámbrico móvil	✓	✓	✓		

5.6 Criterios sobre tecnologías en la red de acceso

Las necesidades de servicios actuales y futuras se pueden agrupar por categorías amplias de segmentos de usuarios, como se muestra en el Cuadro 2. El Cuadro ilustra los distintos modos en que se pueden desarrollar las necesidades de servicios según los segmentos de usuarios. Puesto que estas distintas necesidades pueden también precisar que se implanten tecnologías diferentes, los operadores deberán adoptar planteamientos a medio y largo plazo acerca de la elección de tecnologías, anticipándose a las necesidades del mercado y a los probables desarrollos de las mismas con el fin de evitar el quedar cautivos en tecnologías redundantes y de reducir el costo de incorporación de las necesidades nuevas y emergentes.

**CUADRO 2
Necesidades de servicios**

Tipo de abonado	Necesidades de servicios actuales	Necesidades de servicios adicionales futuros
Empresas grandes	Telefonía multicanal Fax Datos Movilidad	Videotelefonía Videoconferencia Datos de alta velocidad
Empresas de tamaño medio más pequeño	Telefonía Fax Datos Movilidad	Videotelefonía Datos de alta velocidad Videoconferencia
Residencial	Telefonía Datos Movilidad Fax	Movilidad Vídeo de entretenimiento Fax

5.7 Acceso

El acceso se define como el trayecto de transmisión entre un equipo terminal telefónico fijo de abonado y la central local.

Desde la introducción del teléfono, el acceso ha sido proporcionado casi universalmente por medio de hilos de cobre trenzados. Estos bucles significaron un medio sencillo y relativamente económico de conectar los abonados que podía utilizarse en una gama muy amplia de densidades de abonados, desde las zonas urbanas más densamente pobladas (por encima de los 1 000 abonados/km²) a las zonas rurales de muy baja densidad (menos de 1 abonados/km²).

La principal limitación de una red de pares de hilo de cobre (utilizada para telefonía) es la exigencia de una longitud máxima del cable individual – por encima de esta longitud la señal es demasiado débil para proporcionar una calidad de transmisión satisfactoria. Por ello las redes de pares de hilo de cobre se han desarrollado alrededor del concepto de situar una central local en el centro geográfico de los abonados, extendiendo los cables según una configuración en estrella hasta una distancia máxima de, típicamente, 15 ó 20 km. Esta configuración se repite en toda la zona en cuestión para dotar de acceso a todos los abonados.

El acceso es un elemento crítico en un sistema de telecomunicaciones por varias razones:

- **primero:** el acceso es el mecanismo de entrega de los servicios de telecomunicaciones, y su costo, calidad y funcionalidad tienen una repercusión primordial en la característica global del servicio individual percibido por los abonados;
- **segundo:** el costo del acceso constituye una parte importante del costo global de capital y explotación de cualquier red de telecomunicaciones. El costo del bucle local puede alcanzar el 60% del costo de capital global aportado por un nuevo operador, e incluso para un operador establecido el bucle local puede alcanzar más del 30% de los costos globales*;
- **tercero:** el bucle local representa la inversión «sumergida» más grande soportada por un operador existente o nuevo;
- **por último:** muchos comentaristas han sugerido que el bucle local constituye un «monopolio natural» – es decir, las economías de escala (y de alcance) son tales que un operador puede prestar el servicio a un costo más pequeño que dos o más operadores.

5.8 Nuevas tecnologías en la red de acceso

Si bien las redes basadas en conductores de cobre continúan utilizándose aún en la mayor parte de las redes de distribución local, se están realizando esfuerzos considerables dirigidos al desarrollo y aplicación de las tecnologías de acceso inalámbrico en la red de acceso. El costo de una red filar aumenta con la distancia, mientras que el costo de una red inalámbrica es constante hasta el límite del alcance del sistema radioeléctrico. Existe pues una distancia exacta de ruptura por encima de la cual un sistema inalámbrico será más barato.

Los costos de una red filar están dominados por los costos laborales (cruce y restauración de las carreteras, construcción de conductos y tendido del cable), y se espera que estos costos aumenten con el tiempo. Los costos de la red de acceso inalámbrico, por el contrario, están dominados por los costos del equipo, y cabe esperar que continúen disminuyendo con el tiempo. El resultado es que la distancia exacta de ruptura entre el costo del acceso alámbrico y el costo del acceso inalámbrico disminuye, aumentando con ello las oportunidades de una solución del tipo de acceso inalámbrico.

* Cifras típicas de diversas compañías telefónicas de Estados Unidos de América.

Examinando la elección de tecnología para la red de acceso se observa que el factor crítico desde el punto de vista del costo es la densidad de abonados. El costo por abonado de un acceso alámbrico aumenta cuando disminuye la densidad y para densidades muy bajas el costo crece muy rápidamente. Por ejemplo Telia ha estimado que en Suecia el costo de dar servicio al 5% de los abonados en la zona menos densa representa casi el 25% de los costos totales del acceso. Los números de abonados y las densidades de abonados son los factores básicos determinantes de los costos del acceso. Ninguna tecnología, sin embargo, se adapta idealmente a todas las densidades de abonados.

5.9 Sistemas de acceso inalámbrico

Los últimos tres años han contemplado un rápido aumento del interés por el uso de los sistemas de acceso inalámbrico en la red de acceso. Se han propuesto muchas tecnologías y normas nuevas, algunas de las cuales son ramificaciones de tecnologías de servicios móviles, mientras que otras han sido diseñadas específicamente para el uso fijo.

La tecnología del acceso inalámbrico tiene cierto número de características básicas que hacen potencialmente muy atractivo su despliegue en las redes de acceso:

- **velocidad de implantación:** el acceso inalámbrico fijo pueden ser instalados a un ritmo 5 a 10 veces superior aproximadamente que los sistemas de cobre equivalentes;
- **estructura del costo:** el costo del acceso inalámbrico es independiente de la distancia dentro de la zona de cobertura, la cual es particularmente importante en zonas de densidad relativamente baja donde las distancias entre abonados son elevadas;
- **ventajas de la explotación:** los costos de explotación pueden reducirse ya que los sistemas de acceso inalámbrico no están sujetos a los problemas derivados de las averías físicas asociadas con los sistemas de cobre;
- **planificación y utilización de la capacidad:** la curva del costo de inversión asociada con los sistemas de acceso inalámbrico sigue más estrechamente el crecimiento de los abonados que en el caso de las redes filares es decir, la inversión puede realizarse por pasos más pequeños a medida que crece la población de abonados;
- **planificación del número de abonados:** los sistemas de acceso inalámbrico requieren una planificación de la red local mucho menos importante que en el caso de sistemas de cable. Los sistemas de acceso inalámbrico son en general más tolerantes cuando un operador no dispone de un conocimiento detallado y preciso de la ubicación y densidad de los abonados. Esto resulta particularmente atractivo para los nuevos operadores de red en competencia, que no pueden conocer con seguridad el número exacto de abonados que encontrarán atractiva una oferta competitiva.

Sin embargo, los sistemas de acceso inalámbrico adolecen de ciertas desventajas:

- **limitaciones en la disponibilidad de espectro:** esta es una de las barreras más importantes que se encuentran en el despliegue de los sistemas de acceso inalámbrico en los países en desarrollo, puesto que la mayor parte de las frecuencias apropiadas pueden haber sido ya empleadas en usos alternativos;
- **restricciones en la anchura de banda por abonado:** que limita significativamente los servicios que pueden ofrecerse a los abonados;
- **ausencia de normas internacionales convenidas:** la falta de normas convenidas implica que los fabricantes ofrecen, bien en tecnologías móviles (para las cuales el espectro puede ya estarse utilizando en servicios móviles) o sistemas propietario que pueden reducir la libertad de elección de los operadores una vez que se ha efectuado la elección de tecnología inicial.

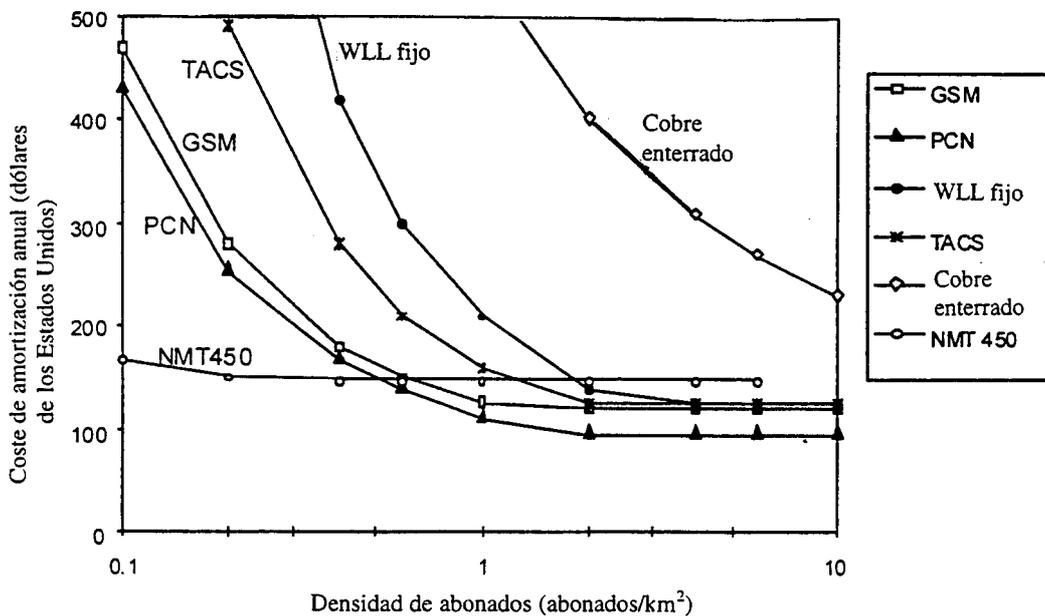
En los Anexos 4 y 5 se describen algunas de las diferentes tecnologías y el Capítulo 7 da una visión general.

Se han analizado los costos de amortización por abonado para algunas tecnologías de acceso inalámbrico que han sido propuestas, o se encuentran en uso, para la red de acceso. En particular: NMT 450; TACS, AMP; GSM; DCS 1800, PCS 1900 (Estados Unidos de América), WA fijo (basado en AMDT). Para detalles acerca de los modelos y las hipótesis aplicadas en los cálculos, el lector debe referirse al estudio*. El costo de amortización anual contiene el costo de capital, el costo de explotación y el costo de reposición.

El análisis muestra que los costos del acceso inalámbrico han descendido considerablemente en los últimos años y que las soluciones para el acceso inalámbrico pueden actualmente representar una alternativa económica a un sistema de acceso filar. Los sistemas de acceso inalámbrico son en particular atractivos en el caso de las densidades de abonados más bajas, puesto que los costos de un sistema de acceso inalámbrico no aumentan con la distancia al abonado (hasta alcanzar el límite de propagación de la célula) (véase la Fig. 16).

FIGURA 16

Comparación de costos de amortización – Sistemas de acceso inalámbrico con respecto a sistemas alámbricos para densidades de abonados muy bajas

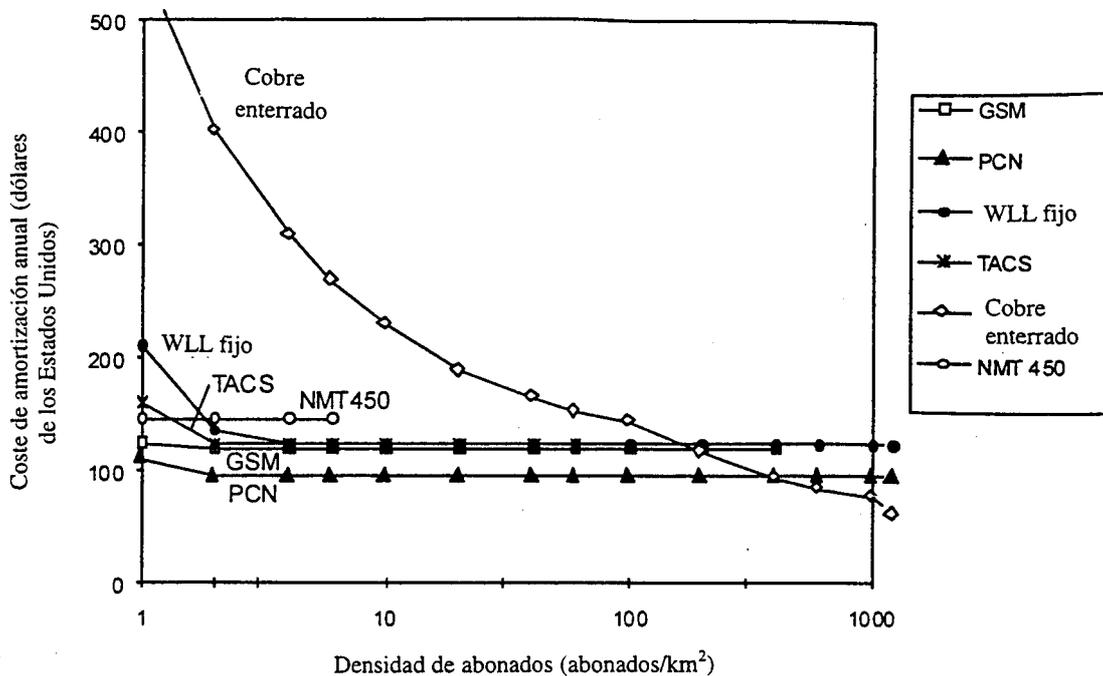


Land-016

* DAVIES, G., CARTER, S., MACINTOSH, S. y otros (COOPERS y LYBRAND) y STEFANESCU, D. (EBRD) [marzo de 1995] Key Technological and Policy Options for the Telecommunications Sector in Central and Eastern Europe and Former Soviet Union. Coopers and Lybrand and the Telecommunications Team European Bank for Reconstruction and Development (EBRD), Londres, Reino Unido.

FIGURA 17

Comparación de costos de amortización – Sistemas de acceso inalámbrico con respecto a sistemas alámbricos para densidades de abonados entre bajas y elevadas



Land-017

Los sistemas de acceso inalámbrico ofrecen costos de amortización por abonado inferiores a los de una red filar para el caso de las densidades de abonados más bajas – inferiores aproximadamente a 200-400 abonados/km² (suponiendo tasas de llamadas medias de zona residencial). Se supone, sin embargo, que hay espectro disponible.

La posición exacta del punto de traspaso depende inevitablemente de las hipótesis establecidas, y variará según los niveles de tráfico y la distribución real de los abonados.

No obstante, el análisis sugiere que un porcentaje importante de abonados residenciales pueden ser rentables si se les dota de acceso inalámbrico fijo. Esto no significa que los operadores actuales sustituyan rápidamente sus redes de cobre existentes con sistemas de acceso inalámbrico, pero indica que los nuevos participantes en el mercado, o los operadores en nuevas zonas, probablemente incrementarán el uso de acceso inalámbrico.

Los sistemas basados en el acceso inalámbrico son rentables para prestar servicios de telefonía y de banda ancha a abonados residenciales típicos, pequeñas empresas e instituciones de enseñanza en particular a los situados en zonas rurales y suburbanas, o para los nuevos participantes en mercados urbanos en situación de competencia.

El análisis sugiere claramente que el acceso inalámbrico es una tecnología de acceso local muy atractiva para los nuevos participantes en el mercado. Las cifras se presentan en términos de densidad de abonados y no de densidad de población. En la práctica, un nuevo operador puede necesitar varios años para alcanzar densidades de abonados próximas a los 400 abonados/km², incluso en zonas urbanas, y en zonas suburbanas y rurales esta cifra pudiera no alcanzarse nunca cuando hay más de un operador en competencia. Para densidades muy bajas, por debajo de 1 abonado aproximadamente/km² – la mayoría de los sistemas inalámbricos exhiben un crecimiento rápido del costo por abonado, ya que las células alcanzan su tamaño máximo y es

preciso añadir células adicionales para dar cabida a la mayor separación entre abonados. Cuando la densidad de abonados ha caído a 0,1 abonados/km², el costo de amortización se ha incrementado hasta 500 y 1500 dólares de los Estados Unidos de América por línea, con excepción de los sistemas de frecuencias bajas (como NMT450). Sin embargo, la prestación de los servicios mediante el acceso inalámbrico seguiría siendo más económica que con el acceso de red filar (véase la Fig. 16).

5.10 Conclusiones

Las conclusiones principales son las siguientes:

- los sistemas basados en el acceso inalámbrico son probablemente más económicos que las redes de cobre tradicionales para densidades de abonados por debajo de 200-400 abonados/km². Muchos abonados residenciales serán por lo tanto servidos a un costo menor por los sistemas de acceso inalámbrico; el atractivo de los sistemas basados en el acceso inalámbrico se verá también influenciado por la aceptación por parte del abonado;
- los sistemas basados en el acceso inalámbrico pueden desarrollarse de manera más económica y su despliegue puede ir unido estrechamente al momento de la suscripción del servicio por los abonados. Se puede también hacer mínimos los costos sumergidos, por lo que los sistemas basados en el acceso inalámbrico gozarán probablemente de la preferencia de nuevos operadores que deseen prestar servicios de telefonía en gran escala.

CAPÍTULO 6

PLANIFICACIÓN DEL DESPLIEGUE DE LOS SISTEMAS DE ACCESO INALÁMBRICO

6.1 Consideraciones generales

En este punto se perfilan y describen las áreas que deben tratarse de manera cuidadosa, concisa y completa al planificar el despliegue de los sistemas de acceso inalámbrico. En cada una de las áreas descritas, se resaltan y examinan brevemente los factores importantes que han de considerarse. Sin embargo, hay que reconocer que la información aquí proporcionada es solamente un esbozo y un resumen. Se pueden escribir, y se han escrito, libros sobre cada una de las áreas examinadas a continuación. En el Anexo 3 se proporciona información más detallada al respecto.

La planificación con éxito del despliegue de un sistema de acceso inalámbrico nuevo que se propone requiere un conocimiento pormenorizado del plan de negocios, y la base de clientes/abonados deseada. Requiere también un conocimiento de la demografía y la topografía del territorio en el cual se ha de prestar/desplegar el servicio. Otro componente esencial del proceso de planificación es el conocimiento, experiencia y capacitación detallados del personal en las técnicas de las comunicaciones radioeléctricas.

6.2 Planificación de las necesidades de servicios

Se ha de prestar una atención cuidadosa a los servicios que se desean prestar, tanto inicialmente como en el futuro. A continuación se subrayan las áreas que deben considerarse.

6.2.1 Funcionalidad

Es necesario definir con extraordinaria precisión los servicios que van a prestarse. Esta definición debe incluir tanto servicios vocales como servicios de datos, las interfaces que se han de soportar, el tipo de movilidad requerida y otras características necesarias.

a) Servicios de voz y datos

Puesto que el espectro radioeléctrico es escaso y costoso, el empleo de la codificación de velocidad binaria baja proporciona una economía de utilización del espectro a expensas de la calidad vocal y de las velocidades de transmisión de datos. Una codificación de velocidad binaria elevada proporciona un servicio vocal de calidad superior, y una capacidad de velocidad de datos más elevada a expensas de una mayor utilización del espectro. A medida que mejoran los algoritmos de codificación se consigue un crecimiento gradual de la calidad de transmisión vocal que puede ser soportada por una velocidad binaria determinada.

Un servicio de velocidad binaria baja aporta buenas economías, especialmente en los servicios por satélite donde el costo de la relación potencia/anchura de banda del segmento espacial puede ser elevado; puesto que los servicios de velocidad binaria de «gama media» utilizan más anchura de banda, proporcionan un servicio vocal de calidad interurbana («toll») plena (véase la Recomendación UIT-T G.711) y soportan módems conectados a ordenadores personales más rápidos. En los servicios por satélite, la calidad vocal acarrea costos elevados de la relación potencia/anchura de banda.

El servicio de velocidad básica de RDSI requiere velocidades binarias más elevadas. Puede proporcionar servicio vocal de 7 kHz de anchura de banda (véase la Recomendación UIT-T I.241.7) y servicio de datos a una velocidad binaria de 64 kbit/s (véase la Recomendación UIT-T I.231.1).

Puede ser necesario utilizar velocidades de datos superiores, por ejemplo 1,5 Mbit/s o 2 Mbit/s, o servicio de velocidad primaria de RDSI. Los servicios móviles terrestres que soportan estas velocidades de datos, o superiores, proporcionando por ejemplo una calidad de red para imágenes de vídeo en completo movimiento, requieren un espectro radioeléctrico mucho mayor.

b) Movilidad

Deben considerarse, definirse y proporcionarse los requisitos de movilidad del usuario. Por razones técnicas, existe una situación de compromiso entre la movilidad y la calidad del servicio, y entre la movilidad y la complejidad de la red que aumenta el costo de ésta. Cuando se necesita una movilidad superior disminuirá la calidad del servicio y aumentará el costo de la red.

En el servicio fijo no se necesita la función de transferencia y se presta un servicio de la mejor calidad al costo de red más pequeño. La movilidad que representa la velocidad de movimiento de los peatones implica pérdidas de calidad modestas y aumentos también modestos del costo de la red. La movilidad a las velocidades de un vehículo de motor conducen a pérdidas de calidad más elevadas y a una mayor complejidad y costo de la red para poder acomodar la rápida conmutación entre células que se requiere.

c) Otras características de servicio requeridas

– Autenticación

Las redes que proporcionan la capacidad de movilidad de los usuarios requieren generalmente procedimientos de autenticación, para confirmar que cada acceso a la red procede de un abonado legítimo, autorizado y al que se puede facturar la llamada.

– Privacidad

La privacidad puede ser una característica del servicio solicitada, que requiere la selección y provisión de disposiciones apropiadas de encriptación en la red.

– Tipos de terminal soportados

Es necesario definir específicamente los tipos de terminales que serán soportados, incluidos los terminales de datos (por ejemplo, V.11, V.24, V.35, etc.) y los terminales de voz (por ejemplo teléfonos de previo pago – prepago, semipago aplazado, etc.). ¿Serán soportados los aparatos telefónicos de línea filar estándar y de bajo costo disponibles?

6.2.2 Capacidades de servicios futuros

a) Capacidad de evolución

En el proceso de planificación del despliegue de la red es necesario hacer una previsión adecuada para garantizar que se pueden satisfacer las necesidades de futuros servicios. Los atributos de servicios señalados anteriormente bajo el § 6.2.1, quizás no se necesiten al principio, pero pueden ser precisos en el futuro. De hecho, otras funciones y atributos no contempladas en este momento, y algunas que incluso no se conocen, pueden constituir una necesidad futura. El plan de despliegue de la red, y la tecnología elegida, deben ser suficientemente flexibles y capaces de responder de manera eficaz y económica a las necesidades de funciones futuras.

b) Base de abonados

El número de usuarios servidos crecerá sin duda con el tiempo. El plan de despliegue en la red debe disponer de la posibilidad de aumentar la capacidad de manera adecuada y económica, para proporcionar un servicio cada vez mejor a medida que aumenta la base de abonados.

c) Zona de cobertura

En el futuro puede resultar muy apropiado ampliar la zona de cobertura en la que se presta el servicio. El plan de despliegue de la red debe estar preparado para asegurar que las oportunidades de ampliación se pueden implantar de una manera ordenada y económica.

6.3 Planificación de una red de telecomunicaciones

6.3.1 Necesidades del curso del tráfico

Los sistemas de acceso inalámbrico producen invariablemente situaciones de contienda en el acceso. Por esta razón, las consideraciones relativas a la ingeniería de tráfico son esenciales en la planificación del despliegue inicial y en el diseño de los sistemas de acceso inalámbrico y su posterior explotación. En las redes de acceso local cableadas «convencionales» («redes de acceso filar»), cada línea telefónica (o de datos) principal («servicio de acceso de red») está conectada entre el terminal y la central telefónica por un par de cable dedicado y único. Con esta disposición, no se producen situaciones de contienda, y no se necesita aplicar exigencias relativas al tráfico, puesto que todos los terminales pueden acceder a la central en cualquier momento.

Se encuentran también a disposición, y son ampliamente utilizados, los sistemas portadores de cable para bucle de abonado digital. Estos sistemas, dependiendo de su diseño básico, pueden implicar o no concentración. Si no existe concentración, cada línea telefónica principal tiene un acceso independiente a la central telefónica. Si el sistema proporciona concentración, su plan de despliegue debe tener en cuenta las consideraciones de ingeniería de tráfico descritas a continuación.

La ingeniería de tráfico de un sistema de acceso inalámbrico debe relacionar la capacidad del sistema para cursar tráfico con el tráfico esperado de los abonados que el sistema soportará. La experiencia indica que, en general, los abonados de negocios ofrecen mayor tráfico que los abonados residenciales, y que los teléfonos de previo pago ofrecen más tráfico que los abonados de negocios. El tráfico ofrecido por los abonados individuales varía dentro de una amplia gama y varía también con la hora del día. Cuando se presta servicio a abonados en zonas anteriormente no atendidas, la experiencia indica que sus tasas de llamada aumentarán con el tiempo.

Debe también considerarse el uso de servicios de datos. Un sistema que «apila» múltiples servicios de datos de baja velocidad en un sistema troncal único puede aumentar extraordinariamente la capacidad de tráfico de datos del sistema. Es también importante asegurar que se proporciona capacidad suficiente a las llamadas entrantes, en especial a las de larga distancia, para que puedan alcanzar su destino. Las llamadas de larga distancia entrantes que no pueden alcanzar su destino representan una pérdida de ingresos de valor elevado.

Una característica del flujo de tráfico es que la relación entre el número de enlaces troncales del sistema y la capacidad de tráfico no es lineal. Haces de enlaces troncales mayores proporcionan una capacidad relativamente superior, de modo que duplicando el tamaño de un haz de circuitos troncales la capacidad de curso del tráfico aumenta en más del doble.

La planificación del despliegue inicial y el diseño de un sistema de acceso inalámbrico deben utilizar la mejor información disponible. Después de la puesta en servicio del sistema, la calidad de funcionamiento del mismo con tráfico real debe supervisarse y gestionarse para determinar la exactitud con que la calidad en servicio concuerda con la calidad esperada, y efectuar los ajustes apropiados en caso necesario.

6.3.2 Explotación y mantenimiento

Para garantizar la prestación sostenida de un servicio de calidad elevada por el nuevo sistema de acceso inalámbrico, deben planificarse y adoptarse disposiciones para su mantenimiento y explotación continuados. Generalmente será preferible integrar estas funciones en la mayor medida posible con los procedimientos de explotación y mantenimiento ya establecidos para la red telefónica pública conmutada (RTPC) a la que se conectará el nuevo sistema de acceso inalámbrico. Amplias experiencias al respecto han señalado que la conformidad e integración con las disposiciones existentes resultan mucho más satisfactorias que la implementación de procedimientos exclusivos o especiales.

Los informes de averías de los abonados y los informes de fallos de los sistemas radio deben seguir los procedimientos y canales de información normales existentes. Desde la ubicación del centro de pruebas existente, deben poderse implementar procedimientos de prueba para el sistema radio y los terminales a él conectados. Los procedimientos de gestión de las reparaciones y de resolución de las averías deben estar de acuerdo con las configuraciones existentes.

Para un uso eficaz de los recursos humanos, el personal de telecomunicaciones que ya trabaja en el territorio o las zonas adyacentes deben capacitarse y equiparse adecuadamente para que pueda operar y mantener el nuevo sistema de acceso inalámbrico. La instalación, explotación y mantenimiento de distintos sistemas de acceso inalámbrico requiere diferentes niveles de especialización y adiestramiento en equipos de radiocomunicaciones. Desde el punto de vista práctico, el mejor nivel de especialización en radiocomunicaciones es el más bajo.

Para resolver las averías de los terminales móviles será en general apropiado transportarlos a un centro de reparación designado y emplazado convenientemente. En el caso de los terminales fijos, que a menudo pueden instalarse en comunidades distantes y relativamente inaccesibles, es necesario que el responsable de su instalación y mantenimiento tenga la capacidad de decisión y disposición apropiadas. En este caso, en particular, es claramente preferible emplear solamente especialistas en radiocomunicaciones de nivel bajo.

Deben implementarse las disposiciones de soporte adecuadas. Ello incluirá la capacitación necesaria de los operarios en los campos de su responsabilidad en cuanto a la explotación y el mantenimiento, así como la provisión de los conjuntos de prueba requeridos y un adecuado suministro de repuestos para reposición. Será también necesario disponer un soporte de campo que proporcione apoyo al personal de mantenimiento cuando los problemas reales sobrepasan su capacidad. También, como se ha señalado anteriormente, será cada vez más necesario supervisar y gestionar la capacidad de tráfico y la carga de tráfico del sistema, efectuando los ajustes apropiados cuándo y cómo sea necesario.

6.3.3 Red de conexión («Backhaul») – Conexión e integración de la red

En cualquier caso, el nuevo sistema de acceso inalámbrico se conectará a la RTPC a través de un conmutador telefónico situado en un centro de conmutación. Como se ha indicado anteriormente en la Fig. 1, el enlace entre el controlador/estación radio base y el conmutador se define como red de conexión. El controlador/estación radio base puede estar ubicado en el centro de conmutación, en cuyo caso la conexión es muy corta.

Sin embargo, si el controlador/estación radio base se encuentra alejado del centro de conmutación, debe instalarse la capacidad de red de conexión apropiada mediante fibra óptica, cable coaxial o cable de pares, o a través de otro sistema radio, por ejemplo un sistema de microondas punto a punto o punto a multipunto.

En el último caso, el sistema radio de red de conexión representa un desafío de planificación del despliegue independiente pero relacionada con el sistema de acceso. Ambos sistemas, el sistema de red de retroceso y el sistema de acceso inalámbrico tienen exigencias en términos de funcionalidad, capacidades de servicio, capacidad de curso y gestión del tráfico y las explotaciones y el mantenimiento. La instalación de la red de conexión mediante un sistema de microondas punto a multipunto junto con un sistema de acceso inalámbrico integrado proporciona estas facilidades de forma integrada y sin interrupciones dentro de un sistema de gestión único. Cuando el sistema radio de la red de conexión no ofrece esta integración, sus funciones y características han de ser razonablemente coherentes con el sistema de acceso inalámbrico.

Bajo estas circunstancias bastante críticas, el desafío de la planificación del despliegue de la red consiste en optimizar el plan y el diseño globales, sea integrando la red de conexión y el sistema inalámbrico, sea aprovechando la mejor oportunidad para relacionar las características de los dos sistemas radio separados.

6.4 Características radioeléctricas y dimensionado

6.4.1 Densidad de abonados

La densidad de abonados es un factor clave en la planificación del despliegue de un sistema de acceso inalámbrico, debiendo resaltarse que esta densidad se refiere a los «abonados» del sistema, y no meramente a la «población» de la zona. Dentro del concepto de densidad es de la mayor importancia conocer la distribución de las necesidades de servicio, tanto si estas necesidades se distribuyen de manera aproximadamente uniforme en toda la zona servida o, como es el caso más general, dónde y cómo se agruparán previsiblemente los abonados.

Debe también tenerse en cuenta el crecimiento de la base de abonados, puesto que no todos los clientes potenciales suscribirán el alta en el servicio. La experiencia indica que la base de abonados aumentará con el tiempo, y que debe reconocerse la dificultad inherente de predecir dónde y cuándo este crecimiento tendrá lugar.

En efecto, la información relativa a la densidad de abonados puede tener una repercusión importante en la elección del sistema, ya que algunos tipos de sistemas satisfacen las necesidades de las agrupaciones de abonados de modo mucho más rentable, mientras que otros resultan más adecuados para atender las necesidades de abonados aislados y extensamente distribuidos.

6.4.2 Zona de cobertura

La selección y definición de la zona de cobertura deseada es un asunto importante en la planificación del despliegue de un sistema de acceso inalámbrico. En este ámbito de decisión resultan claves tres factores que influyen y se relacionan entre sí. Estos tres factores son:

- la localización y distribución de la base de abonados/clientes estudiada;
- la capacidad de cobertura real del sistema en cuestión, considerando la topografía del terreno y las distancias en la zona que ha de servirse;
- la posibilidad de ampliar la zona de cobertura, y la base de clientes, de manera sencilla y económica cuando resulte apropiado llevarla a cabo según las perspectivas empresariales.

Estos tres factores son interactivos, afectando cada uno de ellos a los demás. Como resultado, el proceso de toma de decisión sobre la zona de cobertura será necesariamente iterativo, a fin de aproximarse de forma progresiva y alcanzar finalmente la solución óptima.

6.4.3 Planificación celular

La planificación celular de una zona de cobertura futura y deseada, es un tema fundamental de ingeniería de radio en la planificación del despliegue de un sistema de acceso inalámbrico. En este área de decisión se requiere un nivel importante de competencia y experiencia en ingeniería de radio. La planificación celular debe considerar la totalidad de la zona que se desea cubrir, incluso si la necesidad de cobertura no es continua. Por ejemplo, este sería el caso del servicio prestado a pueblos específicos separados a lo largo de una zona rural.

Son posibles varios planes celulares básicos. La selección de la alternativa más apropiada depende de todos los factores resaltados en este punto. Una vez seleccionado e implantado el plan celular,

éste permanece relativamente fijo. Los cambios futuros implicarán trastornos importantes. Una red bien planificada con una flexibilidad adecuada minimizará los trastornos y los gastos. En el § 8 del Anexo 3 se da más información sobre la planificación celular.

6.4.4 Aspectos de la propagación radioeléctrica

Este campo involucra aspectos muy fundamentales de la ingeniería de radiocomunicaciones. A continuación se examinan brevemente algunos aspectos importantes. En el Anexo 3 se recoge información más amplia y detallada.

Un aspecto fundamental a considerar en la propagación radioeléctrica es la existencia de una línea de visibilidad directa entre la antena del transmisor y la antena de receptor. Si hay visibilidad directa, puede asegurarse un servicio de buena calidad utilizando potencias menores en distancias más largas. Sin embargo, si no puede asegurarse la visibilidad directa, como es generalmente el caso en las aplicaciones que prestan el servicio en condiciones de movilidad del usuario, entonces el alcance asegurado quedará recortado y se necesitarán potencias más elevadas.

Otros factores que pueden influir en la propagación radioeléctrica son la topografía del terreno, por ejemplo un trayecto sobre una zona vasta y plana, como es el caso de una extensión de agua o una llanura. También influyen en la señal radioeléctrica las condiciones meteorológicas tales como la lluvia. Estos efectos varían significativamente según las distintas frecuencias. Su repercusión adversa puede reducirse notablemente utilizando configuraciones de diversidad, diversidad espacial y/o diversidad de frecuencia, si bien ambas medidas son complejas y costosas.

Otro aspecto dependiente de la frecuencia es el efecto sombra, que representa la amplitud con que la señal es atenuada o interceptada por montañas y en los valles, y por la presencia de edificios o árboles y bosques. Un aspecto adicional del tema es el apantallamiento que tiene lugar dentro de los edificios de estructura de hierro, que incluyen, por ejemplo, los garajes de aparcamiento y los centros comerciales.

Las características de propagación radioeléctrica varían con la banda de frecuencia seleccionada, la topografía del terreno y entorno natural, las condiciones climáticas y la existencia de obstáculos situados en el trayecto o en sus proximidades. El espectro disponible para un servicio específico depende de las atribuciones de espectro de los gobiernos y de la gestión del mismo. Todos estos factores influyen en la selección de una banda de frecuencias apropiada.

6.5 Sumario

Para realizar la planificación del despliegue de sistemas de acceso inalámbrico de manera exitosa se necesita un conocimiento y comprensión profundas en tres áreas distintas y separadas.

Estas áreas son:

- el plan comercial y la base de clientes/abonados afectada;
- un conocimiento sólido de la demografía y la topografía de la zona en la cual se va a desplegar/prestar el servicio;
- un conocimiento, experiencia y especialización en ingeniería de radio pertinentes y detallados.

Estas áreas de información implican a tres conjuntos completamente diferentes de especialistas y expertos. Casi siempre, el acceso a la información y especialización necesarias requerirá la implicación de al menos tres individuos diferentes. Es importante que estas personas trabajen conjuntamente de manera eficaz, de modo que los conocimientos, información y experiencia que cada uno de ellos aporte a la tarea se complementen con la de los demás, a fin de alcanzar la solución más exitosa.

Por su propia naturaleza, el proceso de planificación del despliegue del sistema es una actividad interactiva e iterativa. Resulta necesario y apropiado trabajar progresivamente en varias soluciones provisionales, cada una de las cuales aporte mejoras al resultado global, hasta alcanzar y acordar la solución óptima.

Hay que reconocer que la información de este punto no es definitiva. Se apunta el camino para planificar el despliegue de los sistemas de acceso inalámbrico de manera eficaz y exitosa, pero cada una de las áreas consideradas anteriormente es un campo principal de conocimientos y especialización por derecho propio.

CAPÍTULO 7

VISIÓN GENERAL DE LOS SISTEMAS DE ACCESO INALÁMBRICO FIJO

Los sistemas de acceso inalámbrico disponibles pueden describirse mediante los siguientes grupos y categorías. En los Anexos 4 y 5 se recoge una descripción más detallada de cada categoría de sistemas.

Los sistemas de acceso inalámbrico pueden basarse en normas de sistemas móviles digitales existentes o de nueva aparición, como las descritas en las siguientes Recomendaciones UIT-R y sus actualizaciones futuras:

- Recomendación UIT-R M.622 «Características técnicas y de explotación de los sistemas celulares analógicos del servicio móvil terrestre para telefonía de uso público»
- Recomendación UIT-R M.1073 «Sistemas celulares digitales de telecomunicaciones móviles terrestres»
- Recomendación UIT-R M.1033 «Características técnicas y operacionales de los teléfonos sin cordón y los sistemas de telecomunicaciones sin cordón»

Estos sistemas se resumen en el § 7.1 y se describen con más detalle en el Anexo 4.

Otros sistemas de acceso inalámbrico deben basarse en tecnologías radio propietario. Estos sistemas se resumen en el § 7.2 y se describen con más detalle en el Anexo 5.

7.1 Sistemas basados en normas de interfaz radioeléctrica existentes

Analógico	AMPS, TACS, NMT
Digital celular	D-AMPS/TDMA, IS-95 CDMA, GSM,
Sin cordón	DECT, PHS

7.1.1 Sistemas para el acceso inalámbrico fijo basados en D-AMPS/AMDT

Los sistemas de acceso inalámbrico fijo basados en D-AMPS/AMDT se ajustan a la norma IS-54. Actualmente en uso en cuatro continentes, los sistemas basados en D-AMPS/AMDT operan en modo analógico o digital en las bandas de frecuencias de 800 MHz o 400 MHz. Estos sistemas proporcionan una serie de características de abonado y de diseños de terminal flexibles. Un radiocanal puede soportar simultáneamente tres usuarios.

7.1.2 Sistemas de acceso inalámbrico basados en AMDC IS-95

Los sistemas de acceso inalámbrico basados en AMDC IS-95 utilizan tecnología de espectro ensanchado AMDC para entregar a los abonados servicios de voz y de datos de alta calidad. La interfaz aérea basada en AMDC IS-95 opera en las gamas de frecuencias de 800 MHz y 1 900 MHz, y otorga al operador la posibilidad de prestar múltiples servicios a los abonados con una utilización eficaz del espectro radioeléctrico.

7.1.3 Sistemas de acceso inalámbrico basados en GSM

Los sistemas de acceso inalámbrico basados en GSM permiten al operador prestar a sus abonados los servicios de voz, datos y mensajería con la tecnología digital GSM, 900 MHz, 1 800 MHz y 1 900 MHz.

7.1.4 Acceso inalámbrico fijo PHS

Los sistemas de acceso inalámbrico fijo basados en el sistema de telefonía sin hilos personal (PHS) está diseñado para las facilidades de acceso inalámbrico de las redes RTPC/RDSI que utilizan la norma de la interfaz aérea PHS. La norma de interfaz aérea PHS (que funciona en la banda de 1 900 MHz) se define en RCR STD-28 y se describe en la Recomendación UIT-R M.1033.

7.1.5 Sistemas de acceso inalámbrico basados en NMT

El sistema de acceso inalámbrico basado en el sistema nórdico de telefonía móvil (NMT) fue la primera norma de telefonía celular analógica que comenzó a explotarse comercialmente, en 1981. La norma NMT fue definida de manera conjunta por los operadores públicos de telecomunicaciones de los países nórdicos (Dinamarca, Finlandia, Noruega y Suecia). Las redes de estos cuatro países iniciaron su explotación comercial durante la última parte de 1981. La primera red NMT utilizó la banda de frecuencias de 450 MHz (de ahí NMT 450) y posteriormente se amplió a la banda de 900 MHz (NMT 900) por falta de capacidad, puesto que en esta banda se disponía de más radiocanales. Recientemente, ha sido revisada y mejorada la especificación NMT 450 original, convirtiéndose en la norma NMT 450i, que permite muchas más características y capacidades en esta gama de frecuencias.

7.1.6 Sistemas de acceso inalámbrico basados en DECT

Un sistema de telecomunicaciones sin cordón digitales mejoradas (DECT) utiliza una combinación del acceso múltiple por división de tiempo (AMDT) y el dúplex por división de tiempo (DDT). La norma DECT se define para la gama de frecuencias 1 880-1 939 MHz. El sistema DECT tiene perfiles normalizados especializados para las aplicaciones de acceso inalámbrico fijo, incluyendo el servicio telefónico ordinario (POTS) (telefonía, módem de datos en banda telefónica, etc.) y la transmisión de datos por paquetes hasta 552 kbit/s.

7.1.7 Sistemas de acceso inalámbrico basados en AMPS

Los sistemas de acceso inalámbrico basados en AMPS cumplen con la norma EIA/TIA 553 y se utilizan actualmente en cuatro continentes. Estos sistemas operan solamente en el modo analógico en las bandas de frecuencias de 400 MHz y 800 MHz. Las características se limitan en general al servicio telefónico básico y a los servicios de fax y datos dentro de banda con un canal RF que soporta un canal de tráfico.

7.1.8 Sistemas de acceso inalámbrico basados en TACS

Los sistemas de acceso inalámbrico basados en TACS cumplen con la especificación sobre compatibilidad de sistemas de comunicaciones de acceso total, Total Access Communications System Compatibility Specification, Issue 4 del Reino Unido. Los sistemas se utilizan actualmente en cuatro continentes y operan solamente en el modo analógico en las bandas de frecuencias de 800 y 900 MHz. Sus características se limitan generalmente al servicio de telefonía básica y a los servicios de fax y datos dentro de banda. Un canal de RF soporta un canal de tráfico. La principal distinción entre los sistemas AMPS y TACS consiste en que el sistema AMPS tiene canales de 30 kHz y los sistemas TACS tienen canales de 25 kHz. Por consiguiente, los sistemas TACS tendrán mayor capacidad para una anchura de banda dada.

7.2 Sistemas basados en tecnologías de interfaz radioeléctrica patentada

7.2.1 Sistema de acceso inalámbrico fijo de Nortel Networks Internet

El sistema de acceso inalámbrico fijo de Nortel Networks Internet se ha diseñado como alternativa a las líneas telefónicas tradicionales. Este sistema ofrece servicios de voz y de datos de calidad elevada y proporciona la transparencia de servicios procedentes de un conmutador local de clase 5. La estación de base radio conecta a un conmutador Nortel Networks o de terceros que emula a una central local o concentrador distante, utilizando la infraestructura soporte estándar de las redes. El sistema funciona en la banda de frecuencias de 3 500 MHz conforme al proyecto de Norma Europea de ETSI EN 301 021, 1997.

7.2.2 Subsistema de bucle inalámbrico SR500-s de SR Telecom

El subsistema de bucle inalámbrico punto a multipunto SR500-s de SR Telecom cubre el bache entre la central local y el domicilio del abonado completando el concepto de «radio a la vivienda» (RTTH). El bucle inalámbrico sustituye a la última rama del bucle local, es decir, a la línea de derivación a la vivienda, mediante un enlace radio. El subsistema de bucle inalámbrico ofrece un servicio fijo y transparente equivalente al servicio de redes filares sobre un trayecto radioeléctrico obstruido de 5 km a través de una interfaz aérea AMDT.

7.2.3 Sistema de acceso inalámbrico IRT de Tecnologías TRT/Lucent

El sistema de acceso inalámbrico IRT propietario de tecnologías TRT/Lucent es un sistema fijo digital AMDT punto a multipunto que opera en las bandas de frecuencias de 1,4 GHz o 2,4/2,6 GHz o 3,5 GHz, de conformidad con las disposiciones de canales definidas por las Recomendaciones UIT-R. El sistema facilita la conexión entre la central y el punto terminal de abonado. La conexión inalámbrica entre la última estación distante y el domicilio del abonado («el último kilómetro») utiliza la tecnología DECT. Este sistema digital transparente de extremo a extremo permite a los operadores gozar de todos los beneficios de la tecnología radio, con independencia de las características de la arquitectura de la red. Además, se facilita una movilidad limitada a los abonados.

7.3 Sistemas BWA

Los sistemas BWA típicos ofrecen servicios de acceso digital múltiple en alta velocidad utilizando una arquitectura radioeléctrica punto a multipunto. Con un funcionamiento en diversas bandas de frecuencia alrededor de hasta 70 GHz, dichos sistemas suelen proporcionar conexiones múltiples en velocidad primaria, así como conexiones de redes LAN con locales empresariales mono o multipropiedad. En el tramo aéreo se mezcla el tráfico vocal, de vídeo y de datos en forma de células ATM o de paquetes IP que se conectan sin discontinuidad con redes de conmutación/encaminamiento/ATM o IP en el emplazamiento celular. Los sistemas BWA ofrecen una alternativa competitiva a las facilidades alámbricas arrendadas de velocidad primaria y al acceso por cable coaxial.

El acceso inalámbrico en banda ancha se trata de forma general en el Capítulo 8, las consideraciones sobre el despliegue de sistemas BWA en el Anexo 6 y las descripciones de sistemas específicos en el Anexo 7.

NOTA – Proximity Reunion, y DMS son marcas registradas de Nortel Networks. SR500 es una marca registrada de SR Telecom. IRT es una marca registrada de TRT/Lucent.

CAPÍTULO 8

ACCESO INALÁMBRICO EN BANDA ANCHA

El acceso inalámbrico en banda ancha (BWA) surgió de una combinación de diversos desarrollos paralelos, principalmente los siguientes:

- el aumento de la demanda de los abonados sobre servicios variados y en número creciente a costos muy reducidos y con velocidades de datos cada vez mayores;
- el desarrollo de infraestructuras metropolitanas de fibra que ofrecían transporte en banda ancha en la gama de un enlace en ondas milimétricas de un solo salto a abonados potenciales especiales;
- la desreglamentación que promueve la competencia en el acceso local;
- la disponibilidad comercial de sistemas BWA de gran calidad y eficacia.

Las primeras aplicaciones BWA datan de los años ochenta, las aplicaciones en gran escala se iniciaron a finales de los años noventa en Estados Unidos. Fueron estimuladas por la Ley de Telecomunicaciones de 1996 que abrió el acceso local a la competencia, mediante la disponibilidad de la banda de frecuencias 38,6-40 GHz para utilización exclusiva del servicio fijo, así como por la disponibilidad de la banda del servicio de distribución multipunto local (LMDS) y la gama de 24, 26 y 28 GHz, así como por las aplicaciones de comunicaciones avanzadas, que incluyen el canal múltiple direccional en banda ancha y el servicio de distribución multipunto (MMDS) en la banda de 2,5-2,7 GHz.

Los § 8.1 a 8.8 sirven de complemento a los Capítulos generales 2 a 7, con los aspectos específicos correspondientes del BWA.

8.1 Requisitos de acceso

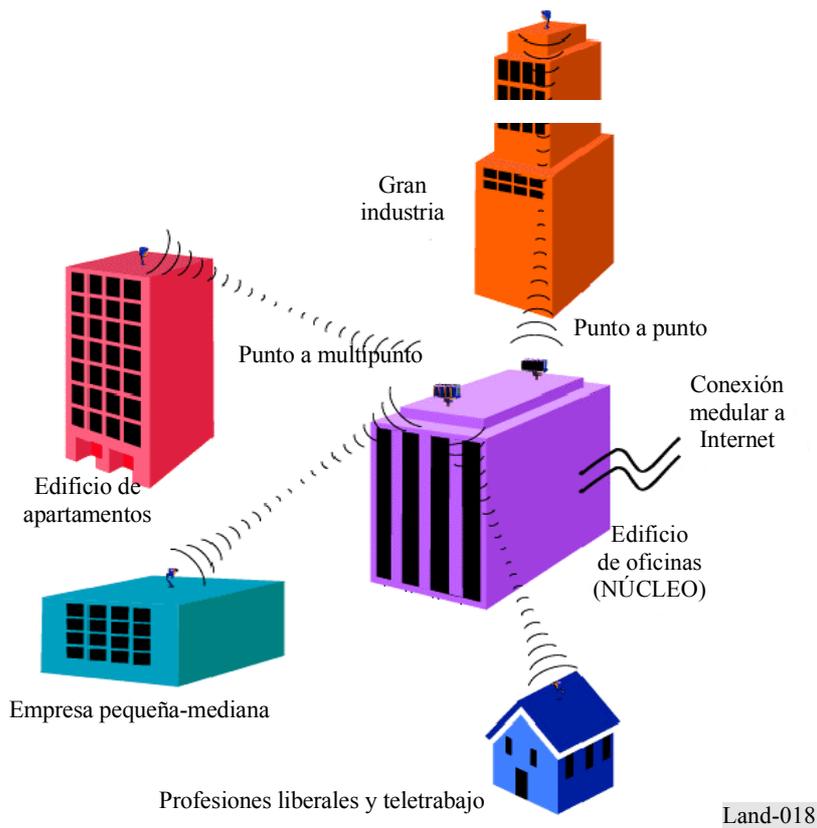
El BWA satisface una gama sustancial de requisitos de acceso para los que el acceso por fibra es en este momento otra alternativa. Actualmente, los distintos proveedores de BWA compiten entre sí en algunas áreas del servicio, pero en el futuro competirán cada vez más también con los proveedores de fibra y de otros accesos.

La Fig. 18 es una ilustración conceptual que abarca una gama de actuales aplicaciones potenciales del BWA en sistemas punto a punto (P-P) y punto a multipunto (P-MP).

Los sistemas BWA más extendidos funcionan en las bandas de 24, 26, 28 y 38 GHz, dando servicio a empresas y otros abonados cuyos requisitos de acceso van desde una velocidad primaria o fracción de ésta de 1,544 Mbit/s o 2,048 Mbit/s a la velocidad STM-1 de 155,52 Mbit/s. Está avanzando el desarrollo de un sistema para velocidades de datos de hasta 622,08 Mbit/s.

FIGURA 18

Ilustración conceptual del acceso inalámbrico en banda ancha



En diversas bandas de frecuencia que van desde 2,4 GHz a 31,3 GHz está surgiendo un desarrollo a gran escala del BWA con requisitos de acceso similares y que se está planificando en la banda de frecuencia de 40,5-43,5 GHz. El nombre genérico más extendido para esta categoría de BWA en banda ancha es el de sistema de distribución multipunto local (LMDS) que se acuñó para la propuesta inicial de un competidor de sistema inalámbrico de la televisión por cable, planificado en la banda de 28 GHz. A medida que avanzaba la planificación, quedó cada vez más claro que el tráfico rápidamente creciente de telecomunicaciones, incluyendo especialmente el de Internet, presentaba oportunidades comerciales para el BWA más prometedoras que las de la distribución de vídeo, y que todas las bandas de frecuencia disponibles en la gama 24,25-31,3 GHz podían utilizarse para la misma nueva clase de servicio. El desarrollo del LMDS discurre en paralelo a la evolución de los sistemas de distribución multipunto multicanal (MMDS) en la banda 2,5-2,7 GHz y a la distribución de vídeo para las aplicaciones del BWA digital. De forma similar, la banda de 40,5-43,5 GHz estaba inicialmente pensada para los sistemas de distribución de vídeo multipunto (MVDS) y estos últimos fueron más tarde sustituidos por los sistemas inalámbricos multimedia que han de incluir los MVDS.

Los § 8.5 y 8.8 del Anexo 6 ofrecen detalles adicionales sobre los requisitos de acceso.

8.2 Utilización del espectro

La provisión del BWA en términos competitivos a todos los abonados potenciales de una zona de servicio depende de la disponibilidad adecuada de espectro. Como las empresas y otros abonados que requieren acceso a velocidad primaria o superior están principalmente concentrados en zonas urbanas, industriales y universidades, la prestación del servicio a dichas concentraciones elevadas de abonados exige un espectro de frecuencia que vaya desde centenas de MHz a más de 1 GHz, en una banda de frecuencia adecuada para longitudes del enlace de hasta algunos kilómetros. Estos requisitos BWA pueden satisfacerse con los HDFS (véase el § 1.2.2) en bandas de frecuencia superiores a unos 17 GHz.

La Recomendación UIT-R F.1401 (Bandas de frecuencia para los sistemas de acceso inalámbrico fijo y metodología de identificación) indica que las aplicaciones BWA pueden llegar hasta unos 70 GHz. No obstante, es probable que el límite superior aumente a medida que avance la tecnología. La misma Recomendación incluye una metodología por pasos con la que identificar las bandas de frecuencia adecuadas para la implementación de los sistemas FWA. En esta metodología, las consideraciones sobre la compartición del espectro de frecuencias afectan considerablemente a la selección de bandas de frecuencia para las aplicaciones BWA, porque la mayoría de las bandas posibles están atribuidas a diversos servicios con carácter co-primario. Véase el Anexo 6.

Como los despliegues de HDFS para el BWA presentan generalmente una arquitectura celular, es preferible utilizar asignaciones por bloques de frecuencia sobre una base de zona, más que las asignaciones convencionales de canales de frecuencia por enlace. Con ello se asegura la flexibilidad necesaria del despliegue según la demanda de los abonados y se facilita la optimización de la reutilización de frecuencias que es de importancia clave en las aplicaciones HDFS.

8.3 Objetivos en cuanto a calidad y disponibilidad

La Recomendación UIT-R F.1400 (Requisitos y objetivos de calidad de funcionamiento y de disponibilidad para sistemas de acceso inalámbrico fijo a la red telefónica pública con conmutación) abarca los sistemas BWA de la categoría FWA de «Tipo 3» (que funcionan a la velocidad primaria o superior a ésta) y recomienda que dichos sistemas «cumplan con la Recomendación UIT-R F.1189 para las secciones de red de acceso».

La Recomendación UIT-R F.1189-1 (Objetivos de características de error para los trayectos digitales de velocidad primaria constante que funcionan a la velocidad primaria o superior, establecidos por sistemas de radioenlaces digitales que pueden constituir una parte o la totalidad del tramo nacional de un trayecto físico de referencia de 27500 km) otorga la flexibilidad necesaria en el establecimiento de objetivos de calidad, conforme a los requisitos de la aplicación que dependen del segmento del mercado BWA al que se da servicio. Por ejemplo, un sistema de distribución multipunto local (LMDS) en 28 GHz que dé servicios a abonados de TV analógica, tiene unos objetivos menos estrictos que los de un LMDS que dé servicios a abonados empresariales utilizando el BWA como sustituto para el acceso multimedia por fibra, el cual no es aún un competidor válido.

La Recomendación UIT-R F.1400 indica que en los sistemas FWA de Tipo 3 los objetivos de disponibilidad no están aún definidos. No obstante, para los Tipos 1 FWA («señales analógicas tales como las vocales y las de datos en bandas vocales en velocidades de hasta 64 kbit/s») y 2 FWA («servicio portador de acceso de 64 kbit/s a velocidades binarias inferiores a la velocidad primaria»), las disponibilidades recomendadas son del 99,99% «para aplicaciones de calidad media» y de 99,999% «para aplicaciones de gran calidad». Ninguna otra Recomendación UIT-R sobre disponibilidad abarca los sistemas BWA, porque la mayoría de los suministradores de este servicio y los planificadores suelen también citar unos objetivos de disponibilidad que van del 99,99% al 99,999%.

Significativamente, la tendencia histórica hacia unos objetivos demandados de calidad y disponibilidad suficientes (por ejemplo, disponibilidad del 99,9999%) continúa a medida que el avance tecnológico ofrece viabilidad en formas más rentables. La tendencia en los objetivos de calidad del BWA se acerca mucho a la del acceso por fibra, que será una necesidad cuando esta última esté disponible con costos competitivos.

En el § 8.8 y en el Anexo 6 se ofrecen más detalles sobre los objetivos de calidad y disponibilidad.

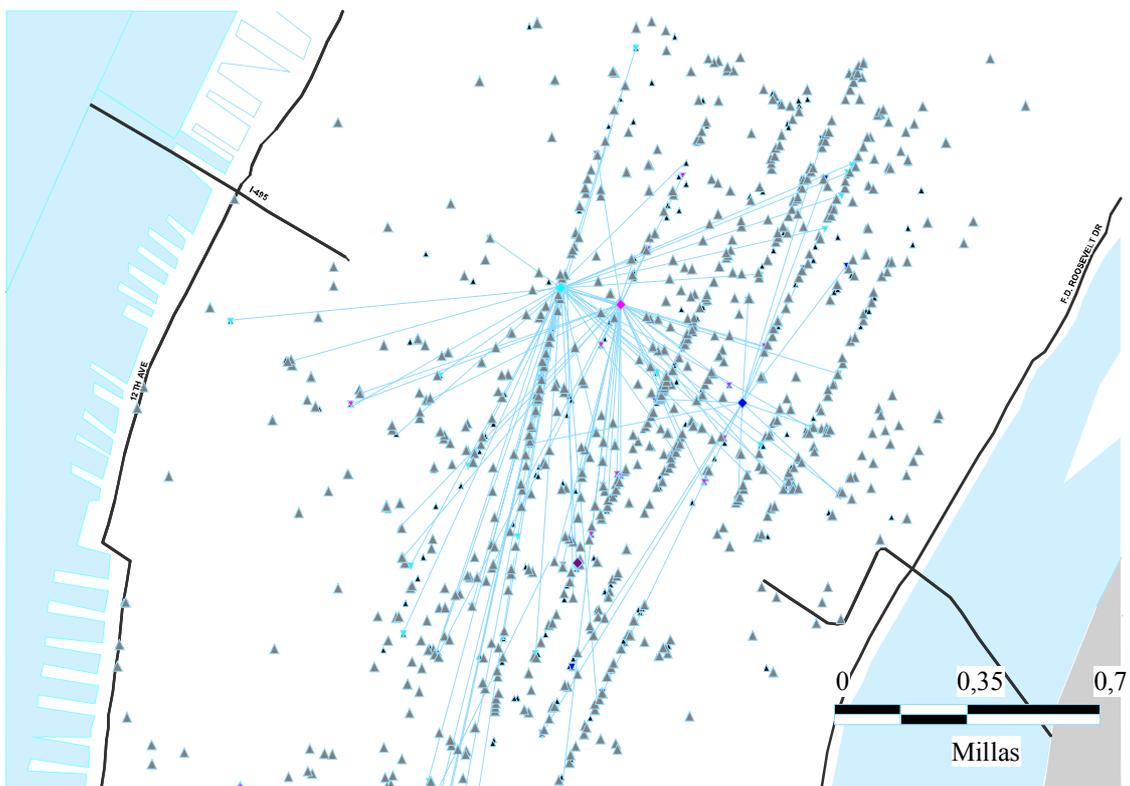
8.4 Condiciones de propagación

La atenuación debida a la lluvia es la degradación de propagación predominante en las frecuencias superiores a unos 17 GHz. Dicha atenuación se estima sobre la base de la intensidad de la precipitación para el objetivo de disponibilidad pertinente. El método aplicable figura en las Recomendaciones UIT-R P.530, UIT-R P.838 y UIT-R P.1410, utilizando estadísticas obtenidas de la Recomendación UIT-R P.837. Véase también el Anexo 6. La Recomendación UIT-R P.1410 describe la información de propagación y los métodos de predicción que han de utilizarse al diseñar los sistemas BWA terrenales que funcionan en una gama de frecuencias de unos 20-50 GHz.

8.5 Arquitectura BWA

La selección de la arquitectura BWA depende de los requisitos de servicio. Los enlaces punto a punto (P-P) pueden satisfacer una amplia gama de requisitos, que van desde el despliegue a pequeña escala, como puede ser el caso en algunos países en desarrollo, a los despliegues en gran escala de las zonas metropolitanas muy desarrolladas.

FIGURA 19
Diagrama real de despliegue BWA y puntos posibles de nuevos abonados



La Fig. 19 ilustra la fase inicial de un despliegue BWA real a gran escala compuesto de sistemas punto a punto (P-P) distribuidos en configuraciones nucleares. Ésta era la única arquitectura factible al principio del despliegue del BWA porque en ese momento sólo se disponía comercialmente de sistemas P-P. Su ventaja principal, independientemente de la densidad del despliegue, es la flexibilidad de éste para responder a la demanda del mercado.

La introducción posterior de los sistemas punto a multipunto (P-MP) en áreas de despliegue de sistemas P-P hizo aumentar más la flexibilidad del despliegue de BWA en aplicaciones HDFS. La utilización de sistemas P-MP reduce el costo del despliegue por abonado, porque el costo de una estación central común utilizada a su límite de capacidad o cerca de éste (por ejemplo, varios cientos de abonados) es considerablemente inferior al costo de una estación central compuesta del número equivalente de terminales P-P.

Los nuevos sistemas P-MP que funcionan en bandas de frecuencias por encima de 20 GHz utilizan prácticamente la misma arquitectura que los sistemas P-MP de ruta de poco tráfico con funcionamiento en las bandas de 1,5 y 2,5 GHz y que se introdujeron en los años ochenta en las zonas rurales de muchos países en desarrollo y en algunos países industrializados. En algunos de los primeros, dichos sistemas P-MP también se desplegaron como redes digitales superpuestas de poco tráfico en zonas metropolitanas con una infraestructura inadecuada de acceso local. En muchos países, se están empezando a introducir las redes BWA en la banda de 2,5 GHz.

También se están desarrollando sistemas multipunto a multipunto (MP-MP) que utilizan una topología de malla y con los que se prevé un nuevo aumento de la flexibilidad del despliegue y de la versatilidad de las aplicaciones BWA.

8.6 Realizaciones tecnológicas

La Recomendación UIT-R F.1101 (Características de los sistemas de relevadores radioeléctricos digitales por debajo de 17 GHz) incluye una comparación de estas técnicas básicas de modulación y codificación utilizadas en los sistemas BWA, mientras que su complementaria, la Recomendación UIT-R F.1102 (Características de los sistemas de relevadores radioeléctricos en bandas de frecuencias superiores a unos 17 GHz), abarca algunos aspectos tecnológicos adicionales de los sistemas P-P que interesan a las aplicaciones BWA. La Recomendación UIT-R F.755-2 (Sistemas punto a multipunto utilizados en el servicio fijo) abarca diversos sistemas P-MP que funcionan en las distintas bandas del servicio fijo desde unos 32 GHz a velocidades de datos de hasta 8,192 Mbit/s.

Las realizaciones tecnológicas de los sistemas P-P y P-MP disponibles comercialmente para aplicaciones de BWA han avanzado desde las técnicas de modulación simple (por ejemplo, MDP-4) a otras más complejas (MAQ-64) que mejoran sustancialmente la eficacia espectral. Se utilizan técnicas potentes de codificación para mejorar la calidad en términos de errores. El § 8.8 y el Anexo 6 ofrecen más detalles al respecto.

Los avances en términos de dispositivos semiconductores y de integración de circuitos aportan mejoras importantes en las generaciones sucesivas de equipo radioeléctrico. Los beneficios resultantes incluyen la mejora de la calidad de la transmisión, un consumo de potencia primaria inferior, el aumento de la fiabilidad, la reducción del tamaño y el peso y la mayor facilidad de instalación y mantenimiento. Significativamente, estos beneficios van acompañados de una reducción de los precios, lo que continúa mejorando la competitividad del BWA.

8.7 Planificación de la red BWA

Las consideraciones sobre la planificación de la red BWA pueden dividirse ampliamente en dos grupos: uno depende del emplazamiento y el otro se aplica en todo el sistema.

Las consideraciones principales dependientes del emplazamiento son:

- el parque potencial de abonados;
- la disponibilidad de espectro de frecuencias;
- la topografía y las estructuras artificiales;
- los derechos de acceso a edificios;
- la disponibilidad de una infraestructura local de fibra;
- las condiciones de propagación.

Si la evaluación del parque potencial de abonados justifica la planificación de un servicio local de BWA, y se dispone del espectro de frecuencias adecuado en la zona de servicio prevista, la consideración más importante se refiere al acceso al edificio para la instalación de estaciones centrales y de abonado. El acceso al edificio es el «derecho de paso» del BWA.

La disponibilidad de infraestructura local de fibra es conveniente pero no indispensable, porque puede en su lugar desplegarse una infraestructura de enlaces de microondas por un encaminamiento que se ajuste de forma óptima al parque potencial de abonados. Pero si existe una infraestructura local de fibra, su encaminamiento afecta a la selección de los emplazamientos de estación central del BWA. La expansión de una infraestructura de fibra con un enlace de microondas es un medio práctico de optimización de la red BWA para el doble fin de mejorar la cobertura de abonados sin reducir los costos de despliegue.

Las consideraciones sobre la planificación de la red BWA que se aplican en todos los sistemas son:

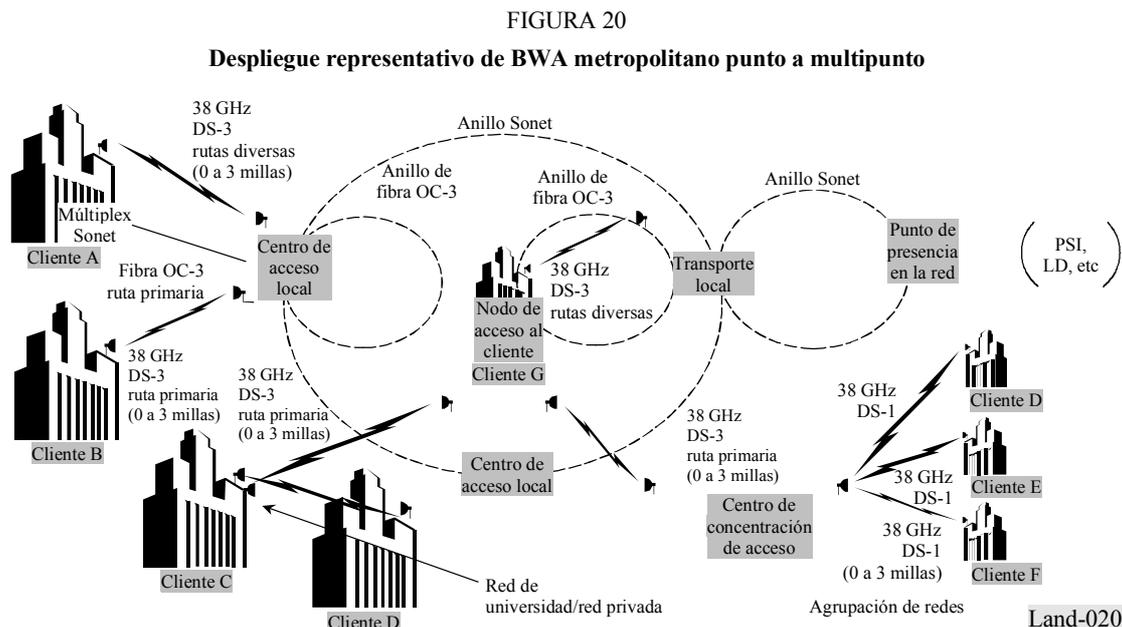
- los objetivos en cuanto a calidad y disponibilidad;
- la necesidad de una reutilización óptima de frecuencias;
- la disponibilidad comercial del equipo;
- la rentabilidad y la competitividad.

El § 8.3 señalaba la atención sobre la flexibilidad del proveedor del servicio BWA para establecer los objetivos de calidad y disponibilidad, y sobre el hecho de que este tema se refiere fundamentalmente a la competitividad. El § 8.8 y el Anexo 6 ofrecen algunos aspectos específicos.

La necesidad de una reutilización óptima de frecuencias es común a los sistemas celulares. No obstante, en comparación con los sistemas celulares del servicio móvil, la reutilización de frecuencias en el despliegue celular del BWA tiene más grados de libertad. Los sistemas BWA dependen no sólo de la reutilización de frecuencias entre células basada en la separación de emplazamientos, sino también de la reutilización amplia de frecuencias dentro de una célula basada en una combinación de la separación de los emplazamientos y del ángulo.

La disponibilidad comercial de equipos para aplicaciones BWA mejora rápidamente con la proliferación del servicio. Ello aumenta las opciones de los planificadores de la red BWA para atender a la demanda de los abonados que crece rápidamente en cantidad y variedad.

8.8 Panorámica de los sistemas BWA



La Fig. 20 ilustra un ejemplo de despliegue BWA multimedia que consta de una infraestructura en anillo de fibra y de un conjunto de estaciones centrales P-MP superpuestas con conmutadores ATM asociados que acceden a grupos de estaciones de abonado mediante antenas sectoriales. Las posibles variaciones no representadas en la Fig. 20 son la utilización alternativa o suplementaria de enlaces de abonado P-P, posiblemente con configuraciones de estación central y de enlaces P-P inalámbricos en una infraestructura BWA.

En comparación con los sistemas FWA convencionales para funcionamiento en las bandas de frecuencias inferiores que incluyen una serie de sistemas basados en las normas actuales de interfaz radioeléctrica de acceso inalámbrico móvil (MWA) (véase el Capítulo 7), los sistemas BWA actuales y en desarrollo, ya sean P-P y P-MP, utilizan tecnologías de interfaz radioeléctrica patentada, como suele ser habitual en los sistemas convencionales de microondas y ondas milimétricas. En el Anexo 7 se describen ejemplos de tales sistemas BWA.

No obstante, estimulados por los beneficios de las interfaces radioeléctricas normalizadas de los actuales sistemas MWA y FWA, los proveedores de servicio y suministradores de sistemas interesados se han lanzado a la normalización de las interfaces radioeléctricas para sistemas P-MP en todas las bandas del servicio fijo utilizadas actualmente o previstas para las aplicaciones BWA. Las interfaces radioeléctricas P-P no se incluyen específicamente en este momento. Con independencia del resultado, dicha labor de normalización promueve una mejor comprensión de los requisitos del BWA y contribuirá con ello al avance del desarrollo de sistemas y al despliegue de servicios.

La capacidad máxima compartida de los actuales sistemas P-MP en las bandas superiores a 20 GHz es de 45 Mbit/s. La norma IEEE 802.16 prevé una capacidad máxima de 155 Mbit/s y apunta hacia una norma que permita un aumento de esta cifra. El límite superior de los actuales sistemas P-P en algunas bandas de la gama 20-40 GHz es actualmente de 155 Mbit/s. El aumento hasta 622 Mbit/s es factible y cabe preverlo en la próxima generación de sistemas P-P.

CAPÍTULO 9

TECNOLOGÍAS FUTURAS PARA EL ACCESO INALÁMBRICO FIJO

9.1 Tendencias del mercado y la industria: convergencia de los servicios fijo, móvil y de radiodifusión

9.1.1 Introducción

Hoy en día, está aumentando la demanda de servicios de movilidad para atender a las necesidades de los abonados a la telefonía, así como a las necesidades de los que requieren acceso inalámbrico al correo electrónico y a la red Internet utilizando computadores portátiles. El volumen de tráfico telefónico estimado que se cursará por teléfonos móviles es del 50% e incluso superior. A menudo, este tráfico se establece con una conexión fija en un extremo o va por redes «fijas» (alámbricas e inalámbricas).

Las redes de radiodifusión (terrenales y por satélite) evolucionan desde las transmisiones exclusivamente unidireccionales de la TV y sonoras, a las comunicaciones interactivas. Esta interactividad hace que las redes de radiodifusión en banda ancha estén también disponibles para las transmisiones de datos por paquetes, tales como las que exigen las comunicaciones de tipo Internet.

El futuro del FWA es prometedor. A medida que el precio de los sistemas celulares y de otros sistemas de acceso inalámbrico se acerque al de la red fija, el tráfico móvil aumentará. Por otro lado, los proveedores de servicio Internet (PSI), la mayoría de los cuales se basan en redes «fijas» tratarán de ofrecer no sólo comunicaciones de datos, sino también tráfico telefónico, a un precio muy reducido comparado con el de los operadores tradicionales fijos y móviles.

9.1.2 Convergencia

El concepto de convergencia en el contexto de los servicios radioeléctricos se refiere a la transformación de las actuales facilidades heterogéneas en una plataforma única con capacidad de cursar servicios multimedia (telefonía, datos e imágenes) por una serie de redes fijas, móviles y de radiodifusión sin discontinuidades.

Las diferencias entre los servicios fijo, móvil y de radiodifusión se difuminan y pueden resultar arbitrarias a medida que se desarrollan nuevas aplicaciones.

Dicha convergencia permite a los usuarios acceder a cualquier forma de infraestructura de red que pueda dar lugar a economías de costos.

La convergencia puede también ofrecer nuevas oportunidades para:

- a) La entrada de nuevos operadores sin red, debido a las posibles economías resultantes de la compartición de recursos y a la flexibilidad de utilización de redes fijas, móviles o de radiodifusión.
- b) Una nueva clase de proveedores de servicio, tales como los PSI y los denominados operadores de redes virtuales (VNO). Se trata de compañías que ofrecen acceso directo a teléfonos móviles y a la RTPC a través de sus propias centrales de conmutación y plataformas de red Internet. Los servicios que se ofrecen generalmente en muchos países incluyen el correo electrónico y la conexión de acceso a la red Internet con una tarifa plana para el abonado y la posibilidad de servicios telefónicos, facsímil y de datos.

9.1.2.1 Convergencia de los servicios fijo y móvil

Por comodidad, los usuarios pueden desear utilizar un único número de teléfono para sus terminales fijo y móvil.

Como resultado de ello, diversos operadores de telecomunicaciones de Europa (tales como Deutsche Telecom, Tele Danmark y Telia) están efectuando ensayos de nuevas tecnologías de convergencia de servicios fijo y móvil para mantener su cuota de mercado y aumentar los ingresos. Esta forma de convergencia tecnológica suele utilizar un número de abonado telefónico para acceder a las redes fija y móvil incluyendo una movilidad limitada en algunos casos.

9.1.2.2 Convergencia de los servicios fijo y de radiodifusión

Las redes planificadas de radiodifusión en banda ancha de primera generación darán una gama de servicios que incluyen los de datos y multimedia al gran público. Para lograr la interactividad y el control de acceso, puede necesitarse un canal de retorno permanente que ofrezca una infraestructura de distribución asimétrica.

En el futuro, pueden necesitarse servicios multimedia por redes heterogéneas con acceso en banda ancha. Las redes de radiodifusión en banda ancha fijas e interactivas, que funcionan en varias bandas de frecuencias distintas, pueden configurarse para facilitar el acceso por demanda en banda ancha y la distribución con transmisiones binarias simétricas o asimétricas. Se requerirán diversas velocidades binarias (desde algunas decenas de bit/s a 10 Mbit/s e incluso más) para satisfacer las necesidades del usuario.

9.1.3 Entidades de reglamentación y operadores

Las entidades de reglamentación y los operadores tratan de hallar las formas de superar los obstáculos a fin de obtener un mercado competitivo de telecomunicaciones. Uno de estos enfoques es que las administraciones encarguen a sus operadores abrir sus redes locales a nuevos operadores. Es probable que se encargue también a los operadores móviles ofrecer interconexión móvil con las redes públicas (tales como la RTPC y la RDSI).

A fin de satisfacer las necesidades de los usuarios, los operadores tienen que poder ofrecer sus servicios sin interrupciones por las redes fijas, móviles o de radiodifusión.

A medida que fluctúe la combinación de tráfico móvil y fijo, los proveedores de servicio tendrán que aportar nuevas soluciones y servicios para mantener su cuota de mercado y aumentar los ingresos.

9.1.4 Aplicaciones del acceso inalámbrico fijo

El FWA se concibió inicialmente como un conjunto de sistemas radioeléctricos capaz de sustituir las líneas de acceso alámbricas, aprovechando las ventajas en cuanto al precio y el tiempo de instalación. El FWA se considera como la conexión inalámbrica entre el usuario final y las redes principales, tales como la RTPC, que no sólo sirven plenamente para los servicios alámbricos, sino que también pueden ofrecer soluciones genéricas con transparencia completa para los usuarios finales.

El acceso inalámbrico fijo en banda ancha (BWA) se adapta plenamente a la RDSI y a otros servicios de datos a gran velocidad, incluyendo las funciones de la red de gestión de las telecomunicaciones (TMN) y el acceso a los servicios de Internet y de vídeo.

La integración y flexibilidad que ofrece el FWA, incluyendo la banda ancha, le convierte en la aplicación principal para la convergencia. La convergencia entre las redes fija, móvil y de radiodifusión puede empezar a partir de las nuevas aplicaciones FWA, tales como la de los denominados sistemas de gran densidad del servicio fijo.

9.2 Tendencias de la tecnología

Los sistemas son cada vez más complejos lo que aporta los beneficios consecuentes, si bien los aumentos previstos del costo no se están materializando, debido a la innovación tecnológica y a las mayores economías de escala. En muchos casos, se están obteniendo ya economías de costos y ventajas en cuanto a calidad mediante la explotación de los avances en materia de sistemas móviles celulares, gracias al crecimiento rápido de estos mercados de masas.

Durante el próximo decenio, se prevén mejoras tecnológicas en las áreas siguientes:

- Arquitecturas múltiples. La mayoría de los sistemas FWA se configuran como sistemas P-MP. En el futuro, algunos de estos sistemas pueden ofrecer una arquitectura multipunto a multipunto (MP-MP). Estos tipos de sistemas han logrado una cierta aceptación en frecuencias inferiores, especialmente para las aplicaciones militares en ondas decamétricas, en las que la diversidad de ruta ha supuesto un gran beneficio en términos de resiliencia de la red y de flexibilidad del flujo de tráfico.
- Antenas adaptables, en ocasiones denominadas SDMA (acceso múltiple en el dominio espacial). La mayoría de los sistemas FWA no emplean dicha tecnología. Los sistemas de antena adaptable han empezado a utilizarse recientemente en los sistemas móviles celulares e inicialmente emplean esta funcionalidad únicamente en un sentido de RF. Algunos sistemas futuros (por ejemplo, los celulares móviles) emplearán una tecnología de antena plenamente adaptable en los enlaces ascendente y descendente. Con esta tecnología es posible compensar las fuertes interferentes y/o lograr una ganancia de diversidad adicional. Se dispone de diversos algoritmos de ponderación de antenas y la elección del correcto para la aplicación prevista supone un desafío significativo.
- Radiocomunicaciones programables. Al igual que con otros avances, éste puede beneficiarse considerablemente de la proliferación de sistemas móviles celulares, especialmente a nivel del circuito semiconductor. Puede reconfigurarse dinámicamente el transceptor mediante el control programable del esquema de modulación o incluso de la frecuencia, y además pueden lograrse actualizaciones de todo el sistema mediante carga a distancia en la red.
- Componentes. Existen y están surgiendo una serie de tecnologías para bandas superiores a 20 GHz. Los desarrollos recientes, tales como el de los MMIC (circuitos integrados monolíticos en microondas) han hecho que estas bandas, especialmente en la gama de 20 a 60 GHz, sean adecuadas para las aplicaciones HDFS. Se dispone comercialmente en el mercado de componentes y dispositivos para producción en masa de equipo asequible.
- Técnicas de utilización de frecuencia. Para aumentar más la eficacia espectral y la flexibilidad del servicio, es probable que los sistemas FWA avanzados (HDFS/BWA) empleen una gama de técnicas que pueden incluir distintas tecnologías dúplex y combinaciones de ellas, así como la atribución dinámica de la velocidad binaria, de la modulación y de la apertura del haz o el diagrama de la antena. Probablemente dichos sistemas contarán con la capacidad funcional de una disposición de canales variable o flexible; con ello, se facilita la transmisión de servicios simétricos o asimétricos, sobre la base de las necesidades, lo que es un factor importante para el crecimiento de los servicios inalámbricos. En términos de disposiciones de despliegue del servicio fijo, en el futuro próximo se asistirá a la utilización de cascadas en conexión (anillo) y convencionales («cadena selecta» o radioenlace) para esquemas P-P y multipunto (MP) que incluirán estructuras MP-MP (en malla), así como disposiciones P-MP e híbridas de todas ellas. La concentración en el sector aéreo es un aspecto distintivo importante en la utilización del sistema MP, si se compara con los sistemas P-P convencionales. Ya se han desplegado algunos sistemas MP que incluyen la infraestructura en banda, si bien se necesitan también muchos más despliegues del servicio fijo simplemente como especialización para el apoyo de la infraestructura de red en los despliegues

rápidamente crecientes de sistemas móviles/nómadas celulares a gran escala, es decir, los que no son de acceso, sino aplicaciones de infraestructura convencional. Debe señalarse que incluso los sistemas P-P utilizados en esta categoría bastante convencional de despliegue (infraestructura), aprovecharán estos avances en el diseño de sistemas y en la utilización del espectro, incluyendo el empleo de disposiciones de frecuencias por bloques, más que la disposición convencional de canales, lo que resultará afectado por la evolución del diseño de los sistemas MP, que son en gran medida sistemas de acceso. Se prevé que las futuras aplicaciones de acceso y de infraestructura converjan de alguna manera, y que ello exigirá enfoques más perfeccionados y flexibles para la arquitectura de los sistemas del sector aéreo y para los procesos de ingeniería del espectro y de gestión de frecuencias, así como su administración.

ANEXO 1

Terminología y acrónimos

1 Terminología y definiciones

Altura efectiva de antena	Aplicado normalmente a la estación de base, tiene en cuenta la variación del terreno a lo largo del trayecto y la altura del mástil. Si, por ejemplo, la altura del suelo en la estación de base es mucho mayor que la del sistema radio del abonado, la altura del mástil de la estación de base no describirá adecuadamente la diferencia de altura entre los dos extremos del enlace.
Calidad de cobertura	Porcentaje de ubicaciones dentro del radio de la célula que estadísticamente tendrán una intensidad de campo superior al valor umbral mínimo.
Central local	Central en la que terminan las líneas de abonado (Recomendación UIT-T Q.9, Fig. 1/Q.9).
Desvanecimiento temporal	Desvanecimiento experimentado en una ubicación fija durante un tiempo.
Disponibilidad de un radioenlace	Medición a largo plazo que describe el porcentaje del tiempo durante el cual la intensidad de la señal recibida es suficiente para proporcionar una calidad especificada. La no disponibilidad o interrupción del enlace puede ser causada por condiciones de propagación anómalas y desvanecimiento temporal.
Distribución de Rayleigh	Distribución de la envolvente de una señal recibida constituida por un número elevado de componentes de fase aleatoria. Se asocia típicamente con la transmisión multitrayecto cuando no hay una señal de trayecto directo importante.
Distribución de Rice	Distribución de la envolvente de una señal recibida constituida por una componente estacionaria junto con componentes aleatorias (Rayleigh). Las características de la distribución dependen de la relación entre la potencia de la componente estacionaria y la potencia de las componentes aleatorias, que se conoce como el factor k . Cuando la potencia de la componente estacionaria disminuye la distribución se acerca a la distribución Rayleigh. Se asocia típicamente con la recepción de un trayecto directo junto con alguna dispersión multitrayecto.
Distribución lognormal	Distribución de una variable positiva cuyo logaritmo tiene una distribución normal (gaussiana). Generalmente implica que la variable es el resultado de muchas causas individualmente insignificantes que se combinan multiplicativamente.
Ecos parásitos	Término general que describe las reflexiones en obstáculos como árboles, edificios, etc.
Intervalo de tráfico por interfaz aérea	Este término se refiere a un canal de comunicación por la interfaz aérea.
Margen de desvanecimiento temporal	Margen que hay que añadir al presupuesto del enlace para asegurar la disponibilidad del enlace radio requerida en presencia de desvanecimiento temporal.

Margen de sombra	Si se utiliza el presupuesto del enlace sin márgenes para calcular el radio de la célula, entonces, debido a la existencia de zonas de sombra, el 50% de las ubicaciones en el borde de la célula tendrán unas pérdidas de trayecto cuyo valor mediano es inferior al presupuesto del enlace. Esto da una calidad de cobertura baja en la célula completa. Para aumentar la calidad de cobertura hasta un nivel aceptable, es preciso añadir un margen al presupuesto del enlace. Esto tiene el efecto de reducir el radio de la célula con respecto al alcance limitado por el ruido. El margen depende de la calidad de cobertura requerida.
Pérdidas de trayecto	Relación (dB) entre la potencia recibida y la potencia transmitida medida entre antenas.
Perímetro de célula	Contorno que define la intensidad de señal o la pérdida de trayecto de un valor umbral determinado.
Portadores	Este término indica el número de radiocanales simultáneos que puede utilizar una estación de base.
Reflexión especular	Reflexión que ocurre cuando una onda radioeléctrica atraviesa la interfaz entre dos medios diferentes y la longitud de onda es pequeña en comparación con la «brusquedad» de la interfaz. En otras palabras, una reflexión «perfecta», no difusa.
Reutilización de frecuencias	La reutilización de frecuencias se describe mediante N y M , donde N es el número de posiciones de la agrupación de reutilización y M el número de sectores de la agrupación de reutilización.
Rotación de sector	En un plan de frecuencias sectorizado convencional, las células de reutilización (células en las cuales hay reutilización de frecuencias) estarían todas orientadas en la misma dirección. Con la rotación de sector, la orientación de la célula gira, típicamente en $\pm 120^\circ$, con respecto a las células de reutilización vecinas.
Servidora	Estación de base a la cual está unido un sistema radio de abonados.
Terreno casi regular	Terreno cuyo nivel medio no difiere en más de 20 m. Además la variación de altura interdecílica es menor de 20 m con subidas y bajadas suaves.
Terreno ondulado	Terreno sin colinas o valles «importantes». Se define con más exactitud como un terreno en el cual la variación interdecílica de la altura en un tramo de 10 km está comprendida entre 40 y 80 m.
Velocidad primaria	Velocidad binaria de transmisión de 1 544 kbit/s o de 2 048 kbit/s.

Zonas de Fresnel Aproximación de la zona en la cual la propagación del trayecto radioeléctrico puede verse afectada por ondas de carácter interferente. Los elipsoides de las zonas de Fresnel tienen la propiedad específica de que la longitud total del trayecto vía a cada uno de los elipsoides es $n\lambda/2$ mayor que el trayecto directo. Así, la primera zona de Fresnel da un trayecto indirecto de longitud $\lambda/2$ superior a la longitud del trayecto directo. En el punto medio del trayecto, la profundidad de esta zona de Fresnel es máxima. Cuando un objeto penetra en la primera zona de Fresnel se observa, consecuentemente, un aumento de las pérdidas con respecto a las pérdidas de trayecto en el espacio libre.

2 Acrónimos

AMDC:	Acceso múltiple por división (diferenciación) de código
AMDF:	Acceso múltiple por división de frecuencia
AMDT:	Acceso múltiple por división en el tiempo
AMPS:	Sistema de telefonía móvil avanzada (<i>advanced mobile phone system</i>)
AN:	Red de acceso (<i>access network</i>)
ANSI:	American National Standards Institute
ATM:	Modo de transferencia asíncrono (<i>asynchronous transfer mode</i>)
BCF:	Función común de la base (<i>base common function</i>)
BER:	Proporción de bits erróneos
BTR:	Transceptor de estación de base (<i>base station transceiver</i>)
BTS:	Estación transceptora de base (<i>base transceiver station</i>)
BWA:	Acceso inalámbrico de banda ancha (<i>broadband wireless access</i>)
C/I :	Relación portadora/interferencia
C/I_a :	Relación portadora/interferencia de canal adyacente
C/I_c :	Relación portadora /interferencia cocanal
CAI:	Interfaz aérea común (<i>common air interface</i>)
CATV:	Recepción de televisión con antena colectiva (<i>community antenna television</i>)
CBR:	Velocidad binaria comprometida (<i>committed bit rate</i>)
CCM (MSC):	Centro de conmutación de servicios móviles
CDPD:	Datos digitales en modo paquete celulares (<i>cellular digital packet data</i>)
CE:	Equipo común (<i>common equipment</i>)
CEB:	Controladores de la estación de base
Cellco:	Compañía de explotación del servicio móvil celular (<i>cellular company</i>)
CELP:	Predicción lineal con excitación por código (<i>code excited linear prediction</i>)
CEPT:	Conferencia Europea de Administraciones de Correos y Telecomunicaciones
CIS:	Subsistema de interconexión AMDC (<i>CDMA interconnect subsystem</i>)
CLID:	Identificación de la línea llamante (<i>calling line identification</i>)
COB:	Circuito en placa (<i>chip on board</i>)
CSU:	Unidad de servicio de canal (<i>channel service unit</i>)
CT:	Teléfono sin cordón (<i>cordless telephone</i>)
CTR:	Transceptor en los locales del cliente (<i>customer premises transceiver</i>)
CTT:	Correos, teléfonos y telégrafos
D-AMPS:	Sistema telefónico móvil perfeccionado digital (<i>digital advanced mobile phone system</i>)
dB:	Decibelio

DC:	División (diferenciación) de(por) código (DC – <i>code division</i>)
DCA:	Asignación dinámica de canales (<i>dynamic channel allocation</i>)
DCS:	Sistema celular digital (<i>digital cellular system</i>)
DDF:	Dúplex por división de frecuencia
DDT:	Dúplex por división en el tiempo
DECT:	Telecomunicaciones sin cordón digitales mejoradas (<i>digital enhanced cordless telecommunications</i>)
DLC:	Portadora de línea digital (<i>digital line carrier</i>)
DOCSIS:	Especificación de interfaz de sistema de datos por cable (<i>data over cable system interface specification</i>)
DRU:	Unidad radio de doble modo (<i>dual-mode radio unit</i>)
DSP:	Procesamiento de las señales digitales (<i>digital signal processing</i>)
DSU:	Unidad de servicio de datos (<i>data service unit</i>)
EB:	Estación de base
ETS:	Norma de Telecomunicación Europea (especificación técnica del ETSI)
ETSI:	Instituto Europeo de Normas de Telecomunicaciones
FSPTMT:	Futuros sistemas públicos de telecomunicaciones móviles terrestres
FWA:	Acceso inalámbrico fijo (<i>fixed wireless access</i>)
GOS:	Grado de servicio (<i>grade of service</i>)
GPRS:	Servicio general de radiocomunicaciones por paquetes (<i>general packet radio service</i>)
GPS:	Sistema mundial de determinación de posición (<i>global positioning system</i>)
GSM:	Sistema mundial para telecomunicaciones móviles (<i>global system for mobility</i>)
HDFS:	Sistema fijo de gran densidad (<i>high density applications in the fixed service</i>)
HLR:	Registro de posiciones de base (<i>home location register</i>)
ICP:	Periférico celular inteligente (<i>intelligent cellular peripheral</i>)
IDT:	Troncal digital internacional (<i>international digital trunk</i>)
IMT:	Telecomunicaciones móviles internacionales (<i>international mobile telecommunication</i>)
IN:	Red inteligente (<i>intelligent network</i>)
IP:	Protocolo de Internet (<i>internet protocol</i>)
LE:	Central local (<i>local exchange</i>)
LAN	Red de área local (<i>local area network</i>)
LMCS:	Sistema local de comunicaciones multipunto (<i>local multipoint communications system</i>)
LMDS:	Sistema local de comunicaciones multipunto (<i>local multipoint distribution system</i>)
LOS:	Línea de visibilidad directa (trayecto) (<i>line-of-sight</i>)
LTB:	Caja de terminación de línea (<i>line termination box</i>)
MAQ	Modulación de amplitud en cuadratura
MDMG:	Modulación de desplazamiento mínimo con filtro gaussiano
MDS:	Sistema de distribución multipunto (<i>multipoint distribution system</i>)
MIC:	Modulación por impulsos codificados
MICDA:	Modulación por impulsos codificados diferencial adaptable
MMDS:	Sistema de distribución multipunto-multicanal (<i>multichannel multipoint distribution services</i>)
MP-MP:	Multipunto a multipunto
MVDS:	Sistema de distribución vídeo multipunto (<i>multipoint video distribution system</i>)
MSC:	Centro de conmutación móvil (<i>mobile switching centre</i>)
MTM:	Módulo troncal de mantenimiento (<i>maintenance trunk module</i>)
MTX:	Central telefónica móvil (<i>mobile telephone exchange</i>)

MWA:	Acceso inalámbrico multimedio (<i>multimedia wireless access</i>)
N-AMPS:	Sistema telefónico móvil perfeccionado de banda estrecha (<i>narrow-advanced mobile phone system</i>)
NIU:	Unidad de interfaz de red (<i>network interface unit</i>)
NLOS:	Sin visibilidad directa (<i>non line-of-sight</i>)
NMT:	Sistema nórdico de telefonía móvil (<i>nordic mobile telephone</i>)
NNE:	Equipo de nodo de red (<i>network node equipment</i>)
NSS:	Sistema de conmutación de red (<i>network switching system</i>)
O&M:	Explotación y Mantenimiento (<i>operations and maintenance</i>)
OAM:	Explotación, administración y mantenimiento (<i>operations, administration and maintenance</i>)
OAM&P:	Explotación, administración, mantenimiento y suministro (<i>operations, administration, maintenance and provisioning</i>)
OCP:	Punto de control de operación (<i>operations control point</i>)
P-P:	Punto a punto
PACS:	Sistema de comunicaciones de acceso personal (<i>personal access communications system</i>)
PBX:	Centralita privada de abonados (<i>private branch exchange</i>)
PCS:	Servicio de comunicaciones personales (<i>personal communications service</i>)
PDA:	Asistente personal digital (<i>personal data assistant</i>)
PDTC:	Controlador troncal digital periférico (<i>peripheral digital trunk controller</i>)
PHS:	Sistema telefónico portátil personal (<i>personal handyphone system</i>)
P-MP:	Punto a multipunto
PMP:	Enlace de microondas punto a multipunto (<i>point to multipoint microwave radio</i>)
POTS:	Servicio telefónico ordinario (<i>plain old telephone service</i>)
PTM:	Módulo troncal de empaquetado (<i>package trunk module</i>)
RDSI:	Red digital de servicios integrados
RF:	Frecuencia radioeléctrica (radiofrecuencia) (<i>radio frequency</i>)
RGT(TMN):	Red de gestión de las telecomunicaciones
RLL:	Bucle local radio (<i>radio local loop</i>)
RLP:	Protocolo de enlace radioeléctrico (<i>radio link protocol</i>)
RSU:	Unidad de conmutación distante (<i>remote switch unit</i>)
RTPC:	Red telefónica pública conmutada
RTTH:	Radio a la vivienda (<i>radio to the home</i>)
SBS:	Subsistema banco de selectores (<i>selector bank subsystem</i>)
SDMA:	Acceso múltiple por división espacial (<i>space division multiple access</i>)
SEB:	Sistema de estación de base
SMS:	Servicio de mensajes corto (<i>short message service</i>)
SNR:	Relación señal/ruido (<i>signal to noise ratio</i>)
SOHO:	Profesiones liberales y teletrabajo (<i>small office home office</i>)
SRT:	Terminal radioeléctrico de abonado (<i>subscriber radio terminal</i>)
STM:	Módulo troncal de servicio (<i>service trunk module</i>)
T1/E1:	Sistema de transmisión de velocidad primaria (<i>primary rate transmission system</i>)
TAB:	Atado automático de cinta (<i>tape automated bonding</i>)
TACS:	Sistema de comunicaciones con acceso total (<i>total access communications system</i>)
TCP:	Protocolo de control de transmisión (<i>transmission control protocol</i>)
TFU:	Unidad de frecuencias de temporización (<i>timing frequency unit</i>)
TM:	Módulo troncal (<i>trunk module</i>)
UDP:	Protocolo de datagrama de usuario (<i>user datagram protocol</i>)
VLR:	Registro de localización de visitantes (<i>visitor location register</i>)

VNO:	Operador de red virtual (<i>virtual network operator</i>)
VPN:	Red privada virtual (<i>virtual private network</i>)
W-LAN:	Red de área local inalámbrica (<i>wireless local area network</i>)
WAP:	Protocolo de aplicación inalámbrica (<i>wireless application protocol</i>)
WBS:	Estación de base inalámbrica (<i>wireless base station</i>)
WCTX:	Centrex inalámbrico (<i>wireless centrex</i>)
WKTS:	Sistema telefónico inalámbrico de teclado (<i>wireless key telephone system</i>)
WL:	Bucle inalámbrico (<i>wireless loop</i>)
WLL:	Bucle local inalámbrico (<i>wireless local loop</i>)
WPBX:	Centralita privada de abonados de acceso inalámbrico (<i>wireless private branch exchange</i>)
WT:	Terminal inalámbrico (<i>wireless terminal</i>)

ANEXO 2

CONSIDERACIONES EN CUANTO A COMPARTICIÓN DEL ESPECTRO

Temas de ingeniería de espectro y gestión de frecuencias en el FWA: algunas consideraciones, incluyendo los planes de frecuencia

1 Introducción

Este Anexo examina los temas clave de ingeniería del espectro y la gestión de frecuencias relacionados con el FWA. La mayoría de los textos tienen carácter genérico, aunque las propuestas de nuevos estudios son en cierta medida específicas a bandas de frecuencias particulares. La mayoría del trabajo que aquí se describe se ha realizado en el marco de la CEPT, formando parte de los estudios actuales en apoyo de la utilización de los sistemas FWA en la Región 1 y de la labor para promocionar una armonización y normalizaciones más amplias en todas las Regiones, en cooperación con las entidades internacionales y regionales. Los textos disponibles preliminares se han adaptado en la presente versión para el JRG 8A-9B del UIT-R, confiando en que puedan ayudar en el examen de diversos temas importantes. El documento no supone una posición oficial de la CEPT, sino una información y pretende la promoción de un estudio más detallado, en particular por lo que se refiere a los planes de frecuencias y a la compatibilidad con otros sistemas y servicios.

Se abordan aquí los sistemas P-MP terrenales utilizados para el FWA. Estos sistemas incluyen generalmente la concentración en el sector aéreo y las disposiciones de despliegue celular contiguas (área, siendo necesario tener en cuenta diversas similitudes importantes, así como las diferencias, entre estos sistemas y los sistemas P-P convencionales por un lado, y los sistemas móviles celulares por otro.

No se examinan con detalle bandas específicas, y los textos son cualitativos más que cuantitativos.

Algunas de las consideraciones de este documento se refieren también a la compatibilidad de los sistemas FWA con los sistemas de otros servicios, y se están realizando más estudios de comparación en la Región 1 para las diversas bandas y los distintos escenarios.

1.1 Orientaciones sobre la coordinación y aspectos conexos

Se han identificado textos orientativos como requisito importante para la utilización eficaz del espectro disponible, incluyendo los temas interiores a un sistema, intersistemas e interservicios. A su debido tiempo se incluirá información sobre metodología del cálculo de la interferencia, parámetros de los sistemas, resultados del modelo de referencia para escenarios de modelos y alguna información sobre interpretación (incluyendo sensibilidades, identificación de hipótesis simplificadoras y otros factores que puede ser necesario considerar). En los puntos 2-5 siguientes se ofrecen ciertas consideraciones útiles sobre temas de ingeniería del espectro, incluyendo los planes de frecuencia para el despliegue conjunto a nivel geográfico de sistemas FWA.

2 Orientaciones en cuanto a la atribución de frecuencias

Para el despliegue conjunto de sistemas FWA en la misma zona geográfica, es necesario:

- Tener en cuenta las Recomendaciones regionales y de otro tipo sobre las bandas de frecuencias preferidas para los sistemas FWA.
- Atribuir espectro suficiente para que los operadores puedan ser competitivos; las subbandas no deben ser demasiado pequeñas para mantener la eficacia espectral, pues deben incluirse bandas de guarda, y siempre que sea posible, debe fomentarse la compartición¹.
- Tomar nota de que generalmente la eficacia óptima espectral se obtiene utilizando disposiciones contiguas más que no contiguas, considerando el diseño de los sistemas y los temas necesarios de separación de frecuencias.
- Prever el crecimiento del tráfico y recordar que en general, se necesita espectro contiguo, aunque algunos sistemas pueden facilitar la planificación utilizando espectro no contiguo.
- Tener presente que, mientras que la asignación de espectro a diversos operadores potenciales en una banda facilita la comparación de esquemas competitivos por dichos operadores, puede ser igualmente aceptable facilitar la competencia utilizando bandas diferentes.
- Tener en cuenta que si se asigna espectro en una banda a demasiados operadores, dicha medida puede resultar contraproducente en términos de eficacia espectral.
- Incorporar bandas de guarda adecuadas para reducir la interferencia, teniendo en cuenta las distintas combinaciones de las tecnologías utilizadas, a fin de lograr un compromiso aceptable entre la degradación de la calidad y las medidas necesarias de protección/reducción, incluyendo las bandas de guarda.
- Especificar para los sistemas DDF un plan congruente sobre las subbandas de frecuencia en sentido directo (estación central a estación terminal) y el inverso (estación terminal a estación central). Puede suponerse que, en general, el enlace directo (descendente) debe ir en la frecuencia más alta, al igual que se hace habitualmente en la mayoría de los sistemas celulares y de satélite, si bien ciertos casos excepcionales pueden dictar la inversa. Deben tenerse en cuenta las complicaciones adicionales de la utilización de una mezcla de sentidos ascendente/descendente.
- Tener en cuenta que para los sistemas DDT no es posible establecer la distinción entre sentidos de enlace directo e inverso, y que en este caso es necesario considerar escenarios de interferencia adicionales.
- Tener presente que al considerar el encaje de los sistemas P-MP con los sistemas P-P en la misma banda, por ejemplo en la banda 24,5-26,5 GHz, un enfoque interesante puede consistir en efectuar atribuciones regionales/nacionales adecuadas para cada tipo de servicio fijo desde los extremos opuestos de la banda, con la proporción de utilización total de ésta para cada tipo, determinándolo tal vez mediante consideraciones del mercado u otras necesidades.
- Actuar con cautela al comparar las distintas tecnologías y su utilización del espectro, considerando que no hay aún una orientación definitiva para comparar la eficacia espectral de manera simple; ha de considerarse el tamaño de las agrupaciones, las consecuencias de la mezcla de tecnologías conforme a estas directrices, la calidad y el grado de servicio, así como otros factores.

¹ Reparto equitativo y eficaz de la banda entre operadores de la misma región o zona, normalmente sin compartición de frecuencia.

- Utilizar parámetros reales/típicos, siempre que sea posible, para el cálculo de los factores de compatibilidad, en vez de únicamente los límites requeridos mínimos de las normas correspondientes, y tener en cuenta la sensibilidad de los resultados a dichos parámetros.

3 Planes de frecuencia

3.1 Generalidades

Para los sistemas FWA de despliegue conjunto es necesario:

- Tener presente que los planes de frecuencia del servicio fijo de hoy en día se han preparado por lo general para sistemas de telecomunicaciones P-P que utilizan DDF con anchuras simétricas de canal/subbanda, las cuales pueden no ser apropiadas para todos los sistemas FWA.
- Tener en cuenta que a menudo se necesitan servicios con asimetría *variable*, especialmente para las aplicaciones de banda ancha².
- Tener en cuenta que la asimetría puede lograrse:
 - apareando canales más estrechos en un sentido con canales más anchos en el otro;
 - utilizando distintos órdenes de modulación en un sentido respecto a los utilizados en el otro;
 - utilizando modulación multiportadora;
 - utilizando el DDT asimétrico en el espectro apareado.
- Tener en cuenta que con canales más estrechos en un sentido y más anchos en el otro se puede dar cabida al tráfico de forma eficaz únicamente cuando este tráfico presente una asimetría *fija* que se adapte a la relación de la anchura de canal/subbanda. Dicho enfoque de subbanda fijas es inherentemente menos eficaz para tráfico de asimetría *variable* que puede presentar *sólo a lo largo del tiempo* un sesgo a favor del sentido del canal que tenga la banda más ancha.
- Tener presente que es posible en algunos casos «aparear» enlaces en el sentido ascendente y descendente en bandas ampliamente separadas, por ejemplo, un enlace ascendente dentro de una banda junto con un enlace descendente de banda más estrecha en una banda inferior, a fin de lograr una asimetría fija para ciertas aplicaciones de banda ancha.
- Tener en cuenta que algunos sistemas inalámbricos multimedia, especialmente los derivados conceptualmente de los sistemas de tipo radiodifusión/distribución, pueden tener un canal/subbanda bidireccional, más que unidireccional. Todas las orientaciones que se ofrecen a lo largo de este documento se aplican a dicha situación.
- Tener en cuenta que pueden utilizarse distintos órdenes de modulación para los dos sentidos del tráfico a fin de ofrecer un grado limitado de asimetría (y que ello puede traducirse en diferentes características, en términos de alcance/robustez de los enlaces ascendentes y descendentes) y que esto puede permitir cierta asimetría *variable*, si el equipo es capaz de adaptar dinámicamente el esquema de modulación de forma independiente en los dos sentidos.
- Tener en cuenta que el DDT con atribución variable del tiempo en los sentidos ascendente y descendente puede ofrecer una forma de lograr aplicaciones con tráfico variable asimétrico.

² Por oposición al tipo de asimetría fija necesaria para, por ejemplo, los sistemas de tipo de vigilancia vídeo con capacidad de enlace descendente en banda ancha y capacidad de enlace ascendente en banda estrecha.

- Tener en cuenta la necesidad de fomentar un reparto equitativo en relación con las bandas de guarda. Por ejemplo, es prudente y justo que el primer operador FWA en una banda asegure que se incluye toda banda de guarda en la subbanda asignada.
- Observar que en general, un criterio de interferencia de -1 dB puede ser considerado adecuado en los cálculos de interferencia entre sistemas FWA y otros servicios, salvo indicación en contrario de las Recomendaciones UIT-R.

3.2 Asignaciones DDT en bandas con espectro por pares de frecuencias

3.2.1 Generalidades

En el caso de sistemas DDT con un plan de frecuencias basado en espectro normalizado por pares de frecuencias es necesario:

- Asegurarse de que la asignación DDT respeta los planes de canales para el esquema de canales DDF.
- Observar que cuando una parte de la banda inferior se asigna a un sistema DDT, la parte correspondiente de la banda superior debe también asignarse al DDT, y *viceversa*.
- Observar que para las aplicaciones *asimétricas fijas* basadas en DDF que funcionan con disposiciones de canales consideradas previamente adecuadas para utilización DDF *simétrica* (con anchura de canal iguales en las bandas superior e inferior), es posible aparear n canales de la subbanda inferior con m canales de la subbanda superior. Los canales «adicionales» $|m-n|$ no apareados pueden asignarse de forma eficaz a servicios DDT (incluyendo todo margen necesario de bandas de guarda).
- Tener en cuenta de que en este último caso, e independientemente de la disponibilidad de $m+n$ canales para servicios DDF asimétricos fijos, es posible asignar estos canales a uno o más canales DDT.
- Tener en cuenta la posibilidad de utilizar el intervalo central para el DDT siempre que se cumplan los requisitos del § 2.

3.2.2 Implementación

En el caso de sistemas DDT en bandas con un plan de frecuencia basado en espectro normalizado por pares de frecuencias, es necesario:

- Observar que puede haber aspectos particulares de ingeniería del espectro (tales como limitaciones en el contorno del transmisor y la necesidad de bandas de guarda) asociados al funcionamiento de sistemas DDT en una banda en la que ya haya un sistema DDF.
- Tomar nota de que puede utilizarse la polarización como discriminante de propagación del sistema, aunque ello ofrezca menos utilidad en frecuencias inferiores. Este aspecto puede ser útil para reducir la interferencia.
- Observar que pueden ser necesarios parámetros adicionales para la planificación de la coexistencia de sistemas DDT.
- Tener en cuenta que se ha comprobado que la verificación de la compatibilidad DDT con los sistemas DDF existentes supone una tarea mayor que la comprobación de la compatibilidad de un sistema DDF con otro sistema DDF existente (y la misma separación dúplex). Pero que una vez demostrada la compatibilidad en la subbanda inferior (o superior) puede darse por sentada la compatibilidad en la otra subbanda.

4 Despliegue de FWA

Para el despliegue conjunto de sistemas FWA en la misma zona geográfica es necesario:

- Considerar las ventajas de fomentar la cooperación entre operadores, a fin de minimizar la interferencia y el consecuente efecto económico, y de tratar de utilizar eficazmente el espectro.
- Observar que, cuando se propone el emplazamiento relativamente próximo de estaciones centrales pertenecientes a diferentes operadores, puede ser preferible la coubicación de dichas estaciones, a fin de minimizar y definir mejor el efecto proximidad/distancia. Esto puede ser especialmente adecuado en los casos en que los sentidos de la subbandas de frecuencia directa e inversa se mezclan o no están designados, por ejemplo cuando se mezclan distintas tecnologías/separaciones dúplex.
- Observar que, al considerar la compatibilidad con los sistemas P-P, las instalaciones CS y TS deben, siempre que sea posible, minimizar las alturas de antena P-MP y utilizar adecuadamente la discriminación angular de antena, incluyendo los nulos del diagrama polar, como reducción adicional y para minimizar las bandas de guarda.
- Observar que, al considerar la compatibilidad con los sistemas del SFS, deben tenerse en cuenta las Recomendaciones UIT-R disponibles, incluyendo cualesquiera directrices sobre el SFS y las alturas de antena P-MP, distancias de separación, gama visible de ángulos de elevación en visión, difracción adicional y otras medidas de reducción de la interferencia.
- Observar que, al considerar la compatibilidad con el SAR, es importante cumplir el Reglamento de Radiocomunicaciones UIT-R, teniendo en cuenta el efecto de agregación de los sistemas P-MP.
- Observar que, al considerar la compatibilidad con los sistemas de radiolocalización/navegación en bandas adyacentes o en países vecinos, deben tenerse en cuenta las Recomendaciones UIT-R pertinentes en vigor. Para los sistemas de radiolocalización/navegación que puedan estar en la banda, deben tenerse en cuenta las Recomendaciones UIT-R disponibles, incluyendo toda metodología específica necesaria con la que asegurar la compatibilidad para esa tecnología y tipos de radar particulares.
- Tener en cuenta la necesidad de planificar y desplegar antenas CS y TS que no sean menos direccionales de lo necesario para el despliegue pretendido del sistema y que no estén situadas a una altura mayor de la necesaria para asegurar el margen adecuado de calidad.
- Asegurar la implementación conveniente de toda medida necesaria de sincronización y de otro tipo para dar cabida a la mezcla de tecnologías.

5 Diseño del equipo

Para el despliegue conjunto de sistemas FWA en la misma zona geográfica es necesario:

- Tener en cuenta la importancia de la reducción al mínimo de las emisiones no esenciales y fuera de banda, mediante un diseño adecuado del equipo.

- Tener en cuenta la importancia de hacer máxima la selectividad de recepción (y observando que las normas pertinentes pueden ser insuficientemente detalladas o estrictas en todos los casos).
- Tener en cuenta la conveniencia, junto con el cumplimiento del nivel necesario de calidad y grado de servicio, de aplicar medidas que aseguren un control adecuado de la potencia de transmisión, la dinámica de canales/frecuencias y/u otras medidas adaptables para mejorar la compatibilidad.

6 Listas de comprobación y orientaciones

Las consideraciones de los tres puntos anteriores pueden constituir la base de una lista útil de comprobación en el estudio posterior de algunos temas sobre la compatibilidad FWA en la formulación de directrices que pueden ser necesarias para algunas situaciones de despliegue conjunto.

ANEXO 3

Criterios empleados en la evaluación de los sistemas y las tecnologías para el acceso inalámbrico fijo en relación con sus necesidades y requisitos

1 Consideraciones generales

El presente Anexo proporciona a los planificadores y diseñadores de redes de acceso inalámbrico fijo las directrices y procedimientos que deben seguir durante el diseño e implantación de la red. En el § 2 se repasan aspectos importantes de los trayectos radioeléctricos. Como la planificación de redes de acceso inalámbrico fijo es similar a la planificación de redes celulares móviles, en el § 3 se comparan las principales características. En el § 4 se describen modelos genéricos de redes radioeléctricas, mientras que en el § 5 se apunta el concepto de retícula hexagonal ideal. El proceso de planificación radioeléctrica se describe en los § 6 (nivel superior), § 7 (soporte para la planificación comercial), § 8 (planificación celular) y § 9 (análisis y optimización de la calidad de funcionamiento). Este Anexo concluye con un resumen de consideraciones sobre la planificación radioeléctrica que se recoge en el § 10, y que incluye listas de comprobación útiles en la planificación de un sistema de acceso inalámbrico.

2 Fundamentos de la planificación radioeléctrica: trayectos radioeléctricos

Las pérdidas de trayecto entre un transmisor y un receptor dependen, al menos en una primera aproximación, del alcance y del grado de obstrucción a lo largo del trayecto. Un trayecto radioeléctrico puede ser descrito como un trayecto en el espacio libre, un trayecto con visibilidad directa o un trayecto obstruido, dependiendo del grado de obstrucción.

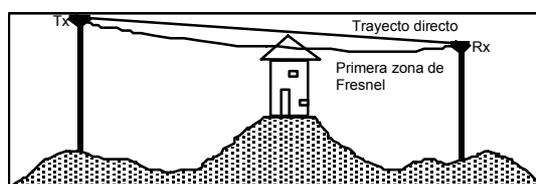
Es importante conocer que algunos sistemas de acceso inalámbrico no requieren trayectos con línea de visibilidad directa para funcionar. El grado de obstrucción que puede ser tolerado a lo largo del trayecto depende del presupuesto del enlace, los márgenes adicionales aplicados y el alcance que se desea conseguir. Un trayecto con línea de visibilidad directa solamente debería exigirse si un operador deseara utilizar el sistema en distancias muy largas, pero, incluso en estas condiciones, las pérdidas de trayecto superarían a menudo las pérdidas en el espacio libre.

Las Figuras siguientes ilustran los tipos de trayecto descritos. Un trayecto en el espacio libre es aquel en el cual existe un trayecto directo entre el transmisor y el receptor, y no existen objetos que penetren en la primera zona de Fresnel (un examen de las zonas de Fresnel y de los aspectos relativos a las mismas pueden encontrarse en textos como [Parsons y Gardiner, 1989; Calhoun, 1992; Boucher, 1995] o [Hess, 1993]).

Un trayecto con visibilidad directa incluirá trayectos en el espacio libre, pero también incluye trayectos en los cuales obstáculos característicos del terreno penetran en la primera zona de Fresnel, si bien todavía permiten un trayecto directo. Este trayecto tendrá unas pérdidas teóricas de 6 dB por encima de las pérdidas del trayecto en el espacio libre y se representa en la Fig. 21.

FIGURA 21

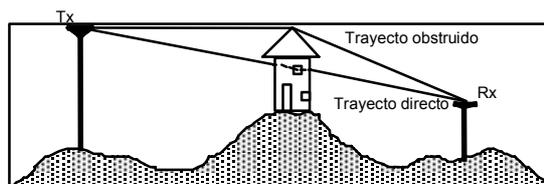
Trayecto con visibilidad directa



Un trayecto obstruido es aquel en el cual los objetos tales como el terreno, edificios, árboles y otras fuentes de ecos parásitos causan una obstrucción clara del trayecto directo. En este ejemplo, el trayecto indirecto se difracta en el borde del objeto. Este trayecto tendrá típicamente al menos 10 dB de atenuación por encima de las pérdidas del trayecto en el espacio libre, y se representa en la Fig. 22.

FIGURA 22

Trayecto obstruido



2.1 Atenuación debida a la lluvia

Los datos sobre la lluvia pueden calcularse a partir de los datos de intensidad de lluvia presentados en la Recomendación UIT-R P.837-1 y su conversión en valores de la atenuación como se recoge en la Recomendación UIT-R P.838 y en la Recomendación UIT-R P.530-5, § 2.4.1. La Recomendación UIT-R P.837-1 divide el mundo en zonas hidrometeorológicas y da la intensidad de lluvia excedida (mm/h) para distintos porcentajes de tiempo. Los mapas muestran que la mayor parte del Sudoeste de Asia y algunas partes de América Central son las zonas con mayor intensidad de lluvia. En estas Figuras la cifra registrada más elevada es de 250 mm/h, que es excedida durante el 0,001% del tiempo en la Zona P.

2.2 Propagación sobre agua

Si el trayecto entre el transmisor y el receptor de un enlace radio pasa por encima o próximo a grandes extensiones de agua, debe prestarse atención al diseñar el enlace global. La propagación de las ondas radioeléctricas por encima o en la vecindad del masas de agua difiere de la propagación sobre terreno seco. Esta diferencia de propagación es debida a los siguientes factores importantes:

- El aumento de la conductividad eléctrica de la superficie de propagación de las ondas radioeléctricas produce una atenuación relativamente menor para las mismas distancias. Ello significa que intensidades de señal razonables pueden recibirse en distancias más largas. Las superficies de agua tienen la característica de presentar planos de reflexión eficaces para las ondas radioeléctricas. Con geometrías del enlace adecuadas se puede producir una reflexión especular (particularmente en superficies de aguas tranquilas), dando origen al desvanecimiento por propagación multitrayecto.
- La propagación de la onda espacial a través de la troposfera se ve también afectada al incrementarse la probabilidad de que las condiciones atmosféricas sean propicias a la «propagación por conducto». Este fenómeno puede ocasionar una pérdida de la señal en distancias cortas y medias y la generación de interferencia debida a la propagación en distancias largas y transhorizonte.

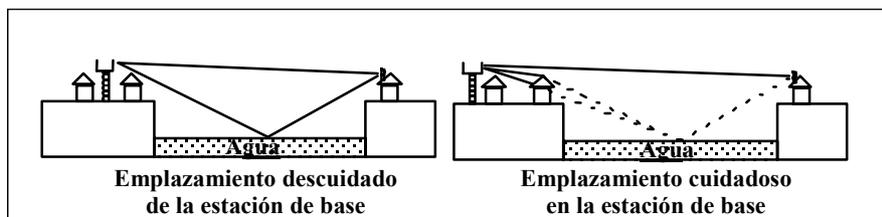
2.3 Evitación del desvanecimiento debido a reflexiones

En algunas situaciones puede evitarse el desvanecimiento de la señal debido a reflexiones adoptando precauciones sencillas.

- Si, para un enlace radioeléctrico problemático, los cálculos muestran que la reflexión de la señal se produce en una superficie reflectante conocida, tal como un terreno llano o sobre todo una superficie de agua plana, la resituación de las antenas en una nueva ubicación debe aliviar el problema. Ello puede ser especialmente eficaz si la señal reflejada aparece ahora obstruida. En la Fig. 23 se representa de manera muy sencilla esta situación, pudiendo apreciarse como la búsqueda cuidadosa de la ubicación de una estación de base (EB) situada cerca de una extensión de agua (por ejemplo, un estuario) puede evitar posibles problemas de propagación multitrayecto garantizando que el trayecto reflejado queda obstruido.

FIGURA 23

Selección de la posición de la estación de base para evitar los problemas debidos a la propagación multitrayecto



- Haciendo que la altura de una de las antenas sea lo mayor posible y que la altura de la otra sea lo más pequeña posible, el punto de reflexión se encuentra más próximo a la antena más baja. Ello ayuda a reducir la incertidumbre sobre la aparición de puntos de reflexión introducida por los cambios atmosféricos. El efecto de desvanecimiento se ve particularmente mitigado como resultado de esta medida la reflexión tiene lugar en una superficie menos reflectante. Por ejemplo, tal precaución es especialmente útil si el punto de reflexión de un enlace se desplaza desde la superficie de agua a la tierra circundante.
- Debe asegurarse que la combinación de alturas de la antena transmisora y la antena receptora eviten la atenuación debida a la «estructura de desvanecimiento vertical» causada por la suma de los trayectos directo y reflejado. Para el diseño adecuado de las alturas pueden utilizarse los cálculos de la norma UIT-R.

2.4 Propagación en ondas milimétricas

En las bandas comprendidas aproximadamente entre 10 y 60 GHz se utilizan para los locales del cliente antenas muy direccionales (apertura del haz 1-3°). El modelo de propagación que se aplica en este caso es generalmente el de espacio libre, con un pequeño margen fijo adicional para tener en cuenta la absorción atmosférica y un gran margen de desvanecimiento temporal. A diferencia de la propagación en frecuencias inferiores, el margen temporal de desvanecimiento no tiene en cuenta la propagación multitrayecto variable en el tiempo, sino las pérdidas debidas a la lluvia que son considerables y aumentan linealmente en dB con el alcance para una disponibilidad determinada. La mayoría de los sistemas se diseñan únicamente para funcionar en condiciones de visibilidad directa; no obstante, algunos sistemas concebidos para el acceso residencial con células muy pequeñas y alturas de antena bajas en los locales del cliente pueden incluir un margen para pérdidas debidas a la

vegetación ligera. En «Propagation losses due to foliage at various frequencies», J.E.J. Dalley, M.S. Smith & D.N. Adams, Proc. IEE Conference on Antennas & Propagation, Publ. No. 461, pp 267-270, March 31st – April 2nd 1999, figura información sobre pérdidas debidas a la vegetación en las frecuencias de ondas milimétricas.

Como la propagación se efectúa en el espacio libre y las antenas de estación de base suelen montarse por encima de otras masas del entorno, hay un gran potencial de interferencia cocanal base a base. Por tanto, los sistemas FWA utilizan DDF para eliminar la interferencia base a base o si no, cuando utilizan DDT, las estaciones de base deben estar sincronizadas de forma que no reciban nunca las transmisiones de otras estaciones de base.

Cuando la altura de la antena es próxima a la de los tejados y el sistema se diseña para cobertura con visibilidad directa, el tamaño de la célula tiende a limitarse a menos de 1,5 km, debido a los obstáculos naturales. Más allá de esta distancia, la probabilidad de que en cualquier local del abonado con altura de antena reducida haya una línea óptica de visibilidad directa a la estación de base se reduce. Con antenas montadas en las azoteas de grandes células de locales empresariales de múltiples plantas son posibles radios de hasta unos 5 km.

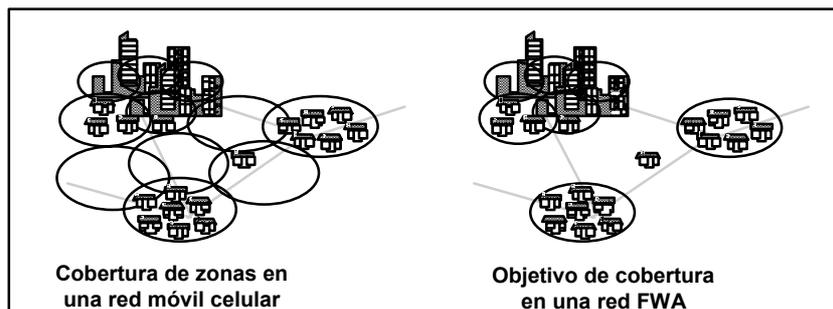
3 Comparación de la planificación de redes de acceso inalámbrico fijas y redes móviles celulares

La planificación de una red radioeléctrica fija es similar en muchos aspectos a la planificación de una red celular móvil. En ambos casos debe confeccionarse un plan celular que detalle la capacidad y cobertura radioeléctricas. Además, se debe proporcionar una red de retroceso, de transporte y de conmutación para interconectar las estaciones de base. Sin embargo, el crecimiento requerido de la red puede diferir radicalmente de una red móvil a una red de acceso radioeléctrico fijo.

El requisito inicial para el despliegue de un sistema celular móvil es normalmente la cobertura radioeléctrica. Existe una masa crítica en términos de cobertura radioeléctrica para la cual los abonados comprueban que pueden efectuar llamadas desde la mayor parte de las ubicaciones en las que se encuentran. Solamente en esta etapa la red móvil resulta atractiva a los abonados. En contraste, un abonado FWA no se verá afectado por la cobertura siempre que su propia ubicación fija pueda ser alcanzada. De este modo, los operadores de FWA pueden aumentar sus ingresos con un despliegue de cobertura limitado. La Fig. 24 ilustra como un operador FWA puede conseguir cobertura en zonas de población, mientras que un operador de servicio celular móvil debe proporcionar cobertura en zonas extensas a la vez que una capacidad elevada en zonas de aglomeración de usuarios.

FIGURA 24

Comparación de la cobertura de una red FWA y una red móvil celular



En el Cuadro 3 se presentan diversas comparaciones entre un sistema móvil celular y un acceso inalámbrico fijo.

CUADRO 3
Comparaciones del FWA y el sistema móvil celular

	Móvil celular	FWA
Generación de tráfico	Personas en movimiento con teléfonos móviles Escenario dinámico difícil de predecir con exactitud	Instalaciones estáticas Principalmente escenario estático, lo que probablemente permite una predicción más exacta y, en consecuencia, un ajuste mejor de la capacidad de tráfico
Propagación RF	Principalmente trayectos indirectos con desvanecimiento Rayleigh La antena móvil puede encontrarse en una multitud de entornos diferentes, que incluyen los interiores de edificios y los desplazamientos a velocidad elevada. La antena puede tener una dirección de polarización arbitraria Modelización menos detallada debido a la movilidad y al entorno multitrayecto más homogéneo	Trayectos de visibilidad casi directa con desvanecimiento de Rice y mejor emplazamiento de antena La antena del sistema radio del abonado está fija, normalmente en un nivel elevado con respecto a los ecos parásitos. La antena tendrá una dirección de polarización fija Modelización más difícil debido al entorno multitrayecto menos homogéneo. Los trayectos varían de trayectos con LOS a trayectos con ecos parásitos elevados (> 60 dB por encima de las pérdidas en el espacio libre)
Presupuesto del enlace	Márgenes para el traspaso y la penetración en edificios No se requiere margen de desvanecimiento explícito, pues se supone que los móviles se desplazan en una estructura de desvanecimiento (se incorpora un margen implícito en la sensibilidad del receptor)	No se requiere ningún margen para el traspaso o la penetración en los edificios Se requiere un margen de desvanecimiento temporal para tener en cuenta el ambiente no estacionario
Reutilización de frecuencias	Esquemas típicos: Células unidireccionales con una reutilización de 12 Células trisectoriales con una reutilización de 4,12 (también sectorizadas de 7,21 ó 4,24) No es aplicable la discriminación de polarización ya que la antena del móvil es omnidireccional	Esquemas típicos: Células omnidireccionales con una reutilización de 7 Células trisectoriales con una reutilización de 3,9 Se utiliza rotación sectorial y división de polarización para reducir la interferencia cocanal
Planificación del crecimiento de la capacidad	Sectorización, división de células y añadidos de sistemas de relleno de cobertura según se requiera	Requiere una planificación inicial, ya que la antena del sistema radio de abonado es directiva y hay que evitar trabajos de reapuntamiento a gran escala
Planificación celular	Antena del móvil omnidireccional, por lo que no es importante la orientación La antena móvil se fija típicamente a 1,5 m sobre el nivel medio del suelo	La antena directiva del sistema radio de abonado debe disponer de orientación controlada para la evaluación de C/I Antena del sistema de radio de abonado situada a una altura variable relacionada con las dimensiones del edificio, preferencias de instalación del operador y restricciones de planificación local
Planificación de la red	Se requiere la planificación de un sistema complejo BSC, MSC, VLR y HLR	Planificación simplificada de la red de retroceso

4 Modelos genéricos de redes de radio

Los sistemas de acceso inalámbrico pueden desplegarse en una gama diversa de mercados y entornos. Como consecuencia, los diseños de red cumplirán una gama extensa de objetivos de calidad de funcionamiento. Para examinar los parámetros y requisitos apropiados de la planificación radioeléctrica es útil agrupar las redes en modelos genéricos. Se han identificado dos modelos genéricos de redes radioeléctricas. Cada uno de ellos difiere extraordinariamente del otro en la naturaleza del despliegue y por tanto en los márgenes que deben aplicarse. Los dos modelos representan grados distintos de densidad es de abonados, y serán examinados y sus características resumidas.

4.1 Redes de acceso inalámbrico «estándar»

El acceso inalámbrico puede desplegarse para ofrecer el servicio en zonas cuya densidad potencial de abonados puede describirse como baja, media o alta. Esto es típico de la mayor parte de las zonas urbanas y suburbanas y también de algunas de las zonas rurales de muchos países densamente poblados. En este tipo de red la ubicación exacta de los abonados potenciales normalmente no se conoce en el momento de la planificación radioeléctrica, por lo que el objetivo de la misma es proporcionar una estimación estadística de la cobertura de radio. El despliegue de red de este tipo presenta las siguientes características:

- La ubicación exacta de los clientes no se conoce con anticipación, por lo que la previsión de la cobertura y del tráfico se efectúan para una zona pequeña (píxel) y no para una ubicación exacta.
- Las reglamentaciones, densidades de viviendas o la economía impiden el uso de mástiles elevados en los locales de los abonados para optimizar el trayecto radioeléctrico.
- El equipo de abonado solamente puede montarse en los locales de éste o en sus proximidades.
- Los trayectos radioeléctricos tienen normalmente visibilidad directa, por lo que existirá un grado importante de zonas de sombra.
- Se necesita una buena cobertura de zona para posibilitar la conexión de los clientes en cualquier lugar dentro de la zona de servicio prevista.
- El diseño de la red requiere disponer de la posibilidad de ampliar la capacidad a largo plazo de una manera flexible.
- El diseño y control de la interferencia son críticos para conseguir una capacidad de red óptima.

4.2 Redes rurales de baja densidad de abonados

En ciertos casos un operador puede desear ofrecer el servicio en zonas rurales dispersamente pobladas y con densidades de abonados muy bajas. Este tipo de red requerirá normalmente alcances de funcionamiento elevados para asegurar la viabilidad económica de la prestación del servicio, y en consecuencia los trayectos radioeléctricos hasta los abonados serán diseñados para optimizar las condiciones de propagación radioeléctrica. Este tipo de despliegue presenta las siguientes características:

- Densidades de abonados muy bajas, aunque el tráfico puede ser elevado en comparación con las densidades de abonados en algunas circunstancias, por ejemplo cuando se utiliza el servicio para el teletrabajo.
- Las ubicaciones en las cuales se necesita el servicio están generalmente bien definidas.
- El servicio se presta a abonados aislados comparativamente o a grupos pequeños de abonados, y requiere un funcionamiento de larga distancia.

- Las ubicaciones de la estación de base y del sistema radio de abonado se eligen de forma que la propagación sea óptima, obteniéndose generalmente un trayecto con visibilidad directa.
- En la ubicación distante la unidad de abonado puede estar situada de modo que proporcione un trayecto radioeléctrico punto a punto de buena calidad, con el sistema radio de abonado montado en un mástil en caso necesario.

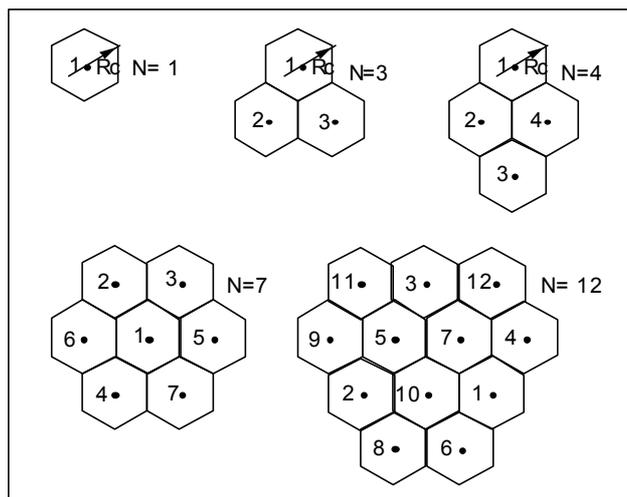
5 Cobertura hexagonal ideal

Para facilitar un diseño y análisis de redes de acceso inalámbrico de nivel superior, se utiliza el concepto de retícula hexagonal ideal. A los fines de la planificación, la zona que ha de cubrirse radioeléctricamente debe dividirse en células de una manera regular. Esto implica la representación de las células por un polígono regular elegido de modo que los polígonos formen agrupaciones en racimos (es decir las células se tocan sin que existan separaciones entre ellas). Comúnmente se utiliza el hexágono para este fin y presenta la ventaja de que se parece grandemente a la cobertura circular ideal de una célula.

Las agrupaciones de células típicas utilizadas en la planificación del acceso inalámbrico se ilustran en la Fig. 25. El «radio» de una célula hexagonal con la alimentación en el centro (R_c) se define como la distancia radial máxima, y el área de la célula es por ello igual a $2,6 R_c^2$.

FIGURA 25

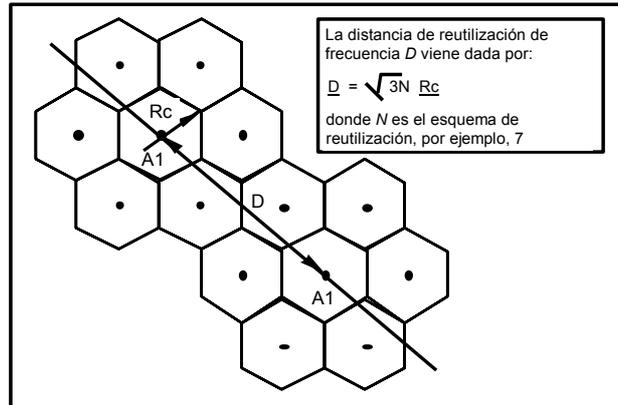
Agrupaciones celulares típicas



En la Fig. 26 se muestra un ejemplo de reutilización de frecuencias en una agrupación de 7 células. Un grupo particular de canales A1 se utiliza en una célula con un radio de cobertura R_c . Estos canales son reutilizados en otra célula del mismo radio de cobertura y situada a una distancia D .

FIGURA 26

Ejemplo de reutilización de frecuencias 7 células

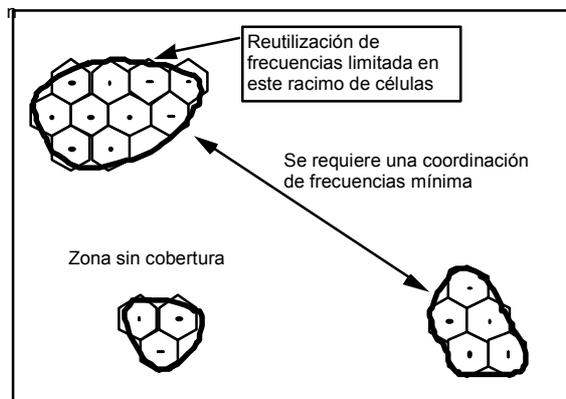


En general, la necesidad de dar cobertura continua a lo largo de zonas muy extensas puede ser un factor menos dominante en el diseño de una red de acceso inalámbrico que en el diseño de una red móvil celular, como se examina en el § 3. Se pueden por tanto describir dos condiciones de cobertura:

- Cobertura continua multicelular: Implica la reutilización extensiva de frecuencias dentro de la zona de cobertura. En virtud de lo anterior la retícula hexagonal puede considerarse infinita al efectuar los cálculos de interferencia. Esta condición puede ser representativa de las redes de capacidad elevada en ciudades grandes donde se emplea un número grande de células pequeñas.
- Cobertura selectiva aislada: Cobertura de «islas» pequeñas tales como enclaves de población con servicio limitado al interior de estas zonas de cobertura o a las comunicaciones entre ellas. Al efectuar los cálculos de interferencia se puede considerar una retícula con un número finito de células. Este escenario se ilustra en la Fig. 27.

FIGURA 27

Escenario de cobertura selectiva



En las redes de acceso inalámbrico se utiliza la sectorización para reducir el número de células en un racimo con reutilización de frecuencia, lo que da como resultado un aumento del número de canales radioeléctricos disponible por célula y en consecuencia un aumento del tráfico. La sectorización puede también utilizarse en aquellas situaciones en las cuales es necesario ampliar el alcance, ya que

las antenas sectoriales tienen una ganancia superior a las antenas omnidireccionales. Las posiciones sectorizadas pueden disponerse en dos formas genéricas, con alimentación en el centro de la célula y con alimentación en el vértice de la célula. Para reducir la interferencia en las redes de acceso inalámbrico puede utilizarse la técnica de la rotación sectorial. La naturaleza fija del acceso inalámbrico, junto con el uso de antenas de abonado directivas hacen posible la aplicación de esta técnica. En la estación de base se gira la orientación de los sectores, con lo que se puede aumentar la distancia a sectores interferentes. Para consultar detalles sobre planes celulares sectorizados véase Boucher [1995].

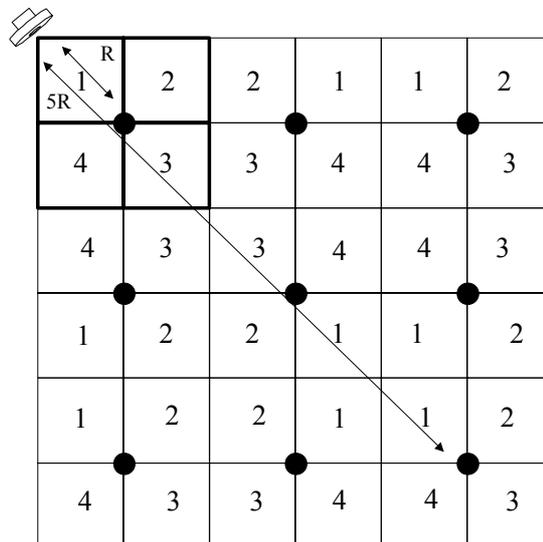
Para describir la reutilización de frecuencias se utilizan los términos N y M , donde N es el número de posiciones celulares en el racimo con reutilización y M el número de sectores en el racimo con reutilización. De hecho, diversos factores como la existencia de terreno dificultoso y la altura de la antena pueden limitar la distancia de reutilización.

5.1 Planificación de células en banda ancha

Reflejando la posibilidad en los sistemas BWA de una reutilización intensiva de frecuencias, dado que la antena del equipo situado en los locales del cliente (CPE) es generalmente muy direccional y de dispersión mínima con retículas cuadradas más que hexagonales, todas las frecuencias pueden reutilizarse al menos una vez en cada célula; es decir, el factor de reutilización de base es 1. Una tasa común es de 1,4, utilizando células de 4 sectores y asociando con simetría especular el esquema de reutilización entre células, tal como se muestra en la figura siguiente.

FIGURA 28

Esquema habitual de reutilización para células cuadradas de 4 sectores



Los puntos representan los emplazamientos de estación de base. Los contornos de cada célula de 4 sectores se representan por líneas continuas en la parte izquierda superior de la figura. Con este esquema, el espectro disponible se divide en cuatro grupos. Todos los grupos se utilizan una vez por célula. La misma frecuencia se reutiliza en el sector adyacente de la célula adyacente; no obstante,

el equipo situado en los locales del cliente de cada sector mira al lado opuesto del sector que reutiliza la frecuencia; por tanto, el cociente C/I_c se relaciona con el cociente frontal/trasero de la antena de los CPE. Se requiere por tanto una buena supresión de los lóbulos laterales traseros de la antena de los CPE, especialmente si se considera el desvanecimiento diferencial debido a la lluvia.

La reutilización codireccional cocanal más próxima se produce en un sector situado a cinco radios de célula. Por ejemplo, en un CPE en el sector del ángulo izquierdo superior de una estación de base codireccional cocanal situada en el ángulo derecho inferior. La relación C/I_c con la propagación en el espacio libre es de 14 dB en este caso. No obstante, se presentan a menudo otros factores que contribuyen a reducir aún más este esquema, tales como los de la probabilidad reducida de visibilidad directa desde las antenas bajas en los CPE en esta distancia.

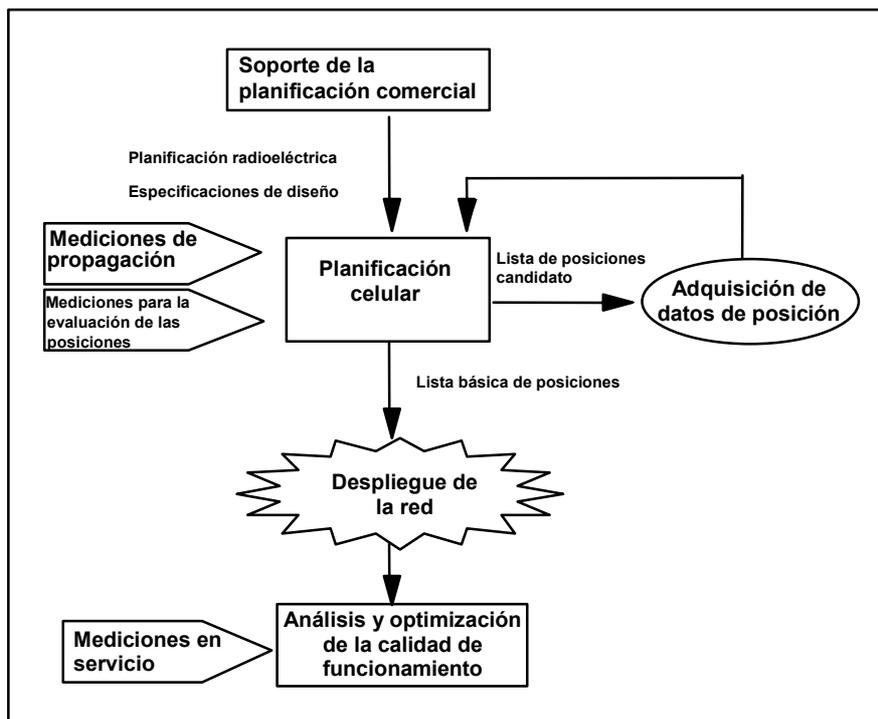
La utilización de polarización vertical y horizontal puede permitir una reutilización de frecuencias más intensa. No obstante, esto no es siempre conveniente, pues la polarización horizontal se asocia a una disminución del alcance al aumentar las pérdidas debidas a la lluvia y los requisitos en cuanto a aislamiento de polarización se hacen más estrictos.

6 Proceso de planificación radioeléctrica de nivel superior

La planificación radioeléctrica constituye una actividad substancial dentro del proceso de dimensionado de la red global. Este Manual utiliza como modelo básico de planificación radioeléctrica el representado en la Fig. 29. El proceso se compone de tres actividades principales, el soporte de planificación comercial, la planificación celular y el análisis y optimización de la calidad de funcionamiento. Se muestran algunas de las actividades soporte y los principales resultados de cada etapa. Si bien las diferentes fases se describen por separado, tendrán de hecho cierto grado de solapamiento a medida que el diseño de la red evoluciona desde su iniciación hasta su optimización, pasando por su desarrollo.

FIGURA 29

Proceso de planificación radioeléctrica de nivel superior



A continuación se describen las etapas individuales del proceso:

6.1 Soporte de planificación comercial

La planificación comercial abarca un amplio espectro de temas, pero el presente Manual describe solamente las actividades soporte que requieren datos de planificación radioeléctrica. El soporte de planificación comercial implica aspectos clave de la evaluación y generación del plan comercial de los operadores, basados en reglas sencillas de análisis de los datos de población, tráfico esperado, tamaño de las células radio, costes, objetivos de marketing, ingresos, etc. La propagación radioeléctrica solamente se considera en términos de reglas de planificación radioeléctrica de nivel superior. Las reglas de planificación se basarán en células hexagonales ideales, planes de frecuencia genéricos y modelos estadísticos de propagación que suponen un «terreno ondulado» o «casi regular».

Los resultados del proceso de planificación comercial son normalmente una estimación del número de estaciones de base y de la magnitud de la red de retroceso requerida para cubrir el país o la zona, una definición de las zonas que han de cubrirse, un plan de crecimiento de la capacidad, un plan ordenado de despliegue, los costes de red y un plan comercial.

6.2 Planificación celular

La planificación celular abarca la posición de las células y el modelado detallado de la capacidad y cobertura de las mismas. Un primer objetivo consiste en producir una lista de posiciones candidato que proporcione datos completos de todas las ubicaciones y configuraciones. Ello permitirá a los equipos de recogida de datos de posición iniciar sus trabajos, y a los grupos de planificación de la transmisión evaluar y planificar las redes de retroceso y de conmutación antes de completar la planificación detallada. Puede ser necesario efectuar un ajuste fino de los modelos de propagación con el fin de optimizarlos para ambientes nacionales y regionales específicos. Un soporte adicional para la adquisición de datos de posiciones puede estar constituido por mediciones en ubicaciones problemáticas o marginales específicas. El resultado de esta fase es un diseño de célula/red con una calidad de funcionamiento verificada (en la herramienta de planificación) en relación con los objetivos de cobertura y capacidad, así como una lista básica de posiciones.

6.3 Análisis y optimización de la calidad de funcionamiento

El objetivo del análisis y optimización de la calidad de funcionamiento de la red es alcanzar la calidad de funcionamiento óptima de la red de acceso inalámbrico en cualquier fase dada del ciclo de vida de la red. Las actividades de esta fase incluirán la verificación de la cobertura y la interferencia y la gestión de los planes de crecimiento. Esta actividad estará soportada por mediciones en servicio que utilizan equipo de reconocimiento y por las capacidades de diagnóstico y medición de la propia red.

6.4 Estimación del tráfico y cálculo de las necesidades de espectro

Puede utilizarse la metodología de la Recomendación UIT-R M.1390 para estimar el tráfico FWA y los correspondientes requisitos en cuanto a espectro.

7 Soporte de la planificación comercial

La descripción completa de un proceso de planificación comercial cae fuera del ámbito de este Manual. Este punto describe solamente las entradas al proceso relativas a la planificación radioeléctrica.

La planificación comercial tendrá lugar generalmente en la etapa de oferta de las negociaciones del contrato. Puede repetirse la planificación posteriormente, una vez que el contrato ha sido adjudicado, con el fin de refinar el diseño de red de nivel superior y confirmar, antes de que se inicie el diseño detallado de la red, que los objetivos de los operadores no se han modificado. Los aspectos radioeléctricos de la planificación comercial habrán de confirmarse siempre antes de que pueda iniciarse la planificación celular.

El objetivo del soporte de planificación comercial es producir entradas clave para el plan de negocios del operador basándose en reglas sencillas de análisis de datos de población, tráfico, tamaños de las células radioeléctricas, costos y objetivos de servicio del operador. Estas entradas permitirán al operador evaluar la viabilidad económica de la red en términos de condiciones de mercado, potencial de ingresos y coste del sistema.

Normalmente la planificación comercial se completa utilizando modelos en hoja de cálculo de la red. Se trata de modelos sencillos del tráfico y la densidad de abonados, el coste de los equipos y la cobertura radioeléctrica del hexágono ideal.

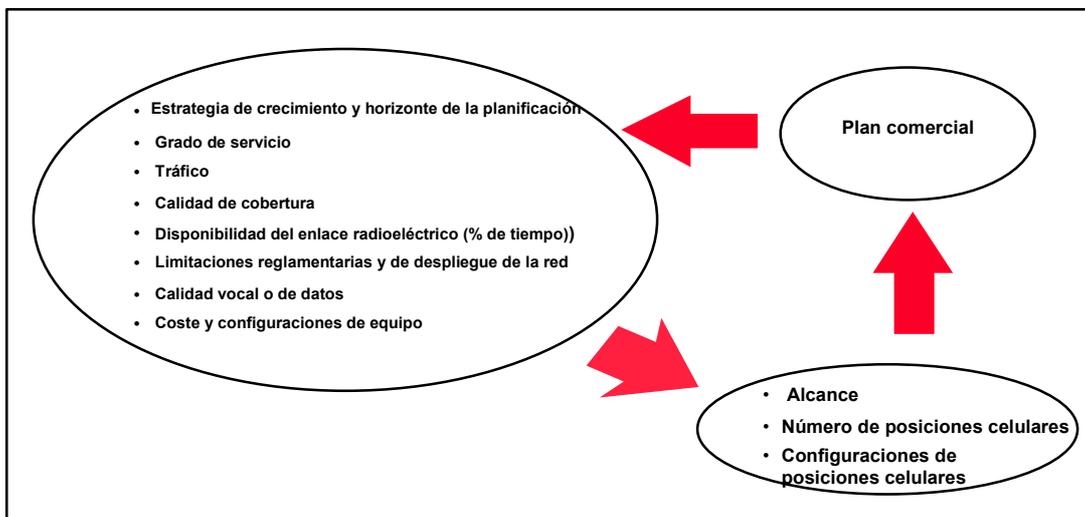
La propagación radioeléctrica solamente se considera en términos de reglas de planificación radioeléctrica de nivel superior. Las reglas de planificación estarán basadas en células hexagonales ideales, planes de frecuencia genéricos y modelos de propagación estadísticos que suponen un «terreno casi suave» o «terreno ondulado». Para determinar los alcances radioeléctricos que han de utilizarse en la planificación comercial, deben considerarse algunos objetivos de diseño de la red.

7.1 Entradas clave del soporte de planificación comercial

La cobertura y penetración radioeléctricas son de importancia estratégica primordial para la planificación comercial. Un porcentaje elevado del coste de capital de la infraestructura de red total ha de aplicarse a proporcionar la cobertura radioeléctrica. Por ello es extremadamente importante conseguir un equilibrio óptimo coste/calidad de funcionamiento en una red de acceso inalámbrico. Como parte del proceso de planificación comercial, el operador de la red ha de efectuar algunas elecciones fundamentales relativas a los objetivos de diseño de la red radioeléctrica que se ilustran en la Fig. 30. Estas elecciones afectarán directamente al número de posiciones de estaciones de base y su configuración.

FIGURA 30

Elecciones clave que debe efectuar el operador



- Grado de servicio: Se define como la probabilidad de bloqueo de llamadas en la hora cargada.
- Calidad vocal o de datos: Se define en el presupuesto del enlace en términos de BER.
- Cobertura: Definiciones de áreas o zonas y de objetivos de cobertura como la calidad de cobertura. La calidad de cobertura se define como el porcentaje de ubicaciones dentro del radio de la célula que estadísticamente tendrán una BER mejor que el valor umbral mínimo.
- Disponibilidad del enlace radioeléctrico: Porcentaje de tiempo durante el cual la intensidad de la señal recibida es superior a un valor umbral mínimo (umbral que viene determinado por los objetivos de calidad de telefonía o datos).
- Tráfico: Tráfico ofrecido por abonado expresado en E/abonado, repartición del tráfico entre tráfico vocal y de datos (servicio telefónico ordinario/fax o datos), densidades de abonados y crecimiento previsto.
- Estrategia de crecimiento y horizonte de la planificación: ¿Hace que el diseño de la red tenga un plan de crecimiento, pudiéndose incorporar cambios al plan comercial?
- Terreno y superficie del suelo (ecos parásitos): Los diferentes mercados presentarán entornos de propagación que varían notablemente. Por ejemplo, en algunas circunstancias específicas las condiciones de propagación pueden permitir considerar redes rurales de larga distancia. En la mayoría de los casos serán aplicables los modelos de planificación comercial descritos en este Manual y el proceso descrito en el punto siguiente proporcionará distancias típicas.
- Limitaciones reglamentarias y de despliegue de la red: Requisitos o limitaciones de la licencia, disponibilidad del espectro, limitaciones con respecto al tamaño o ubicación de los mástiles, alturas de las antenas de abonado, etc.
- Porcentaje aceptable de la superficie de la célula que puede verse afectada por la interferencia: La aplicación de esquemas de reutilización de frecuencias estrictos permiten diseñar redes de capacidad elevada pero en las cuales un pequeño porcentaje de la superficie de la célula estará sometido a interferencia. El límite aceptable determinará el esquema de reutilización y por tanto la capacidad que puede conseguirse de la red.
- Coste y configuraciones del equipo: Tipos de equipo, sectoriales/omnidireccionales, costes de los mástiles, etc.

7.2 Resultados clave del soporte de planificación comercial

Los resultados de la fase soporte de planificación comercial son generalmente una estimación del número de estaciones de base y de la magnitud de la red de retroceso requerida para cubrir el país o la zona, una definición de las zonas que han de cubrirse, un plan de crecimiento de la capacidad, un plan ordenado de despliegue y los costes cuantificados de la red.

7.3 Mediciones asociadas con el soporte de planificación comercial

Durante la fase de planificación comercial puede ser preciso disponer de mediciones de propagación para el ajuste fino de los modelos de propagación estadísticos en entornos específicos o «inusuales». Pueden entenderse como «inusuales» los entornos o despliegues de la red que se apartan de las condiciones de validez establecidas para los modelos, por ejemplo la necesidad de alturas de estación de base muy elevadas o la existencia de vegetación tropical densa. Las mediciones pueden ser también necesarias para las posiciones singulares o de pruebas.

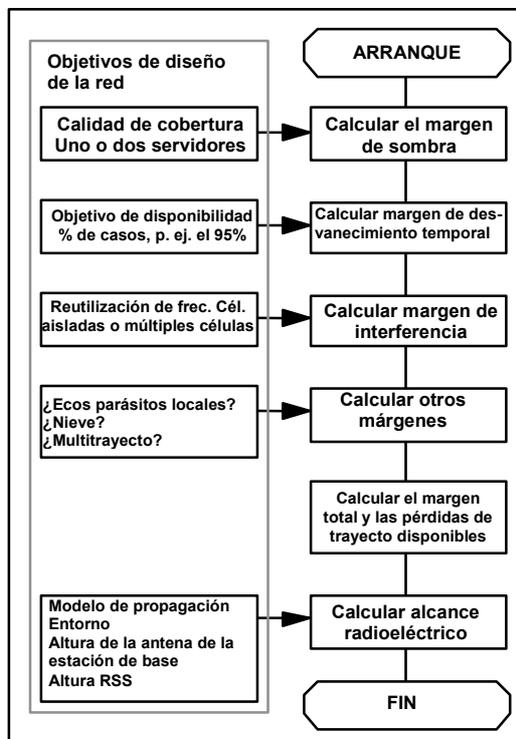
7.4 Cálculo del alcance radioeléctrico en redes de acceso inalámbrico «normalizado»

El alcance radioeléctrico se calcula aplicando un modelo de propagación al presupuesto de pérdidas de trayecto disponible. Las pérdidas de trayecto disponibles se generan a partir de los cálculos del presupuesto del enlace con los márgenes apropiados. Obsérvese que la distancia calculada de este modo se basa en ciertos supuestos acerca del terreno. En un despliegue real de la red que incluya terrenos extensos o condiciones ambientales de ecos parásitos, el alcance en una dirección puede ser significativamente mayor o menor que este valor. De ahí la necesidad de efectuar una planificación detallada antes del despliegue de la red.

En la Fig. 31, se ilustran los pasos requeridos para calcular el alcance radioeléctrico apropiado para los objetivos de diseño de la red previstos.

FIGURA 31

Cálculo del alcance radioeléctrico en redes de acceso inalámbrico «normalizado»

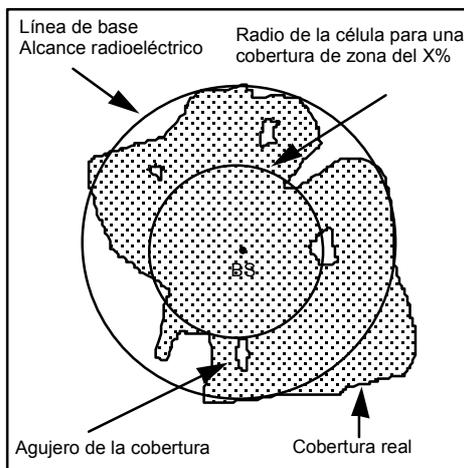


7.5 Margen de sombra y calidad de cobertura

Las redes de acceso inalámbrico, exactamente igual que otros sistemas radioeléctricos, tendrán zonas de «sombra» debido a las ondulaciones del terreno y a otros obstáculos como edificios, follaje etc. Por ello un porcentaje de ubicaciones dentro de la célula pueden tener un valor mediano de la intensidad de la señal que cae por debajo de la sensibilidad del receptor. La calidad de cobertura se define como el porcentaje de ubicaciones dentro del radio de la célula que estadísticamente tendrán una intensidad de señal superior al valor umbral mínimo. Para aumentar la calidad de cobertura dentro de una célula, se añade un margen de sombra al presupuesto del enlace. Esto reducirá el radio de la célula por debajo del alcance limitado por el ruido. En la Fig. 32 se ilustra esta situación, donde la calidad de cobertura dentro del radio reducido de la célula es superior a la calidad de cobertura dentro del radio definido por el alcance limitado por el ruido. La calidad de cobertura que resulta aceptable para un operador se sitúa entre el 75% y el 99%, y los requisitos pueden ser diferentes para zonas urbanas y rurales.

FIGURA 32

Predicción de la cobertura en un terreno no uniforme



Para calcular el margen debido a la sombra es necesario conocer la variación de la intensidad mediana local de la señal. Esta variación dependerá del entorno. Se ha encontrado que la variación de la intensidad mediana local de la señal presenta una distribución lognormal en muchos entornos reales, tales como el terreno ondulado. Sin embargo es necesario tomar precauciones, ya que, por ejemplo, en terreno montañoso con toda evidencia no es aplicable.

Al calcular la calidad de cobertura es importante incluir la mejora que puede obtenerse por el uso de la diversidad de posiciones de estaciones de base. El instalador de la unidad de abonado posiblemente pueda asignar esta unidad de abonado a una estación de base elegida de manera controlada entre un conjunto de estaciones de base principales cuando realiza la instalación. De este modo se incrementa la probabilidad de conseguir un trayecto radioeléctrico con una intensidad de señal superior al umbral.

7.6 Margen de desvanecimiento temporal

Los dos medios de enlace radioeléctrico de acceso inalámbrico entre un sistema radio de abonado y la estación de base estarán sujetos a fluctuaciones a corto plazo del nivel de la señal con el tiempo. Estos desvanecimientos «temporales» se manifestarán como una degradación de la BER del sistema resultante, si se compara con un entorno sin desvanecimiento. Para reducir la probabilidad de desvanecimiento por debajo del nivel de sensibilidad del receptor se introduce un margen en el presupuesto del enlace, lo que puede expresarse como una disponibilidad del enlace radio. La disponibilidad del enlace radio se define como una medición a largo plazo que describe el porcentaje de tiempo durante el cual la intensidad de la señal es suficiente para proporcionar una calidad especificada.

Los sistemas BWA que funcionan por trayectos de visibilidad directa en frecuencias superiores a 10 GHz suelen experimentar desvanecimientos temporales intensos debidos a las precipitaciones. El margen del desvanecimiento es función de la disponibilidad deseada y de las estadísticas de precipitación, así como de lo accidentado de la región geográfica. En frecuencias inferiores, el desvanecimiento temporal es principalmente el desvanecimiento multitrayecto variable en el tiempo que se produce a medida que se mueven los objetos del entorno.

7.7 Margen de interferencia

Es necesario considerar un margen que tenga en cuenta la degradación de la sensibilidad debida a la interferencia cocanal y de canal adyacente. El valor preciso requerido dependerá del despliegue particular de la red, y puede no ser el mismo para el enlace ascendente y el enlace descendente.

Los sistemas BWA suelen ajustarse para una disponibilidad muy elevada (99,9% - 99,99%) pues cada enlace da típicamente servicio a un gran número de usuarios finales, a menudo para aplicaciones comerciales con misión crucial. Los márgenes de interferencia suelen ser de 0,5-1 dB, lo que significa que la interferencia debe mantenerse en varios dB por debajo del límite inferior del ruido térmico del receptor. En algunas regiones puede haber requisitos reglamentarios de una reserva de 3 dB que permita implementaciones futuras.

7.8 Otros márgenes en el presupuesto del enlace

Puede ser preciso contemplar otros márgenes en el presupuesto del enlace, además de los márgenes de sombra, temporal y de interferencia descritos en las secciones anteriores. El objeto de estos márgenes es tener en cuenta lo siguiente:

- Ecos parásitos locales en los alrededores del sistema radio de abonado – Por ejemplo, si se prevé la existencia de vegetación local próxima al trayecto radioeléctrico o en el propio trayecto radioeléctrico, su efecto puede incluirse como un margen.
- Las precipitaciones de nieve no producen pérdidas apreciables, pero si la nieve se acumula a la vista del sistema radio de abonado o en la antena de la estación de base durante periodos largos, es apropiado entonces reservar un margen.
- Trayectos sobre extensiones grandes de agua.
- Propagación multitrayecto – En algunas instalaciones específicas se pueden producir reflexiones especulares en edificios elevados, montañas, etc., las cuales pueden originar múltiples trayectos con retardos comparables a las longitudes de los símbolos. La antena directiva del sistema radio de abonado introducirá normalmente una atenuación importante en las señales retardadas con respecto a la señal directa. Los problemas más graves de la propagación multitrayecto tendrán lugar cuando se produzcan reflexiones especulares del haz principal y la antena del sistema radio de abonado esté apuntada hacia la estación de base. Siempre que se pueda deben adoptarse precauciones tales como evitar el uso de antenas omnidireccionales en la vecindad de edificios grandes.

7.8.1 Ejemplo de balance del enlace BWA

El alcance de los sistemas BWA típicos varía entre 1,5 y 5 km, dependiendo principalmente del margen temporal de desvanecimiento. Es función de la frecuencia, la polarización, la región pluviométrica y la disponibilidad deseada. Se prefiere la polarización vertical. Los balances del enlace para los sistemas BWA están generalmente limitados en sentido descendente (estación de base hacia la dirección de los CPE). Ello es debido a que el canal descendente suele ser mucho más ancho que el canal ascendente y, además, en el sentido descendente pueden combinarse múltiples portadoras en el mismo preamplificador, lo que requiere una reducción de potencia sustancial para mantener la linealidad de éste. El cuadro que sigue muestra un ejemplo de un posible balance del enlace en sentido descendente.

Elemento	Valor	Comentarios
Frecuencia	28 GHz	
Región hidrometeorológica	K	Designación de región hidrometeorológica de la UIT
Polarización	Vertical	
Modulación	MAQ-16	Afecta a la reducción de potencia y al umbral del receptor
Anchura de banda del canal	20 MHz	
Número de canales combinados	2	
Transmisor:		
Potencia en saturación del preamplificador	24 dBm	Punto de compresión de 1 dB referido al borde de la antena
Reducción de potencia para la linealidad	7 dB	Relacionada con la modulación, el número de portadoras, la calidad de la intermodulación del preamplificador y los requisitos en cuanto a emisiones no esenciales
Potencia transmitida total	17 dBm	
Potencia neta transmitida por portadora	14 dBm	
Ganancia de la antena del transmisor	18 dBi	Sector de 90°, apertura del haz vertical 4°
Potencia isotrópica radiada equivalente neta	32 dBm	
Receptor:		
Ruido térmico	-174 dBm/Hz	
Factor de ruido	7 dB	Referido al borde de la antena
Anchura de banda del ruido	72 dBHz (16 MHz)	Se supone una caída del 25%
C/N requerida	16 dB	Depende de la modulación, de la corrección de errores directa (FEC) y de la tasa de errores binarios (BER) deseada
Margen de implementación del módem	1,5 dB	Depende de la calidad del módem
Margen para interferencia	1 dB	Para un margen de 1 dB, la interferencia debe estar 6 dB por debajo del límite inferior del ruido térmico más el factor de ruido
Umbral del nivel neto de señal recibida	-76,5 dBm	
Ganancia de la antena del receptor	36 dBi	Parábola de unos 30 cm
Ganancia total del sistema	144,5 dB	p.i.r.e. – umbral del receptor + ganancia de la antena del receptor
Alcance	3,9 km	
Pérdidas del trayecto en el espacio libre	133,2 dB	
Pérdidas debidas a los gases atmosféricos	0,4 dB	
Margen del desvanecimiento temporal	10,9 dB	
Disponibilidad	99,95%	

7.9 Cálculo del alcance en redes rurales de baja densidad

En el caso de las redes rurales de larga distancia descritas en el § 4, se requieren márgenes que tengan en cuenta las pérdidas por difracción, el desvanecimiento multitrayecto y, posiblemente, la dispersión en condiciones atmosféricas anómalas. El cálculo de estos márgenes depende notablemente de los factores ambientales.

7.10 Capacidad radioeléctrica dependiendo del alcance

El radio máximo de una célula está limitado por uno de estos dos factores: la capacidad (que depende de la densidad de abonados) o el alcance para unos valores dados de calidad de cobertura y disponibilidad (es decir, las distancias máximas).

7.11 Planificación de frecuencias de nivel superior

El acceso inalámbrico, al igual que los sistemas móviles celulares, emplea la reutilización de frecuencias para proporcionar una cobertura de gran escala. Cada estación de base tiene asignado un bloque de frecuencias, las cuales permanecen asignadas a la estación incluso en los momentos en que no se producen llamadas. Una frecuencia puede ser reutilizada por otra estación de base cuando la distancia entre las dos estaciones de base es suficiente para que no se produzca interferencia. La interferencia debida al uso común del mismo canal se denomina interferencia cocanal, y es el tema principal en el diseño de los esquemas de reutilización de frecuencias.

7.12 Estrategias de crecimiento de la red radio

La estrategia de crecimiento de la red radioeléctrica trata de la provisión de una capacidad adicional de acuerdo con el incremento de negocios del operador. La estrategia de crecimiento para un sistema de acceso inalámbrico difiere substancialmente de la estrategia para los sistemas celulares, debido al uso de antenas directivas en el sistema radio de abonado y de discriminación de polarización. Puesto que el sistema se optimiza para abonados que están fijos, no existe traspaso entre estaciones de base. Por ello, si durante el crecimiento de la red se desea reasignar un abonado a una estación de base nueva o diferente, el operador debe visitar de nuevo el sistema radio de abonado y reapuntarlo físicamente, y repetir el enlace y registro del sistema radio de abonado. En algunos casos puede ser necesario «reinstalar» el sistema radio de abonado en una posición diferente cuando la dirección hacia la estación de base nueva se ve fuertemente obstruida desde la ubicación actual del sistema del abonado. El uso de polarización y de antenas de abonado directivas para la discriminación entre células interferentes consigue una reutilización de frecuencias más estricta que la que tradicionalmente se puede conseguir con la tecnología celular. Sin embargo, esto debe diseñarse desde el principio si se quieren evitar nuevas visitas al abonado para cambiar la polarización.

Se utiliza la división de células para proporcionar una capacidad adicional a la red de radio. Cuando el número de canales de radio en cada célula no puede proporcionar una capacidad suficiente, entonces la célula original se puede dividir en células más pequeñas. Las opciones de división de las células incluyen:

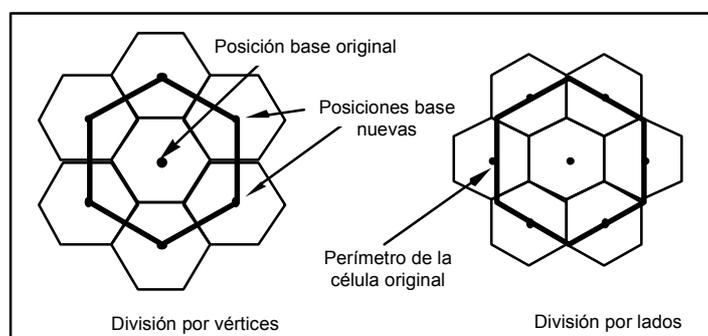
- *División por vértices* – En este esquema las nuevas posiciones se sitúan en los vértices de la célula original. La relación de los radios de las células para los esquemas de división por vértices es $\sqrt{3}$ (raíz cuadrada de 3), requiriéndose por tanto un número de posiciones tres veces superior al original. Las células que resultan de la división tienen una superficie que es 1/3 de la superficie de la célula original, con lo cual, si el valor de reutilización de frecuencias permanece constante, la capacidad por unidad de superficie aumentará tres veces. Esto también significa que si los abonados están uniformemente distribuidos, el 66% aproximadamente de ellos necesitarán ser reorientados a las nuevas estaciones de base después de finalizar la división por vértices.

- *División por lados* – En este esquema las nuevas posiciones se establecen en el punto medio de los lados de la célula original. La relación de los radios de las células para los esquemas de división por lados es de 2, precisándose por tanto un número de posiciones cuatro veces superior al número original. La célula resultante de la división tiene una superficie 1/4 de la superficie de la célula original, con lo que, si la reutilización de frecuencias permanece constante, la capacidad de la superficie aumentará 4 veces. Esto también significa que el 75% de los abonados originales habrán de ser reapuntados después de la división por lados de la célula.

En la Fig. 33 se ilustran los esquemas de división por vértices y por lados.

FIGURA 33

División por vértices y por lados de células alimentadas en el centro



8 Planificación celular

La fase de planificación celular comprende la modelización detallada de la cobertura y capacidad de las células. El objetivo es producir una lista de posiciones candidato lo más pronto posible. Ello proporciona detalles iniciales de posición de todas las ubicaciones y configuraciones, y permitirá a los grupos de recogida de datos sobre posiciones iniciar sus trabajos y a los grupos de planificación de la transmisión evaluar y planificar las redes de retroceso y de conmutación. El apoyo a los grupos de recogida de datos de posición continúa a medida que se evalúan estas posiciones en cuanto a su viabilidad, y los planes de red son actualizados continuamente. En las posiciones problemáticas o marginales pueden efectuarse mediciones de evaluación de la posición. El resultado de la fase de planificación celular es un diseño de células/red aprobado, con una calidad de funcionamiento verificada en la herramienta de planificación respecto de los objetivos de cobertura y capacidad.

El grupo de planificación radioeléctrica debe proporcionar a los grupos de búsqueda de posiciones la lista de posiciones candidato junto con información sobre las zonas examinadas y los mapas levantados. El recurso planificación radioeléctrica debe encontrarse a disposición como información de consulta sobre posiciones críticas en las cuales existen problemas específicos, o sobre ubicaciones que no se han demostrado ideales. Esta labor incluirá visitas a las posiciones, evaluaciones de las posiciones mediante equipo de medición y la modelización en la herramienta de planificación.

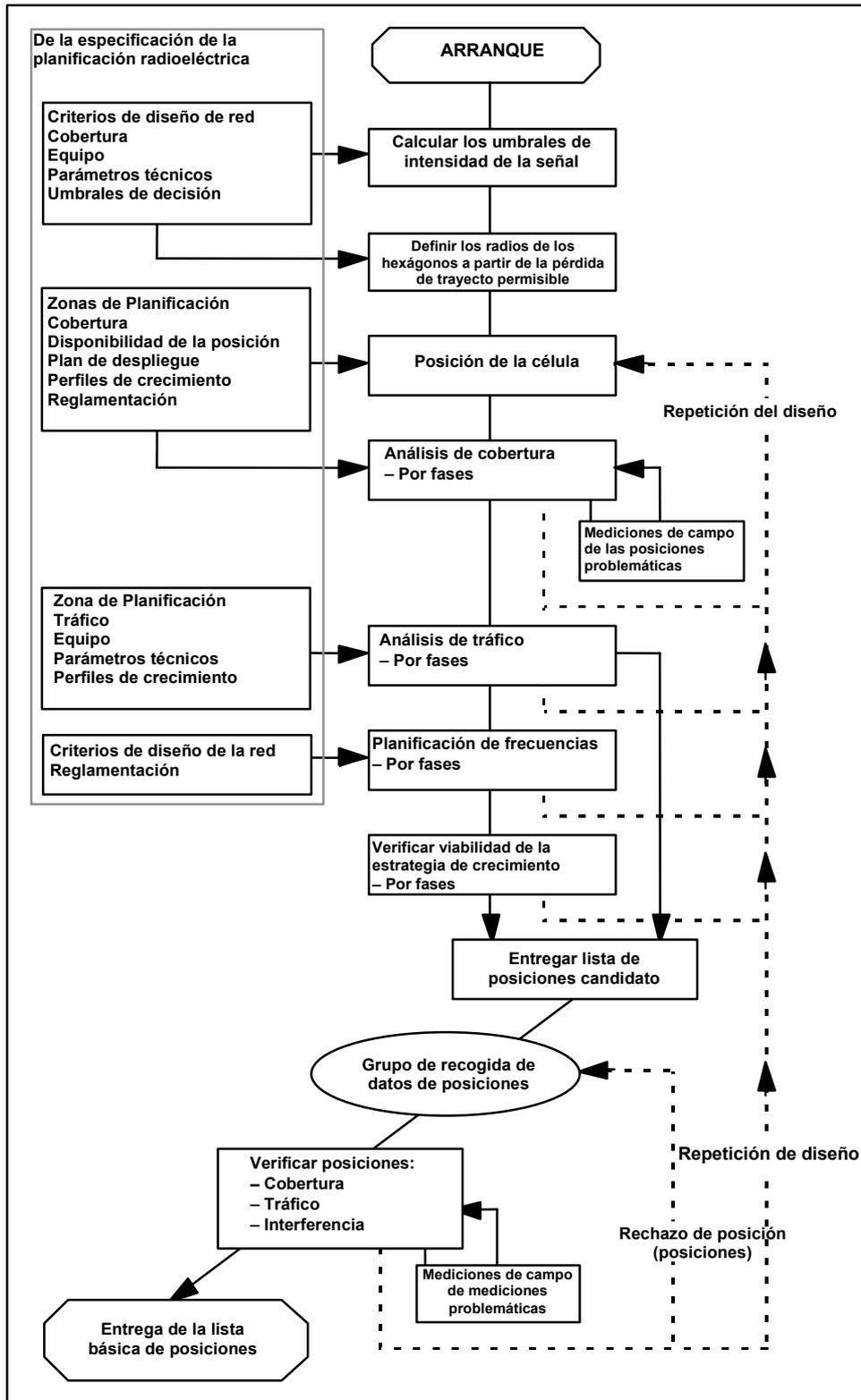
En este Manual no es posible describir un proceso definitivo de la planificación celular puesto que los grupos de planificación tendrán su propia metodología y «estilo». El proceso de planificación celular en el caso del acceso inalámbrico genérico se presenta y utiliza para hacer hincapié en las consideraciones sobre la planificación específica del acceso inalámbrico. Se describen las entradas y resultados del proceso y se resaltan los puntos específicamente pertinentes a la planificación del acceso inalámbrico.

En la Fig. 34 se ilustra el proceso de planificación celular típico. A continuación se resumen brevemente los puntos básicos del proceso:

- Umbrales de intensidad de la señal – Umbrales que han de establecerse para la evaluación de la cobertura. Se basarán en el presupuesto del enlace, incluidos los márgenes adicionales que tengan en cuenta el efecto de sombra de distribución lognormal. Además, los objetivos de umbral de decisión para negocios perdidos y estudios fallidos asignarán respuestas Sí/No/Posible a las intensidades de señal.
- Posición de la célula – Una vez fijados los umbrales de la intensidad de señal se puede determinar un conjunto adecuado de tamaños del hexágono ideal. Estos pueden utilizarse para determinar la posición de la célula inicial y proporcionan una indicación muy aproximada de la cobertura.
- Análisis de la cobertura – Se analiza la cobertura de las células y se puede determinar la cobertura global dentro de una zona. Habrá que determinar la cobertura para cada fase del despliegue de la red.
- Análisis de tráfico – El análisis de tráfico debe ser modelado teniendo en cuenta la naturaleza fija de la instalación del sistema radio de abonado. Una vez que este sistema de abonado se haya instalado y enlazado con una estación de base, a menos que tenga lugar un reapuntamiento o un nuevo establecimiento del enlace el sistema de abonado siempre generará tráfico para una sola estación de base, incluso si se añade una estación de base adicional. Esta situación es simulada en la herramienta de planificación utilizando capas de tráfico fijo e incremental para cada fase.
- *Planificación de frecuencias* – La planificación de frecuencias para el acceso inalámbrico es similar a la planificación de frecuencias del sistema celular. La verificación de las ubicaciones comprende las siguientes actividades:
 - selección de la posición en cuanto a viabilidad y situación,
 - evaluación de la cobertura e interferencia de la posición real con respecto a la posición ideal. Planes de revisión técnica para dar cabida a posiciones no ideales, siempre que se sigan cumpliendo los objetivos de diseño de la red,
 - verificación del acceso y las instalaciones disponibles,
 - soporte de la planificación de transmisión,
 - evaluación de los asuntos relativos a la autorización de frecuencias específicas para la posición.

FIGURA 34

Proceso de planificación celular



9 Análisis y optimización de la calidad de funcionamiento de la red

La finalidad del análisis y la optimización de la calidad de funcionamiento de la red es obtener la calidad de funcionamiento óptima de la red de acceso inalámbrico en cualquier fase del ciclo de vida de la misma. Todas las redes radioeléctricas comportan un elemento de cambio continuo, con la introducción de nuevas posiciones de células, la mejora de posiciones antiguas y la asignación de frecuencias adicionales, la sectorización de posiciones omnidireccionales, la implantación de planes de frecuencias nuevos en diferentes regiones, etc. En resumen no existe algo parecido a un diseño definitivo del sistema, sino más bien un proceso continuo de evolución. A lo largo de esta evolución, la calidad de funcionamiento de la red radioeléctrica debe mantenerse en su nivel óptimo y, por ende, es necesario realizar un ajuste fino durante el proceso de optimización. Las actividades de esta fase incluirán la gestión de los planes de crecimiento y la verificación de la cobertura y la interferencia. Esta actividad se apoyará en mediciones en servicio.

A continuación se resumen las actividades requeridas en esta fase:

- Recogida y análisis de datos de tráfico, niveles de bloqueo, llamadas perdidas H.
- Gestión del crecimiento, número de portadores, modificaciones del plan de frecuencias, división de las células, posiciones celulares adicionales etc.
- Evaluación y resolución de los problemas de calidad de la red.

La aceptación de la red radioeléctrica, con numerosos estudios radioeléctricos contractuales del tipo llave en mano, puede formar parte de las pruebas de aceptación del sistema global.

La capacidad de la red de acceso inalámbrico para medir y recopilar cantidades grandes de datos sobre la calidad de funcionamiento radioeléctrico de la red, brindará oportunidades para el análisis y la optimización de valores métricos específicos de calidad de la red .

10 Resumen de las consideraciones sobre la planificación radioeléctrica

Este punto contiene las listas de prueba utilizadas en la planificación de un sistema de acceso inalámbrico:

Especificación del diseño de la planificación radioeléctrica

Los contenidos típicos de la especificación de diseño se recogen en el Cuadro 4.

Lista de posiciones candidato

Los contenidos típicos de la lista de posiciones candidato se dan en el Cuadro 5.

Lista básica de posiciones

En el Cuadro 6 se muestra el contenido típico de una lista básica de posiciones.

Informe sobre la planificación celular

En el Cuadro 7 se detalla la información típica que debe documentarse una vez completado el plan celular. Esta información debe proporcionar una visión concisa del plan de red, y detallar todos los supuestos/parámetros utilizados para permitir la futura optimización y repetición del plan de red.

CUADRO 4

Especificación del diseño de la planificación radioeléctrica

Tipo de información	Parámetros
Zonas/áreas de planificación	Definiciones mediante polígonos de las zonas/aglomeraciones/ciudades Supuestos ambientales por zonas Orden priorizado de las zonas de planificación (incluida priorización de ciudades/aglomeraciones dentro de las zonas)
Cobertura	Objetivos de cobertura por zona y entorno de planificación Calidad de cobertura Necesidades/zonas de cobertura especiales
Tráfico	Grado de servicio (GOS) Perfiles de abonados (mE/abonados) Llamadas (fax/teléfono/módem) Líneas por abonado (valor medio) Densidades de abonados por zona/área Objetivo de crecimiento del tráfico Objetivo de penetración Capacidad inicial de la red en la fase de lanzamiento
Equipamiento	Configuraciones de estaciones de base Configuraciones de abonados Costes de equipos Requisitos de red de retroceso para cada configuración Mástiles Capacidad de la estación de base
Otros criterios de diseño de la red	Disponibilidad del enlace radio Calidad vocal BER de datos Porcentaje de la superficie celular perdido a causa de la interferencia
Reglamentación	Requisitos de la licencia Disponibilidad o limitaciones del espectro Planificación – exigencias en cuanto al tamaño y la colocación de los mástiles, etc.
Parámetros técnicos	Resumen de los parámetros técnicos utilizados/supuestos en el diseño: – Versión del modelo de propagación (planificación comercial) – Versión (versiones) del modelo de propagación (planificación celular) – Presupuesto del enlace – Modelo de tráfico – Margen de desvanecimiento temporal – Márgenes de sombra – Otros márgenes
Plan de despliegue	Número de posiciones base por zona de planificación (por intervalos de despliegue y crecimiento) Configuración de posiciones base (por intervalos de despliegue y crecimiento)
Perfiles de crecimiento	Crecimiento de la cobertura por año o incremento de planificación Crecimiento del tráfico o penetración del mercado por año o incremento de planificación Estrategias de crecimiento más allá del horizonte de planificación
Disponibilidad de las posiciones	Dificultades conocidas de la planificación Posiciones existentes de los operadores Posiciones favorables
Datos de los mapas	Especificación y disponibilidad de: – Datos del terreno – Datos de ecos parásitos – Datos vectoriales (opcional)

CUADRO 5

Lista de posiciones candidato

Tipo de información	Parámetros
Lista de posiciones candidato (por fases)	ID de la posición Nombre de la posición Latitud/longitud Altura del terreno Fase Configuraciones (por ejemplo, omni/tri, vert/horiz) Configuración de la estación de base Número de portadores Niveles de potencia Antena: tipo, altura, orientación, inclinación, polarización
Mapas	Zona de búsqueda Levantamiento de mapas

CUADRO 6

Lista básica de posiciones

Tipo de información	Parámetros
Lista básica de posiciones (por fases)	ID de la posición Nombre de la posición Latitud/longitud Altura del terreno Fase Configuración (por ejemplo omni/tri, vert/horiz) Configuración de la estación de base Número de portadores Niveles de potencia Antena: tipo, altura, orientación, inclinación, polarización Información de la posición proporcionada por los buscadores de posiciones: <ul style="list-style-type: none"> – Propietario(s) – Localización – Mapas de detalle de la localización – Fotografías – Informe topográfico de la posición – Resultado de las mediciones de la posición (en su caso)

CUADRO 7

Contenido del informe sobre la planificación celular

Tipo de información	Parámetros
Plan de despliegue	Número total de posiciones por fase Número de posiciones base por zona de planificación y por fase Instalación y documentación del despliegue
Coste de la red de radio	Costes de zona por fase Costes de posición (incluidos los costes del equipo, el aprovisionamiento, la parcela)
Zonas/áreas de planificación	Definiciones mediante polígonos de zonas/agrupaciones/ciudades Cambios de zona según la fase
Resultados de cobertura (por fase)	Mapas de cobertura Estadísticas de cobertura
Análisis de interferencia (por fase)	Mapas de C/I_c Mapas C/I_a Estadísticas de C/I_c Estadísticas de C/I_a
Análisis de tráfico	Capacidad total por zona Número de abonados por zona Mapas de tráfico
Plan de frecuencias	Grupos de frecuencias Asignaciones de frecuencia Polarización
Plan de crecimiento	Plan de crecimiento de la capacidad Plan de crecimiento de la cobertura Posiciones celulares por fase
Requisitos de diseño (los mismos que para la especificación de diseño de la planificación radioeléctrica)	Cobertura Tráfico Equipos Otros criterios Reglamentación Parámetros técnicos Plan de despliegue Perfil de crecimiento
Parámetros técnicos	Resumen de los parámetros técnicos utilizados/supuestos en el diseño: <ul style="list-style-type: none"> - Versión (versiones) del modelo de propagación (planificación celular) - Detalles del ajuste del modelo - Datos de medición de la propagación - Presupuesto del enlace - Modelo de tráfico - Margen de desvanecimiento temporal - Margen de sombra - Otros márgenes - Diagramas de antena - Datos del terreno - Datos de ecos parásitos - Datos vectoriales

ANEXO 4

Descripciones detalladas: sistemas basados en normas de interfaz radioeléctrica móvil existentes

En los puntos siguientes se describen con más detalle cada uno de los sistemas basados en normas de interfaz radioeléctrica móvil existentes. El objetivo es proporcionar un conocimiento básico del sistema en términos de tecnología/arquitectura/configuración, características de cada sistema, algunas ventajas fundamentales y algunas aplicaciones típicas.

En general, estos sistemas de acceso inalámbrico emplean: un aparato telefónico estándar que reside en el domicilio o en la empresa del abonado. Sin embargo, el teléfono, en lugar de estar enchufado en un jack que conecta al conmutador telefónico local a través de un par trenzado de hilo de cobre tradicional, efectúa la conexión al conmutador vía radio. Cuando el abonado realiza o recibe una llamada, la señal vocal y la de control se transmiten vía un enlace radio hacia o desde la posición radio más próxima, que transmite o recibe entonces la señal vía un troncal digital hasta un centro de conmutación en la red. La señal es entonces encaminada vía la red tradicional de telecomunicaciones públicas con base en tierra hasta su destino. Una llamada entrante es encaminada y transmitida del mismo modo – a través de hilos terrestres desde la red cableada pública al centro de conmutación y a la posición radio apropiada, y vía enlace radioeléctrico al teléfono del abonado.

1 Sistemas de acceso inalámbrico basados en D-AMPS/AMDT

1.1 Consideraciones generales

Estos sistemas de acceso inalámbrico digitales se basan en la tecnología AMDT y cumplen totalmente las normas IS-54/IS-136. Estos sistemas ofrecen calidad vocal digital y seguridad de la conversación, y pueden configurarse para funcionar en las bandas de 450 MHz y/u 800 MHz. Además de los servicios vocales soportan también los servicios de fax y datos. Este conjunto de capacidades adicionales se encuentra a disposición facultativamente si las necesidades del mercado lo requieren.

1.2 Tecnología, arquitectura y configuración

Puesto que el sistema basado en D-AMPS/AMDT se fundamenta en una tecnología no propietario y cumple con las normas de interfaz aérea común IS-54/IS-136 reconocidas mundialmente, las unidades de abonado con acceso inalámbrico pueden ser adquiridas en el mercado abierto a diferentes vendedores. Del mismo modo, continuarán los avances de la tecnología de productos, en armonía con las normas, y a medida que éstas evolucionen los productos se pondrán en el mercado. Por ejemplo, nos referimos al Cuadro 2 de la Recomendación UIT-R M.1073 para un análisis detallado de las mejoras de la capacidad en las distintas etapas de evolución.

1.2.1 Características de la interfaz radioeléctrica (banda de 800 MHz)

Clase de emisión:

- canales de tráfico 40K0G7WDT
- canales de control 40K0G1D

Método de acceso	AMRT
Bandas de frecuencias de transmisión (MHz):	
– estaciones de base	869-894
– estaciones móviles	824-849
Separación dúplex (MHz)	45
Separación entre portadoras RF (kHz)	30
Número total de canales RF dúplex	832
Modulación	MDP-4 con codificación diferencial $\pi/4$ (caída = 0,35)
Velocidad de transmisión (kbit/s)	48,6

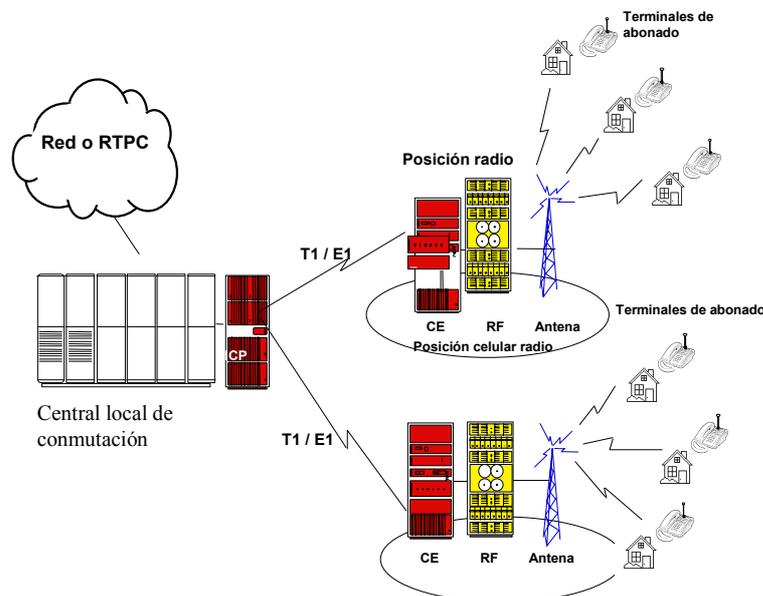
1.2.2 Configuración de la red

En una configuración típica, estos sistemas de acceso inalámbrico se conectan sencillamente a una central local o interurbana vía interfaces y funciones estándar o patentadas como una unidad distante inteligente. Estos sistemas soportan macrocélulas y microcélulas, y como resultado tienen la capacidad intrínseca de gestionar de manera económica tanto aplicaciones de baja densidad como aplicaciones de alta densidad de abonados. Esto simplifica la planificación de la red y hace mínimos los costes de mantenimiento y adiestramiento debido al despliegue de una única y simplificada línea de producto. Igualmente, el sistema puede crecer modularmente para dar servicio a millones de abonados.

La arquitectura básica se muestra en la Fig. 35. El sistema de acceso inalámbrico comprende el equipo de conmutación y el equipo de la posición radioeléctrica. Un sistema básico incluiría el controlador y una posición radio digital, la cual comprende un bastidor de equipo común (CE – common equipment) y un bastidor de radiofrecuencia (RF). La posición celular radioeléctrica se encuentra típicamente situada a cierta distancia del conmutador central, generalmente en células donde se localizan los abonados. Varias posiciones celulares similares se conectan entonces a la central como se muestra en la Fig. 35. La posición celular también comprende las antenas.

FIGURA 35

Arquitectura del sistema de acceso inalámbrico basado en D-AMPS/AMDT



Las funciones de cada uno de los componentes representados en la arquitectura del sistema son:

Conmutador central

El dispositivo computador central realiza las funciones de procesamiento de la llamada que utilizarán las terminales de proximidad de forma transparente hasta el equipo del emplazamiento radioeléctrico. La conectividad entre el conmutador central y el emplazamiento radioeléctrico puede basarse en el concepto de concentración o en el de no concentración. Si se adopta el concepto de concentración puede utilizarse el canal particular vocal entre el conmutador central y el equipo radioeléctrico de posición celular para toda llamada enviada al terminal de usuario y desde este punto, por otro lado, en el caso de no concentración, los canales están preatribuidos a terminales particulares.

El conmutador central puede configurarse como sigue:

- puede soportar redes fijas y móviles combinadas,
- puede soportar características inalámbricas exclusivas como datos digitales en modo paquete digitales celulares y servicios de mensajes cortos,
- puede proporcionarse en tamaños diferentes dependiendo de la dimensión del mercado y de la capacidad del tráfico.

Los periféricos del conmutador central facilitan el enlace con el mundo exterior. Ellos establecen la interfaz entre el procesador central del conmutador y las líneas, enlaces troncales y canales RF a los que sirve. En una configuración típica, los módulos periféricos se componen de periféricos celulares inteligentes, controladores troncales digitales internacionales (IDTC y PDTC), módulos troncales de mantenimiento, módulos troncales de empaquetado y módulos troncales de servicio. Los periféricos sirven de interfaz entre la red de conmutación y líneas portadoras digitales, facilidades analógicas y/o circuitos de prueba. Mediante el uso de microprocesadores de control, se efectúan la supervisión de llamadas, la temporización de los impulsos de disco, la transmisión y recepción de dígitos multifrecuencia y multifrecuencia bitono y la conversión de analógico a digital. Ellos también establecen la supervisión de la respuesta mediante detecciones de tonos de audio cuando no se recibe de la central de control una señal de respuesta generada por soporte físico.

Equipo radioeléctrico de posición celular

El equipo radioeléctrico de posición celular convierte las señales vocales de banda de base en señales RF de 450 u 800 MHz con modulación de frecuencia. Constituye la interfaz inteligente entre el conmutador central y los abonados telefónicos servidos por el sistema. El equipo típico es modular, de fácil instalación y mantenimiento y alberga las unidades radio de doble modo. Se dispone de distintas configuraciones (simplex sin redundancias, dúplex con nodo de compartición de carga, etc.) de la posición celular para diferentes aplicaciones. Se utiliza un gestor de equipo de célula para configurar los emplazamientos radioeléctricos y dar la información de estado y alarmas sobre éstos. El gestor de equipo de células suele estar situado en el mismo emplazamiento del conmutador central.

Unidad radioeléctrica de doble modo

La unidad DRU soporta los sistemas D-AMPS y AMPS.

Equipo de abonado

Son posibles varias opciones para el equipo de abonado. La opción más amigable para el usuario es un aparato telefónico residencial o de negocios estándar mejorado con capacidad de transmisión y recepción radio (véase la Fig. 36). Facultativamente, este aparato telefónico puede incluir un jack de interfaz RJ-11 estándar para permitir la conexión de varios aparatos telefónicos convencionales tales como extensiones, una máquina fax o un módem de ordenador.

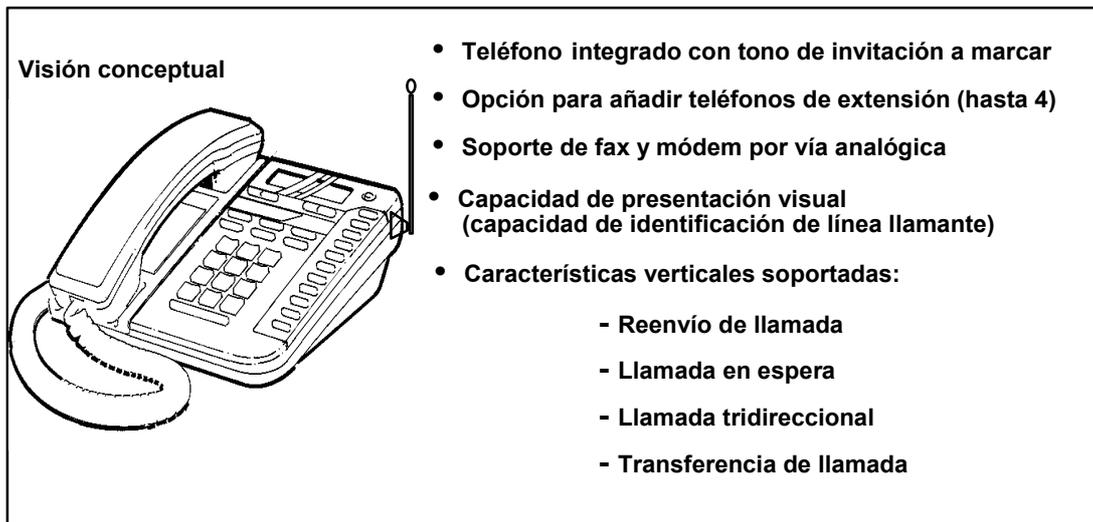
Otra alternativa es una unidad terminal de conversión con una interfaz estándar para teléfonos convencionales que proporciona el enlace de conversión entre el aparato telefónico estándar del abonado y el sistema de acceso inalámbrico. Tales terminales de conversión ofrecen múltiples conexiones por terminal para permitir teléfonos de extensiones, máquinas fax, módems de ordenador, teléfonos de previo pago y teléfonos públicos de oficina.

A fin de mantener el mismo servicio que del caso de abonado de línea alámbrica, el terminal del usuario da el tono de marcación y el tono de llamada dentro del servicio telefónico básico.

Todas las opciones de equipo de abonado aseguran el funcionamiento mediante batería y son suministradas por varios vendedores.

FIGURA 36

Características básicas de los terminales



1.3 Resumen de capacidades

Resumiendo, los sistemas de acceso inalámbrico basados en AMDT de América del Norte ofrecen los siguientes atributos básicos:

Características más notables

- Soportan todas las características de abonado importantes tales como el reenvío de llamada, la transferencia de llamada e indicación de número llamante, junto con características inalámbricas avanzadas tales como los servicios de mensajes cortos.
- Proporcionan transparencia a las características procedentes del conmutador anfitrión.
- Los sistemas de operación, administración y mantenimiento permiten la localización y reparación de averías del sistema completo, incluidos los terminales de abonado.
- Proporcionan una plataforma para la evolución hacia los datos digitales en modo paquetes celulares que es un servicio de datos en el modo paquetes inalámbrico.
- Cumplimiento total de las normas IS-54.
- Amplia gama de opciones de terminal de abonado.
- Canal de control digital para futuros servicios avanzados adicionales.

Ventajas principales

- Despliegue rápido y económico.
- Múltiples plataformas de conmutación.
- Alternativa económica a los sistemas de acceso local filar.
- Simplificación de la planificación de la red reduciendo los plazos de instalación y puesta en servicio.
- Ahorro en costes de explotación debido a la reducción del mantenimiento.
- Provisión de una amplia gama de servicios tales como el servicio de telefonía estándar, los teléfonos de previo pago, datos y fax por una plataforma de soporte físico común.
- Soportan tanto configuraciones macrocelulares como microcelulares.

Aplicaciones

- Suburbana, urbana y rural.
- Densidades bajas a elevadas.

2 Sistemas de acceso inalámbrico basados en AMDC

2.1 Consideraciones generales

Los sistemas de acceso inalámbrico basados en AMDC se fundamentan en la norma IS-95 y utilizan un sistema de bucle de acceso inalámbrico digital con AMDC que incorpora tecnologías de conmutación y de interconexión de redes ya experimentadas. El sistema de acceso inalámbrico comprende el equipo de conmutación y el equipo de la posición radio. Son posibles dos configuraciones básicas, dependiendo de si la funcionalidad del acceso inalámbrico fijo (FWA) se obtiene de un centro de conmutación inalámbrica (MSC) o si proviene de una central local de clase 5, una central de extremo local o de una red de acceso RTPC sin necesidad de un MSC. Las características del sistema radioeléctrico son las mismas en ambas configuraciones.

Un sistema básico incluirá el centro de conmutación móvil (MSC), el controlador de estaciones de base (CEB) y estaciones transceptoras de base. Cada controlador CEB se conecta a un MSC. El MSC hace de interfaz con la red del Sistema de Señalización N.º 7 y con la red telefónica pública con conmutación (RTPC).

El controlador de estaciones de base hace de interfaz entre el MSC en un extremo, y múltiples posiciones celulares que contienen estaciones transceptoras de base en el otro extremo. Las estaciones transceptoras de base soportan el establecimiento de conexiones AMDC por aire según la norma IS-95 con las estaciones de abonado. Dependiendo de la configuración celular deseada, pueden desplegarse en cada posición celular múltiples estaciones transceptoras de base.

El número de abonados soportados por una posición celular es variable. A diferencia de los sistemas AMPS y N-AMPS, que utilizan el acceso múltiple por distribución de frecuencia (AMDF) para dividir la anchura de banda disponible en canales de 30 kHz, donde cada porción del espectro radioeléctrico se asigna por demanda a una unidad de abonado, o del sistema D-AMPS, que utiliza la división de frecuencia y subdivide luego cada frecuencia en tres canales multiplexados en el tiempo, la tecnología AMDC no asigna a un abonado determinado una porción específica de radiofrecuencia o de tiempo. Todas las unidades de abonado transmiten y reciben al mismo tiempo empleando códigos diferentes, sobre las mismas frecuencias, utilizando la anchura de banda total 1,25 MHz asignada a la portadora.

Los sistemas de acceso inalámbrico basados en AMDC ofrecen las ventajas de la tecnología AMDC, y están especialmente indicados para la red de acceso, aprovechando todos los beneficios de la tecnología de conmutación digital ya experimentada.

- Con el sistema AMDC, el enlace aéreo se planifica para soportar hasta 56 llamadas activas por sector y por 1,25 MHz de anchura de banda, con flexibilidad para el crecimiento.
- A diferencia de otros sistemas, la capacidad de sector de un sistema basado en AMDC no está fuertemente limitada. Durante las horas de utilización anormalmente elevadas, el sistema puede asignar automáticamente y de manera dinámica los recursos, para dar acomodo a la carga incrementada con una pérdida mínima de la calidad de la voz.
- Cada célula se planifica para un alcance máximo de 52 km en condiciones favorables de propagación.
- Con el equipo de estación de base ubicado en el centro de conmutación, las antenas y el equipo radioeléctrico asociado pueden emplazarse facultativamente en una ubicación distante para constituir un sistema descentralizado. Para el transporte de la señal se puede utilizar un enlace de microondas punto a punto.
- Como todas las estaciones de base utilizan la misma banda de frecuencias, no se necesita planificación o coordinación de frecuencias entre células individuales. Esta importante característica facilita el mantenimiento y deja margen para el crecimiento.
- El AMDC reduce el ruido de fondo no deseado mediante un esquema de codificación de la voz de velocidad variable implementado en el sistema. Esta tecnología se denomina predicción lineal con excitación de código y ofrece la misma calidad vocal que las redes filares, como ha sido confirmado en pruebas de evaluación de la calidad vocal realizadas en laboratorio.

2.2 Tecnología, arquitectura y configuración

2.2.1 Características de la interfaz radioeléctrica

Clase de emisión:

- canales de tráfico 1250K0B1W
- canales de control 1250K0B1W

Método de acceso AMDC

Bandas de frecuencias de transmisión para 800 MHz (MHz):

- estaciones de base 869-894
- estaciones móviles 824-849

Bandas de frecuencia de transmisión para 1 900 MHz (MHz):

- estaciones de base 1 850-1 910
- estaciones móviles 1 930-1 990

Separación dúplex (MHz) 45 para 800 MHz y 80 para 1 900 MHz

Separación entre portadoras RF (kHz) 1 250

Número máximo de usuarios por sector (célula aislada de 3 sectores) 56

Modulación MDP-4 (dispersión)
Orthogonal-64 (entrada)

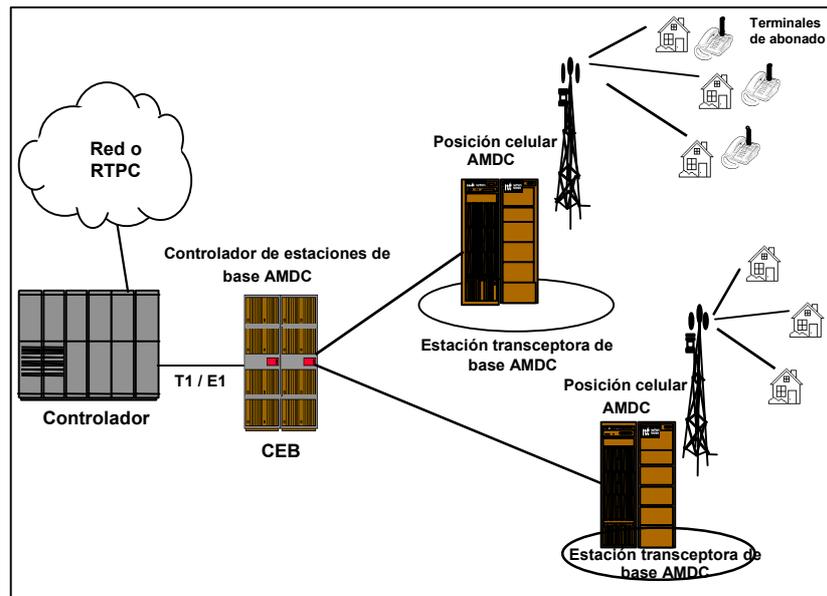
Velocidad de transmisión (bit/s) 9 600 por canal para codificador vocal de 8 kbit/s, 14 400 por canal para codificador 13 kbit/s

2.2.2 Configuración de la red

En la Fig. 37 se representa la arquitectura básica.

FIGURA 37

Arquitectura del sistema basado en AMDC



Las funciones de cada componente se muestran en la arquitectura del sistema:

MSC

El MSC es el corazón del sistema AMDC y puede ser parte de una familia de sistemas de conmutación digital. Esta familia de sistemas de conmutación puede utilizar una plataforma común de soporte físico y soporte lógico junto con un soporte lógico específico para cubrir la gama completa de aplicaciones del operador. El MSC puede estar disponible en diferentes capacidades.

Periféricos

Los periféricos facilitan el enlace con el mundo exterior. Ellos establecen la interfaz entre el propio MSC y las líneas, enlaces troncales y canales RF a los que sirve. Los módulos periféricos se componen de MSC troncales digitales internacionales (IDTC) y MSC troncales digitales periféricos (PDTC), módulos troncales (TM), módulos troncales de mantenimiento (MTM), módulos troncales de empaquetado (PTM) y módulos troncales de servicio (STM). Los periféricos sirven de interfaz entre la red de conmutación y líneas portadoras digitales, facilidades analógicas y/o circuitos de prueba. Mediante el uso de microprocesadores de control, efectúan la supervisión de llamadas, la temporización de los impulsos de disco, la transmisión y recepción de dígitos multifrecuencia y multifrecuencia bitono y la conversión de analógico a digital. Ellos también establecen la supervisión de la respuesta mediante detecciones de tonos de audio cuando no se recibe de la central de control una señal de respuesta generada por soporte físico.

Controlador de estaciones de base

Una característica destacada del controlador de estaciones de base es su inherente modularidad. Cada elemento del controlador de estación de base se adapta exactamente al tamaño del sistema. El controlador de estación de base contiene los elementos de control y recursos de interfaz que proporcionan un canal entre las estaciones transceptoras de base y el conmutador. La función primordial del controlador de estación de base la realizan tres subsistemas: El subsistema de interconexión AMDC (CIS), el subsistema banco de selectores (SBS) y el gestor de estaciones de base (BSM – *base station manager*). Hay también otros subsistemas soporte que incluyen la unidad de frecuencias de temporización (TFU), el sistema mundial de determinación de posición (GPS) y la unidad de servicio de canal/unidad de servicio de datos (CSU/DSU).

Estación transceptora de base

La estación transceptora de base es el enlace entre las unidades de abonado y el controlador de estación de base. En la posición de la estación transceptora de base se encuentran las antenas, el transmisor, los receptores, los amplificadores de potencia y el soporte físico de interfaz para sustentar el enlace con el MSC. La estación transceptora de base proporciona la interfaz aérea común a las unidades de abonado de conformidad con la norma AMDC. Por ejemplo, los datos procedentes de la unidad de abonado son convertidos a paquetes por la estación transceptora de base, y estos paquetes, junto con información de control adicional, son transferidos al controlador de estaciones de base para su procesamiento posterior. Son funciones específicas de la estación transceptora de base:

- Hacen de interfaz aérea RF con la unidad de abonado según normas IS-95 e IS-95+.
- Funciones aéreas adicionales tales como canales de acceso, pilotos, sincronismo y radiobúsqueda.
- Funciones de tratamiento de la llamada para controlar el funcionamiento de la unidad de abonado por los canales de acceso y radiobúsqueda, incluidos los servicios de mensajes cortos.
- Comunicación de información de abonado.
- Control y gestión de los recursos de la estación transceptora de base.
- Control y gestión de la comunicación entre la estación transceptora de base y otros subsistemas de estación de base.
- Funciones de supervisión y configuración.

Equipo de abonado

Algunas realizaciones del sistema de acceso inalámbrico basado en AMDC permiten varias opciones de equipo de abonado. La opción más amigable para el usuario es un terminal con una interfaz estándar para los teléfonos convencionales (Fig. 38). Cuando el abonado enchufa esta unidad a una toma de c.a. estándar, la unidad proporciona el enlace entre el teléfono estándar del abonado y el sistema de acceso inalámbrico basado en AMDC. Tales terminales facilitan múltiples conexiones de teléfono por terminal y disponen de emergencia por batería, encontrándose en el mercado ofrecidos por varios vendedores.

FIGURA 38

Ejemplo de un terminal de usuario



Land-038

2.3 Resumen de capacidades

En resumen, los sistemas de acceso inalámbrico basados en AMDC ofrecen los siguientes atributos básicos:

Características más notables

- Se basan en el codificador de señales vocales QCELP/13 kbit/s de Qualcomm.
- Proporcionan comunicaciones inalámbricas de capacidad elevada.
- Soportan múltiples características de abonado que incluyen el reenvío de llamada, la comunicación conferencia y el correo vocal.
- Soportan datos conmutados y fax (los futuros datos conmutados y fax por paquetes).
- El uso innovador de la tecnología de paquetes permite el transporte eficaz hacia atrás por la red de retroceso del tráfico vocal y de datos desde la posición celular.

Ventajas principales

- Constituyen una alternativa rentable a los sistemas de acceso local basados en hilo de cobre.
- Flexibilidad en la planificación debido a los reducidos plazos de instalación y activación del servicio.
- Ahorros en los costes de explotación como consecuencia de la disminución del mantenimiento y los informes de averías.
- Rapidez del despliegue.
- Proporcionan una amplia gama de servicios tales como el servicio telefónico estándar, teléfonos de previo pago, datos y fax por una plataforma de soporte físico común.

Aplicaciones

- Densidad de abonados elevada.
- Explotación eficaz.
- Tecnología en evolución.

Prestación del servicio

- Participantes nuevos en mercados en desreglamentación pero desarrollados.
- Operadores y futuros operadores en mercados en situación de desarrollo y modernización.
- Operadores no establecidos en mercados en desarrollo.
- Periféricos de acceso inalámbrico fijo
- Aspectos residenciales
- Tono de llamada de grupo
- Línea directa celular
- Encaminamiento según la hora del día
- Retransmisión de llamada/tono de retransmisión de llamada
- Llamada en espera/cancelación de llamada en espera
- Identificación de número que llama
- Notificación de mensaje en espera
- Tono de llamada distintivo
- Activación en el aire
- Codificador/decodificador de velocidad variable mejorado
- Origen denegado
- Terminación denegada
- Red interurbana denegada
- Servicio interurbano denegado
- Asistencia de operador para servicio interurbano denegado
- Seguimiento de llamadas malintencionadas
- Apoyo de medición
- Apoyo de servicio previo pago AMDC
- Aspectos adaptados para mercados de pequeñas empresas
- Facturación por código de cuenta
- Facturación en tiempo real
- Llamada con tarjeta de crédito
- Marcación en dos etapas
- Transferencia de llamada
- Llamada en modo triple
- Retención de llamada
- Nombre del que llama

3 Sistemas para el acceso inalámbrico fijo basados en el sistema mundial para comunicaciones móviles (GSM)

3.1 Consideraciones generales

Los sistemas de acceso inalámbrico basados en la tecnología GSM operan generalmente en las bandas de 900 MHz, 1 800 MHz o 1 900 MHz. Pueden ofrecer a los abonados servicios de voz, datos y mensajes.

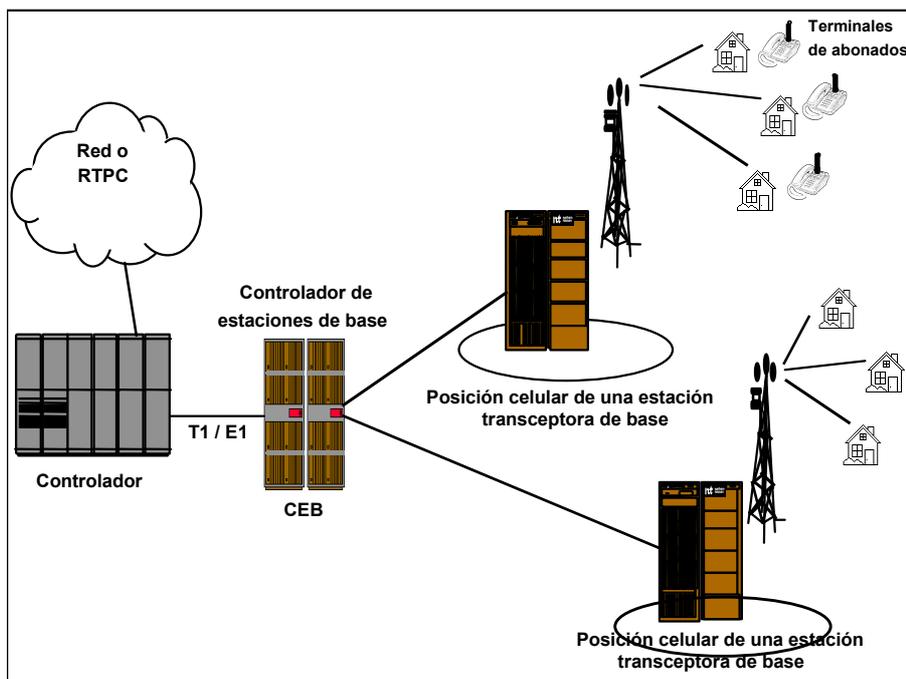
Algunos sistemas específicos incluyen una oferta extraordinariamente «rica en características» de servicios, como el Centrex y la Red privada virtual (VPN), que ha permitido a segundos operadores generar un mercado propio compartido y diferenciado frente a la competencia establecida.

Estos servicios generan ingresos por diversos caminos, tales como:

- La oferta de capacidades adicionales, como perfiles personalizados, mediante suscripción o pago por uso.
- Servicios, como la notificación de correo vocal, que fomentan el crecimiento del tráfico en la red.
- La disponibilidad de servicios, como la interconexión y tarificación de redes corporativas, que dan acceso a segmentos del mercado lucrativos.
- El desarrollo de capacidades de valor añadido, como el tráfico de mensajes cortos o la información meteorológica, que permite el desarrollo de nuevos flujos de ingresos.

FIGURA 39

Arquitectura del sistema de acceso inalámbrico basado en GSM



3.2 Tecnología, arquitectura y configuración

3.2.1 Características de la interfaz radioeléctrica

Clase de emisión:

- canales de tráfico 271KF7W
- canales de control 271KF7W

Método de acceso AMDT

Bandas de frecuencias de transmisión (MHz):

- estaciones de base 935-960 (GSM)
1 805-1 880 (DCS)
1 930-1 990 (PCS)
- estaciones móviles 890-915 (GSM)
1 710-1 785 (DCS)
1 850-1 910 (PCS)

Separación dúplex (MHz) 45 (GSM)
95 (DCS 1 800)
80 (PCS 1 900)

Separación entre portadoras RF (kHz) 200

Número total de canales RF dúplex 124 (GSM)
374 (DCS)
299 (PCS)

Modulación MDM Gaussiano (ST=0,3)

Velocidad de transmisión (bit/s) 270 833

3.2.2 Configuración de la red

En la Fig. 39 se muestra la arquitectura básica de la red.

El sistema de conmutación de red (NSS) incluye el elemento de conmutación principal, las bases de datos para abonados y la base de datos auxiliar del servidor para facilitar servicios adicionales como el servicio de mensajes cortos y la mensajería vocal. Las funciones principales del sistema NSS son las de gestionar las comunicaciones entre el abonado GSM y otros usuarios de la red de telecomunicaciones y actuar como plataforma para la generación de ingresos por servicios. Dentro del sistema NSS, la función de conmutación básica la proporciona el centro de conmutación de servicios móviles (CCM), cuyo principal cometido es coordinar el establecimiento de llamadas hacia y desde los usuarios GSM. El NSS contiene también algunas bases de datos que mantienen la información de abonados necesaria para la prestación de servicios de telecomunicación.

Las funciones de cada uno de los componentes mostrados en la arquitectura del sistema son:

Controlador

El conmutador es el corazón del sistema GSM. Se puede disponer de varias versiones de tamaños y configuraciones diferentes, pudiendo incluir una plataforma de soporte físico y soporte lógico común junto con un soporte informático específico para cubrir la gama completa de aplicaciones del operador.

Periféricos

Los periféricos facilitan el enlace con el mundo exterior. Ellos establecen la interfaz entre el propio controlador y las líneas, enlaces troncales y canales RF a los que sirven. Los módulos periféricos se componen de IDTC y PDTC, TM, MTM, PTM y STM. Los periféricos sirven de interfaz entre la red de conmutación y líneas portadoras digitales, facilidades analógicas y/o circuitos de prueba. Mediante el uso de microprocesadores de control, efectúan la supervisión de llamadas, la temporización de los impulsos de disco, la transmisión y recepción de dígitos multifrecuencia y multifrecuencia bitono y la conversión de analógico a digital. Ellos también establecen la supervisión de la respuesta mediante detecciones de tonos de audio cuando no se recibe de la central de control una señal de respuesta generada por soporte físico.

Sistema de estación de base

El sistema de estación de base (BSS) incluye dos tipos de dispositivos: la BTS, en contacto con los terminales de abonado a través de la interfaz radioeléctrica y el controlador de estaciones de base (CEB), en contacto con los conmutadores de la NSS.

Controlador de estaciones de base

El CEB es conforme con la norma GSM y satisface por tanto todos los requisitos de control del BSS. El controlador CEB puede situarse en el mismo emplazamiento que el CCM o alejado para conseguir ahorros de transmisión mediante la utilización de las capacidades de concentración de tráfico del CEB.

Las funciones principales del CEB son:

- Gestión de los recursos radioeléctricos: el CEB gestiona los recursos radioeléctricos, incluida la asignación de canales a estaciones móviles particulares y el control de la potencia de radiodifusión de los radiocanales, etc., y gestiona asimismo las necesidades de traspaso dentro de las células que sirve. El CEB controla también las características radioeléctricas de la estación móvil mediante señalización transparente a la BTS. Esta señalización instruye a la estación móvil sobre el canal y el intervalo de tiempo que debe sintonizar, qué potencia de transmisión debe utilizar, etc.
- Gestión de operaciones y mantenimiento: el CEB controla la gestión OM de las posiciones radio situadas en su zona de cobertura. Incluye la gestión de configuración y estado, el almacenamiento de cargas de programas para el equipo BTS, la recopilación de datos estadísticos procedentes de las BTS y su actuación como un punto de entrada OM de subred a la gestión de red superior.
- Gestión de los transcodificadores distantes: el CEB controla los transcodificadores distantes, que se encuentran usualmente localizados en la posición del conmutador. Los transcodificadores distantes permiten la multiplexación de cuatro canales de tráfico (13 kbit/s) en el mismo intervalo 30 (64 kbit/s) del MIC, lo que conduce a reducciones de los costes de transmisión.
- Acondicionamiento del tráfico: el acondicionamiento del tráfico se realiza mediante una matriz modular de conmutación en 64 kbit/s, sin bloqueo. Asociada con la matriz principal, hay una matriz secundaria que puede efectuar la conmutación en 16 kbit/s y 8 kbit/s, también sin bloqueo. La segunda matriz permite la implementación de la función de traspaso intra-CEB permitiendo la conmutación de tráfico de subintervalo. La utilización de canales de 16 kbit/s es optimizada por la multiplexación a 64 kbit/s, reduciéndose con ello el número requerido de enlaces MIC y de transcodificadores distantes.

Estación transceptora de base (BTS)

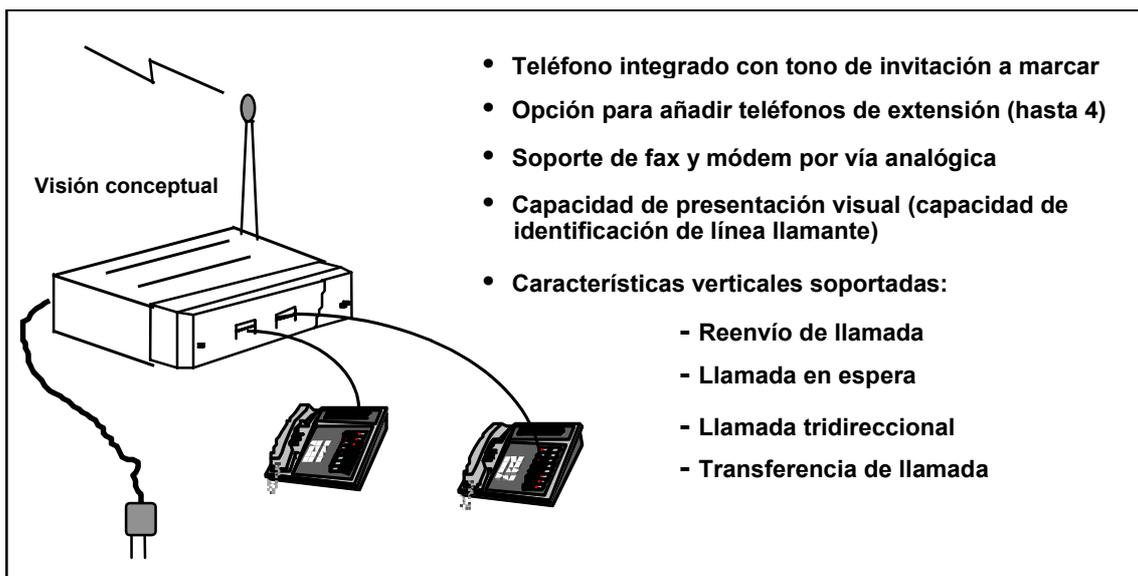
La BTS es el enlace entre las unidades de abonado y el controlador CEB. En la posición de la BTS se encuentran las antenas, transmisor, receptores, amplificadores de potencia y soporte físico de interfaz para sustentar el enlace con el controlador. La BTS comprende dos elementos principales: el equipo común de la posición, que maneja múltiples células/sectores, denominado función común de la base (BCF); y el equipo radio relativo a cada célula (equipo TRX).

Equipo de abonado

Son posibles varias opciones para el equipo de abonado. La opción más amigable para el usuario es un terminal de conversión con una interfaz estándar para los teléfonos convencionales (Fig. 40). Cuando el abonado enchufa esta unidad a una toma de c.a. estándar, la unidad proporciona el enlace de conversión entre el teléfono estándar del abonado y el sistema de acceso inalámbrico. Tales terminales de conversión facilitan múltiples conexiones de teléfono por terminal y disponen de emergencia por batería, encontrándose en el mercado ofrecidos por varios vendedores.

FIGURA 40

Características básicas de los terminales



3.3 Resumen de capacidades

En resumen, los sistemas de acceso inalámbrico basados en GSM tienen los siguientes atributos básicos:

Características más notables

- Soporte de la norma GSM de ETSI para telefonía celular digital.
- Despliegue a nivel europeo y mundial.
- Aprovechamiento de la infraestructura GSM existente.
- Tecnología RF innovadora (a saber, salto de frecuencia).

Ventajas principales

- Alternativa económica a los sistemas de línea terrestre tradicionales basados en hilo de cobre.
- Flexibilidad en la planificación de la red debido a los reducidos plazos de instalación y activación del servicio.
- Ahorros en los costes de explotación como consecuencia de la reducción del mantenimiento y de los informes de averías.
- Ahorros importantes en los gastos de capital iniciales con respecto a los sistemas tradicionales basados en hilo de cobre.
- Despliegue rápido.
- Provisión de una amplia gama de servicios tales como el servicio de telefonía convencional, el teléfono de previo pago, datos y fax sobre una plataforma de soporte físico común.

Aplicaciones

- Densidades de abonados medias y altas.
- Redes extensas, desde 25 000 abonados.
- Múltiples suministradores de terminales y estaciones de base.

Provisión del servicio

- Proveedores actuales y nuevos del servicio celular GSM.
- Proveedores establecidos o nuevos de PCS.
- Proveedores establecidos del servicio DCS.
- Nuevos participantes en mercados en desregulación pero desarrollados.

4 Acceso inalámbrico fijo basado en PHS

4.1 Consideraciones generales

El sistema de acceso inalámbrico basado en PHS (FWA-PHS) está diseñado para las redes RTPC/RDSI (BRI)/Red arrendada que utilizan tecnologías básicas PHS descritas en la Recomendación UIT-R M.1033. El sistema de FWA-PHS utiliza la mayor parte de las facilidades de red existentes. Puesto que el sistema PHS utiliza un esquema AMDT capaz de una velocidad binaria de usuario de 32 kbit/s, el FWA-PHS puede soportar datos a velocidad elevada. El FWA-PHS es adecuado para zonas de gran tráfico, como zonas urbanas y suburbanas, mediante la adopción de una estructura microcelular. Por consiguiente, el FWA-PHS aporta un medio para la construcción de una infraestructura de telecomunicación de bajo costo y en un plazo breve, tanto en países desarrollados como en países en desarrollo.

Puesto que este FWA-PHS retiene la función movilidad, que no es necesaria para el acceso telefónico fijo, el FWA-PHS permite a los terminales telefónicos desplazarse dentro de una zona limitada, por lo que también se denomina sistema telefónico móvil limitado.

4.2 Tecnología, arquitectura y configuración

4.2.1 Características de la interfaz radioeléctrica

Clases de emisión:

- señales de tráfico 288KG7WDT
- canales de control 288KG7DDT

Método de acceso AMDT/DDT

Bandas de frecuencias de transmisión (MHz):

- estaciones de base 1 893,5-1 919,6
- estaciones móviles 1 893,5-1 919,6

Separación dúplex (MHz) No aplicable

Separación entre portadoras RF (kHz) 300

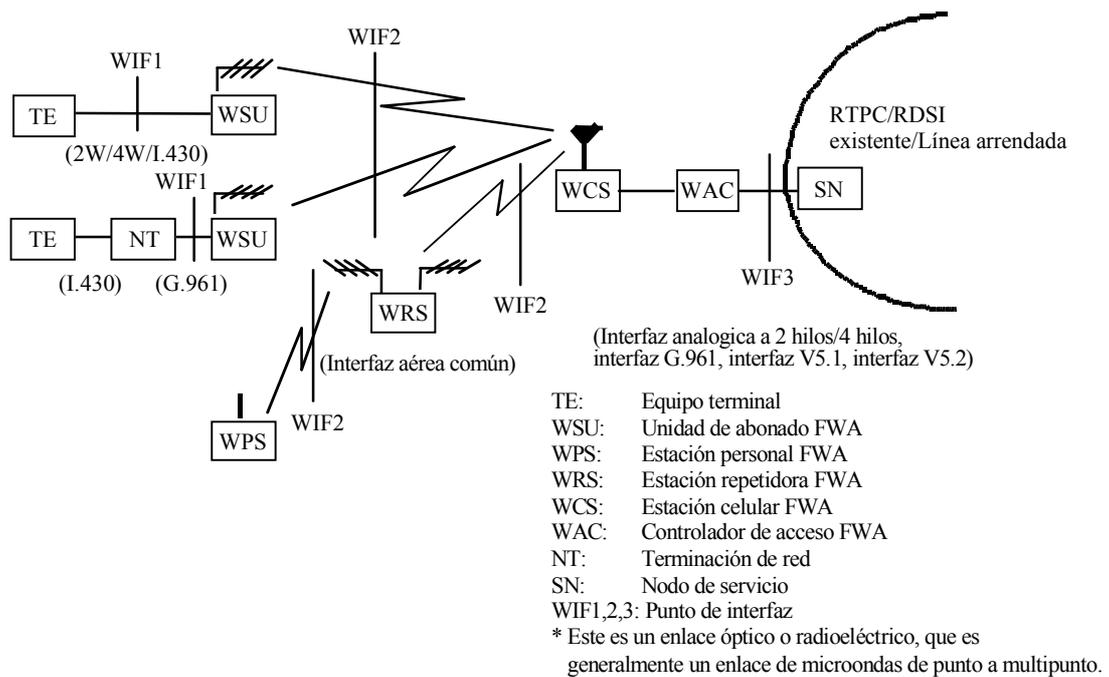
Número total de canales RF 87

Modulación MDP-4 con desplazamiento $\pi/4$

Velocidad de transmisión (kbit/s) 384

4.2.2 Configuración de la red

FIGURA 41
Arquitectura del FWA-PHS



El nodo de servicio (SN – *service node*) que corresponde a la central local conecta a los abonados y procesa las llamadas de origen/de terminación (Fig. 41). El modelo de sistema de FWA-PHS está formado por los siguientes componentes: el controlador de acceso FWA (WAC), la estación celular FWA (WCS), la estación personal FWA (WPS) y la unidad de abonado FWA (WSU). El controlador WAC está situado entre el SN y la estación WCS, y sus funciones son la concentración de líneas, la autenticación, etc. La interfaz aérea entre WCS y WSU está normalizada como la interfaz aérea PHS en RCR STD-28, que se describe en la Recomendación UIT-R M.1033. La WCS se instala normalmente en exterior, en ubicaciones tales como las partes superiores de los postes. Utilizando una WCS de potencia elevada con una salida superior a 100 mW (valor medio) y una antena exterior equipada con la WSU, es capaz de soportar abonados entre 1 000 y 5 000 m distantes de la WCS. La WSU de interior se instala en los locales del abonado y se conecta a los terminales telefónicos. Las antenas se montan en tejado o en pared. La WSU exterior se instala en el extremo próximo a la casa y se conecta al módulo en ésta. La WRS puede situarse en zonas cuyas características geográficas hacen difícil la recepción. La estación personal WPS es un terminal PHS equivalente a un terminal telefónico con funciones WSU.

Se definen las siguientes interfaces:

- 1) WIF1 es una interfaz analógica a 2 hilos/4 hilos del tipo de la Recomendación UIT-T G.961 o I.430/Q.921/Q.931 entre el TE (equipo terminal) y la WSU (unidad de abonado FWA), o entre la NT y la WSU recomendada en la serie C-F1.00 de los documentos del Memorándum of Understanding (MoU) PHS.
- 2) WIF2 es una interfaz radio entre WSU o WPS y WCS y otras recomendadas en la serie C IF2.00 de los documentos MoU PHS (Interfaz aérea común basada en la norma ARIB de RCR STD-28).
- 3) WIF3 es una interfaz analógica a 2 hilos/4 hilos del tipo de la Recomendación UIT-T G.961/Q.921/Q.931; la Recomendación UIT-T G.964: la interfaz V5.1; la Recomendación UIT-T G.965: la interfaz V5.2 o la Bellcore GR-303 entre WAC y SN recomendada en la serie C-IF3.00 de los documentos MoU PHS.

Las funciones de los componentes que se muestran en la arquitectura del sistema son las siguientes:

TE: Equipo terminal

TE, que es un equipo en los locales del abonado, es un terminal de usuario como es el caso del terminal telefónico.

WPS: Estación personal FWA

WPS, que es un terminal de comunicaciones de abonado móvil, comunica con WCS utilizando la interfaz aérea basada en PHS (RCR STD-28).

WCS: Estación celular FWA

WCS, que es un equipo de radiocomunicaciones, comunica con WPS o WSU utilizando la interfaz aérea basada en PHS (RCR STD-28).

WAC: Controlador de acceso FWA

El WAC controla la conexión de la llamada y realiza la autenticación.

SN: Nodo de servicio

SN, que es similar a la central local, o red telefónica, realiza la terminación de la señal de línea de abonado y de la señal de red.

WSU: Unidad de abonado FWA

WSU, que tiene una interfaz analógica a 2 hilos con el equipo terminal TE, convierte las señales entre TE y WCS.

NT: Terminación de red

NT, que da terminación a la red y la conecta al equipo terminal (TE)

Configuración típica

Hay dos tipos de topología de red. Una es un sistema totalmente inalámbrico. La otra es la combinación de sistema óptico e inalámbrico.

1) Inalambrica

Una aplicación posible de PHS es la de complementar un sistema AMDT punto a multipunto red de retroceso/distribución. El sistema AMDT punto a multipunto se utiliza para la conexión entre WCS y WAC con objeto de realizar un acceso inalámbrico fijo completo desde el conmutador a los abonados. Un ejemplo de bandas de frecuencias radioeléctricas para el sistema radio AMDT son las de 1,5 GHz o 2,4 GHz. Con la interfaz aérea PHS se soportan distancias de 1 000 a 3 000 m entre WSU y WCS.

2) Óptica e inalámbrica

La configuración óptica e inalámbrica es la combinación de un enlace de entrada óptico y un enlace de aproximación inalámbrico que utiliza una interfaz radioeléctrica PHS. El enlace óptico que responde a una tecnología consolidada, se utiliza en la conexión entre la WCS y el WAC para lograr una gran fiabilidad y un gran acceso de tráfico desde el conmutador a la WCS. La topología es una configuración en estrella (punto a punto). La longitud del enlace óptico con fibra monomodo de 1,3 μm es de hasta 20 km desde el WAC a la WCS.

4.3 Resumen de capacidades

En resumen, el sistema FWA-PHS ofrece los siguientes atributos básicos:

Características más notables

- RTPC/RDSI(BRI), Línea arrendada
- Calidad vocal elevada.
- Envío de tonos multifrecuencia (MF) para el acceso a diversos servicios.
- Envío de señales de destello.
- Autenticación.
- Encriptación.

Ventajas principales

- Las instalaciones de telecomunicaciones se pueden construir en un plazo corto.
- La inversión inicial para la instalación de la facilidad es relativamente pequeña.
- Capacidad de tratamiento del tráfico adecuada.
- Utilización de la mayor parte de las instalaciones de red existentes.

Aplicaciones

- Zonas urbanas y suburbanas.
- Velocidad de tráfico elevada.

Provisión del servicio

- Los nuevos operadores pueden desplegar de manera rápida y económica el servicio telefónico sin necesidad de construir una red de cables local.
- Servicio de voz y datos económico para las zonas de densidad de abonados elevada y/o zonas empresariales.
- Servicio telefónico provisional durante el restablecimiento de una red filar que ha sufrido avería y en casos de urgencia, establecimiento de circuitos provisionales en zonas catastróficas o en ubicaciones de exhibiciones/acontecimientos.
- Movilidad limitada con WPS.

5 Sistemas de acceso inalámbrico basados en NMT

5.1 Consideraciones generales

La norma del sistema nórdico de telefonía móvil (NMT) es una red celular analógica nacida en los países nórdicos (Dinamarca, Finlandia, Noruega y Suecia). El sistema NMT 450 permite, debido a las características favorables de la propagación en la banda de frecuencias de 450 MHz, la cobertura de zonas amplias mediante células radio relativamente grandes cuando los terminales de abonado tienen la capacidad de potencias de transmisión elevadas para distancias largas. Con el sistema NMT 900, se pasó a disponer de 1000 radiocanales adicionales que aumentaron eficazmente la capacidad de ambos sistemas mediante la reducción del tamaño de las células. Las características de propagación en la banda de 900 MHz no son tan favorables como las de la banda de 450 MHz, y el aumento del número de canales vocales por «entrelazado» que pueden añadirse alcanza la cifra de 1999 canales vocales disponibles. La arquitectura de ambos sistemas celulares NMT 450 y NMT 900 es sencilla, y está constituida por dos componentes (además de los propios teléfonos móviles): una central telefónica móvil (MTX, *mobile telephone exchange*) y estaciones de base (EB), junto con algún soporte físico de interconexión a la RTPC. Ambos sistemas de acceso inalámbrico son soportados por centros de conmutación digital de diseño modular, que pueden a su vez ser soportados por la gestión de red del sistema de soporte de operaciones (OSS, *operation support system*) móvil y un registro de posiciones de base (HLR), para satisfacer las necesidades del mercado de servicios avanzados. Estos servicios, tales como las facilidades de red inteligente (IN), los servicios de conversiones de números (números de acceso universal), reenvío de llamada dependiente del tiempo y grupos cerrados de usuarios (que permite incluir a los teléfonos móviles dentro de un plan de numeración interno de una compañía), se encuentran a disposición en el mercado.

En el acceso radioeléctrico hay que considerar dos conceptos básicos. Uno es el verdadero «sustituto del cobre» en la red de acceso, y que conecta la central MTX a la RTPC, y otro es la solución celular «mixta», que proporciona una red celular completa, incluidos conmutadores, nodos IN, estaciones de base, pero que está destinada a servir tanto a abonados celulares fijos solamente (celular fijo) como a una mezcla de abonados móviles celulares normales y celulares fijos (celular mixto). Actualmente, existen servicios de acceso radio basados en estaciones de base NMT analógicas que permiten a los operadores mejorar la capacidad y la cobertura sin necesidad de hilos físicos entre la central local y el abonado.

Los sistemas de acceso inalámbrico basados en NMT sirven de alternativa o complemento al hilo de cobre y ofrecen un servicio equivalente en cuanto a numeración, tarificación, etc., con ahorros considerables en costo y tiempo para el operador del servicio. Se pueden añadir nuevos abonados con rapidez, los costes de instalación son bajos y el operador se beneficia de poder proporcionar cobertura a zonas extensas utilizando esta tecnología radio.

5.2 Tecnología, arquitectura y configuración

Los sistemas de acceso inalámbrico basados en NMT tienen cuatro componentes básicos: el módulo interfaz conmutador (SIM, *switch interface module*), el módulo interfaz traductor (TIM, *translator interface module*), la EB y el terminal radio de abonado (SRT, *subscriber radio terminal*).

El módulo SIM proporciona la interfaz entre el sistema de acceso inalámbrico y la central local, utilizando enlaces MIC de 2 Mbit/s de conformidad con las Recomendaciones UIT-T G.703 y UIT-T G.704. Cada enlace de 2 Mbit/s sirve a 30 abonados; y se encuentran a disposición interfaces de línea analógica. Con modificaciones menores, el SIM puede conectarse prácticamente a cualquier tipo de central local. El SIM actúa como un concentrador de tráfico hacia las partes radio del sistema, las cuales son controladas por el TIM. El TIM asigna radiocanales a las llamadas, y también encripta las señales radio para evitar las escuchas indiscretas. Cada TIM puede soportar hasta 90 radiocanales. Con cargas normales de tráfico de los abonados residenciales y cargas pequeñas de tráfico de los abonados de empresa, un solo radiocanal puede soportar hasta 10 abonados con un grado de servicio aceptable; esto significa que el TIM tiene una capacidad efectiva de unos 900 abonados. Un solo SIM puede controlar múltiples TIM, y los TIM pueden situarse alejados de los SIM (generalmente, se colocan en el mismo emplazamiento que las EB).

Las EB están disponibles en diversos tamaños, y sirven de 8 a 32 radiocanales. Estos son exactamente los mismos que se utilizan en las redes celulares convencionales. Las EB utilizan bien 2×5 MHz en la gama de 380-500 MHz, o hasta 2×25 MHz en la gama de 800-1000 MHz, dependiendo de la disponibilidad de frecuencias radioeléctricas a nivel local. De manera general, la banda de frecuencias inferior proporciona un alcance mayor de la transmisión y las bandas de frecuencias superiores son más adecuadas para zonas con densidades de abonados elevadas.

El último componente es el SRT. Una antena de interior conecta directamente con el SRT; alternativamente, una antena direccional de exterior puede utilizarse para mejorar la recepción de zonas marginales. Los aparatos telefónicos, máquinas fax y/o módems pueden enchufarse en el SRT exactamente igual que en una roseta de teléfono normal, y los abonados pueden realizar y recibir llamadas en el modo normal utilizando marcación por impulsos o marcación por multifrecuencia bitono (DTMF, *dual tone multiple frequency*). Los impulsos de tasación pueden ser transportado por el sistema, permitiendo también la utilización de los teléfonos de monedas y de los medidores de tasación privados. Los SRT multilínea, para edificios de apartamentos o bloques de oficinas, se encuentran también en el mercado.

5.3 Resumen de capacidades

En resumen, el sistema de acceso inalámbrico basado en NMT ofrece los siguientes atributos básicos:

Características más notables

- Transparente al POTS, fax de grupo III, voz y datos (Recomendaciones UIT-T V.21, UIT-T V.22, UIT-T V.22bis y UIT-T V.32), DTMF (Recomendación UIT-T Q.23).

- Capacidad de cómputo (impulsos de 12/16 kHz e/o inversiones de polaridad).
- Privacidad de las comunicaciones para voz, datos, fax y DTMF.
- Función de operación y mantenimiento distante con presentación de alarmas de SIM/TIM/RBS.
- Interfaz digital V5.1 (Recomendación UIT-T G.964) con cualquier central local.
- Conexión analógica a 2 hilos con cualquier central local.
- Disponibilidad de estadísticas de tráfico.
- El plan de numeración de la RTPC no se ve afectado.

Ventajas principales

- Rapidez de puesta en servicio y bajo coste.
- Calidad de la voz elevada.
- Amplia gama de configuraciones del sistema.

Aplicaciones

- Sistemas de densidad baja a media y sistemas de densidad elevada.
- Zonas rurales, suburbanas y urbanas.

6 Sistema de acceso inalámbrico basado en DECT

6.1 Consideraciones generales

Los sistemas basados en telecomunicaciones sin cordón digitales mejoradas (DECT) utilizan una combinación del acceso múltiple por división de tiempo (AMDT) y el dúplex por división de tiempo (DDT). Con ello no es necesario efectuar un filtrado de radiofrecuencia costoso y se posibilita el desarrollo de aparatos telefónicos compactos, de poco peso y de bajo coste. Los sistemas DECT operan en un espectro de 20 MHz de anchura, asignado para toda Europa, a saber 1880-1900 MHz. El espectro se divide en 10 portadoras, cada una de las cuales dispone de 12 intervalos de tiempo AMDT, proporcionando un total de 120 canales vocales. La voz se codifica a 32 kbit/s, que es el doble de la velocidad utilizada por GSM y que proporciona una calidad vocal de comunicación interurbana. La potencia de cresta máxima de las estaciones de base y los aparatos telefónicos es de 250 mW. Sin embargo, como ésta es la potencia de cresta (es decir, presente solamente mientras dura la transmisión del intervalo de tiempo), la potencia media transmitida es de 10 mW o menos, resultando una vida de la batería significativamente ampliada en comparación con lo que ocurre en el caso de los teléfonos celulares o los teléfonos sin cordón analógicos convencionales.

El sistema DECT proporciona compatibilidad de voz y datos RDSI, encriptación total y traspaso sin interrupción de la comunicación. Los intervalos de tiempo pueden combinarse para proporcionar una transmisión de datos de alta capacidad (hasta 552 kbit/s). La asignación dinámica de canales elimina la necesidad de cualquier planificación radioeléctrica de la red y no existen paneles de control dedicados. En funcionamiento, el sistema explora los canales de manera continua y selecciona el mejor canal RF disponible.

El DECT ha definido un esquema de modulación mejorado que permite velocidades binarias netas de 2 Mbit/s. El DECT tiene una capacidad de 10 000 E/km² aproximadamente, o alrededor de 100 veces la capacidad de las redes celulares actuales.

6.2 Tecnología, arquitectura y configuración

Un juego completo de normas ETSI define las características del sistema. Pueden dividirse en conjuntos de:

- Normas básicas
- Perfiles de acceso público (perfil de acceso de bucle local radio (RAP, *radio local loop access profile*) y de acceso genérico (GAP, *generic access profile*))
- Módulo de autenticación DECT
- Perfiles DECT
- Especificaciones de prueba
- Documentos reglamentarios.

Estas normas son aceptadas en un número cada vez mayor de países. Para facilitar la introducción del sistema DECT en países no europeos donde no se dispone de las frecuencias DECT básicas de 1 880-1 900 MHz, se han definido los parámetros radioeléctricos para la gama de frecuencias 1 880-1 937 MHz.

6.2.1 Características de la interfaz radioeléctrica (1 880-1 900 MHz)

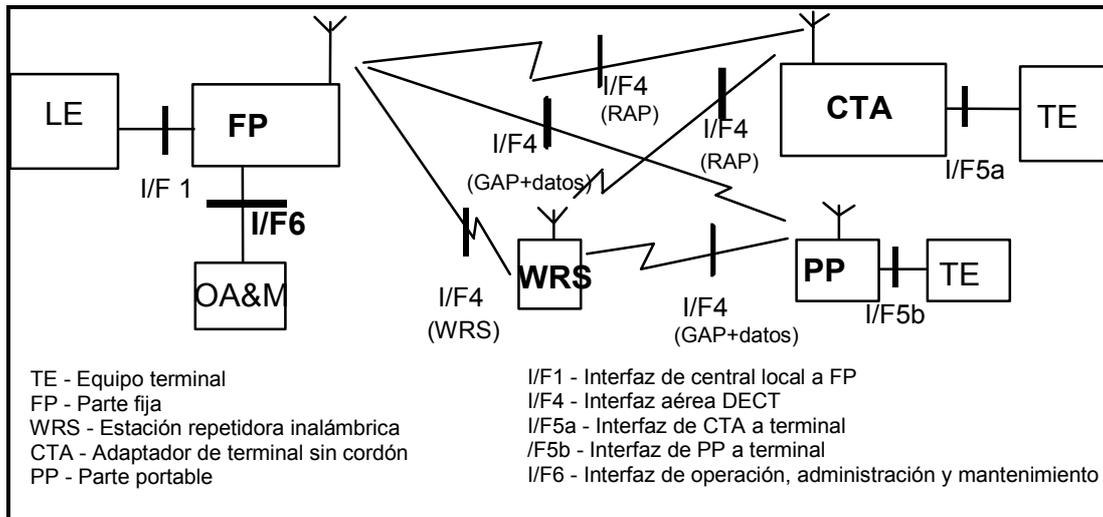
Clase de emisión	1M73F7W
Método de acceso	AMDT
Banda de frecuencias de transmisión/recepción DDT (MHz)	1 880-1 900 MHz
Separación dúplex	No aplicable (DDT)
Separación entre portadoras RF (MHz)	1 728
Número total de canales RF DDT	120
Modulación	MDM gaussiana
Velocidad de transmisión (kbit/s)	1 152

6.2.2 Configuración de la red

El modelo de referencia para los sistemas de bucle local de acceso inalámbrico DECT se presenta en la Fig. 42. El modelo se facilita para mostrar los servicios, facilidades y configuraciones del bucle local para el acceso inalámbrico DECT.

FIGURA 42

Modelo de referencia DECT RLL



6.2.3 Interoperabilidad de la interfaz aérea DECT

Al derivarse de una tecnología móvil, el bucle local de acceso inalámbrico DECT emplea un perfil de interoperabilidad estándar, lo que significa en principio que la parte fija (estación de base) puede ser producida por un fabricante, el equipo de abonado por otro y quizás las estaciones repetidoras por un tercero, si bien se sigue todavía ofreciendo un nivel de servicio útil para el abonado. Resulta evidente el beneficio derivado para el operador de la existencia de múltiples vendedores de equipos, lo que permite además que los fabricantes puedan especializarse en un segmento de la red.

6.2.4 Alcance, capacidad de tráfico y eficacia

Con la tecnología DECT, en condiciones de propagación con visibilidad directa, se han mostrado realizables alcances de hasta 5 km utilizando en ambos extremos del enlace antenas de 12 dBi y de alturas razonables. Una estación de repetición radio (WRS) de un solo salto puede aumentar este alcance en otros 5 km en una dirección particular. Mediante disposiciones de antena especiales y la utilización del adaptador de terminal sin cordón (CTA) cada vez más desarrollado, se puede aumentar el alcance en más de 5 km.

El soporte de un tráfico medio de 40-60 E (portadores dúplex telefónicos equivalentes) y un grado de servicio del 1% son valores realistas para una posición de bucle local de acceso inalámbrico DECT con antenas de ganancia sectorizada. Tal posición estará equipada con 6-12 radios DECT aproximadamente y puede soportar de 400 a 600 abonados del servicio telefónico ordinario o de la RDSI con un tráfico medio de 100 mE/abonado.

Un solo adaptador CTA radio puede facilitar de 1 a 12 líneas (troncales) en la interfaz. Hay que señalar que, incluso en el caso en que se facilitan 12 líneas, los portadores correspondientes en la interfaz aérea solamente se establecen si hay una llamada en la línea. Estas líneas (troncales) pueden tener una interfaz I/F5a analógica a 2 hilos, o se ha eliminado la conversión D/A en el CTA, con lo que se proporcionan líneas MIC digitales a 4 hilos de 64 kbit/s (I/F5a). Esto resulta adecuado cuando se conectan centralitas PABX digitales y para servicios CENTREX. Utilizando antenas sectorizadas de ángulo estrecho, especialmente en condiciones de propagación con visibilidad directa, un número grande de tales enlaces troncales pueden ser facilitados eficazmente por una central local.

El servicio RDSI DECT supervisa la información de capa 3 de la RDSI, y asigna recursos de portadores DECT solamente cuando, y en la forma en que, es requerido por los servicios RDSI en ese instante específico. Para datos en el modo paquete, la transmisión por el canal D es mucho más eficaz en cuanto a la utilización del espectro y, como promedio, carga los dispositivos de radio en mucha menor medida que cualquier servicio a través de módem o servicio RDSI.

6.3 Resumen de capacidades

En resumen, los sistemas de acceso inalámbrico basados en DECT tienen los siguientes atributos básicos:

Características más notables

- Mediante el uso de la asignación dinámica de canales (DCA) en la banda completa de 20 MHz no es necesaria la planificación de frecuencias.
- La DCA selecciona el mejor radiocanal, durante la llamada, con arreglo a la calidad de la señal.
- La codificación MICDA a 32 kbit/s conforme con la Recomendación UIT-T G.721 proporciona un grado de servicio equivalente al de la red pública.
- Son soportados los protocolos de señalización DTMF y marcación por impulsos.
- Se dispone de interfaz de abonado RDSI.
- Se proporciona registro de ubicaciones de los abonados, cifrado y autenticación.
- Se utiliza cualquier tipo de aparato telefónico, incluidos los teléfonos portátiles DECT.

Ventajas principales

- La norma es ampliamente aceptada en un entorno multivendedor.
- Capacidad de carga de tráfico elevada.
- Conexión a RTPC y RDSI.

Aplicaciones

- Sistemas de densidad de abonados alta, media y baja.
- Urbana, suburbana y rural.

7 Sistemas de acceso inalámbrico basados en AMPS

7.1 Consideraciones generales

Los sistemas de acceso inalámbrico basados en AMPS son sistemas analógicos que utilizan la tecnología AMDF y cumplen con la norma EIA/TIA 553. Los sistemas AMPS fueron de los primeros sistemas celulares implantados en el mundo, ofreciendo una calidad vocal alta y operando en las bandas de frecuencias de 400 y 800 MHz. Estos sistemas soportan, además de la voz, servicios de datos y fax dentro de banda.

7.2 Tecnología, arquitectura y configuración

Los sistemas inalámbricos AMPS utilizan la tecnología AMDF en línea con las normas EIA/TIA 553. Puesto que estos sistemas se basan en tecnologías no propietario, y fueron de los primeros sistemas celulares implantados en América del Norte (y en el mundo), existe un

suministro abundante de unidades de abonado de bajo coste procedentes de muchos proveedores. Además, el desarrollo de las normas digitales IS-54 e IS-136 permite una evolución elegante del sistema analógico a digital sin que repercuta en el conjunto de abonados existentes.

7.2.1 Características de la interfaz radioeléctrica

Clase de emisión:

- canal vocal 30KOF3E
- canal de control 26KOF1D

Método de acceso AMDF

Frecuencia de transmisión (MHz):

- base 869-894
- móviles 824-849

Separación dúplex (MHz) 45

Separación entre portadoras RF (kHz) 30

Número total de canales dúplex RF 832

Modulación:

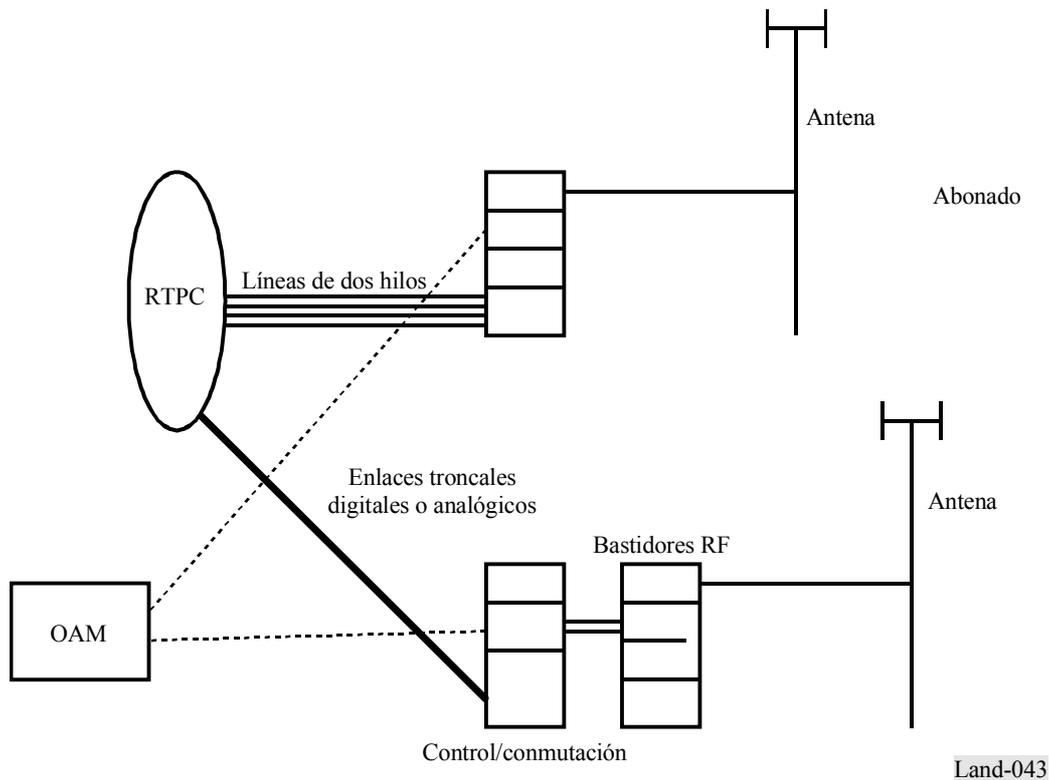
- voz MF \pm 12 kHz de desviación
- señalización MDF-2 \pm 8 kHz de desviación

7.2.2 Configuración de la red

En sus configuraciones más sencillas, los sistemas AMPS pueden estar constituidos por unos pocos canales de voz y algún soporte físico de interfaz conectado directamente a la RTPC local mediante líneas de abonado a 2 hilos. En configuraciones más amplias, estos sistemas pueden soportar posiciones que superen los 50 radiocanales conectados a la RTPC vía enlaces troncales analógicos o digitales. Las configuraciones normales están formadas por macrocélulas, si bien pueden también soportarse microcélulas. Estos sistemas se destinan en general a aplicaciones de densidades de abonados bajas a medias. Debido a la madurez que se ha alcanzado en el desarrollo del soporte físico, estos sistemas pueden significar una solución económica en muchos casos.

En la Fig. 43 se muestra la arquitectura básica del sistema. El sistema de acceso inalámbrico está formado por el equipo de conmutación y el equipo de la posición radio. Un sistema pequeño consistiría en un armario de altura media que contiene los equipos de radio, control y conmutación. Las únicas conexiones exteriores requeridas son las de alimentación de energía, antena y líneas de dos hilos. En sistemas de mayor capacidad los bastidores para los equipos de radio, de control y de conmutación están separados.

FIGURA 43
Arquitectura del sistema basado en AMPS



Controlador

En general, el controlador se ocupa de la gestión de los recursos radioeléctricos y de proporcionar las interfaces apropiadas a la RTPC. En las configuraciones sencillas esta función enlaza una conexión de teléfono a 2 hilos a un abonado inalámbrico utilizando un radiocanal disponible. En configuraciones más complejas, el controlador proporciona capacidades perfeccionadas de gestión de red, gestión de movilidad, facturación y gestión de abonados. Se encuentra disponibles en diferentes tamaños y configuraciones, dependiendo de la capacidad y características globales del sistema.

Periféricos

Además de las opciones de conexión a la RTPC (líneas, enlaces troncales, conexión analógica, conexión digital, etc.), el único periférico importante es el subsistema OAM. Este sistema es opcional, dependiendo del tamaño y la capacidad del equipo instalado. Puede conectarse a través de medios dedicados o por marcación. En redes pequeñas, este sistema puede estar constituido por un ordenador portátil que se utiliza solamente en circunstancias de averías serias o de reconfiguraciones importantes.

Equipo de la posición radio

El equipo de la posición celular radioeléctrica convierte las señales vocales analógicas a señales moduladas en frecuencia en las bandas de 400 MHz u 800 MHz. Es la interfaz inteligente entre el controlador y los abonados servidos por el sistema. Generalmente es un equipo modular y fácil de instalar y mantener.

Equipo de abonado

Se encuentran a disposición varias opciones del equipo de abonado. La opción más común es una unidad móvil convertida a estación fija mediante la adición de fuentes de alimentación, cubiertas e interfaces telefónicas RJ-11. Algunos suministradores proporcionan este tipo de unidad. Estas estaciones fijas están también disponibles sin interfaz RJ-11 y pueden utilizarse directamente con sus propios microteléfonos.

7.3 Resumen de capacidades

En resumen, los sistemas de acceso inalámbrico basados en AMPS ofrecen los siguientes atributos básicos.

Características más notables

- Soporte del servicio telefónico de abonado básico.
- Calidad vocal elevada.
- Provisión de transparencia de características para los servicios de datos y fax básicos (dentro de banda).
- Amplia gama de capacidades OAM.
- Provisión de una plataforma de evolución hacia CDPD.
- Cumplimiento total de EIA/TIA 553.
- Muchos suministradores de equipos terminales de abonado económicos.
- Medio de evolución hacia los sistemas digitales conformes con las normas IS-54/IS-136.

Ventajas principales

- Rapidez de despliegue y bajos costes.
- Múltiples plataformas de conmutación.
- Amplia gama de configuraciones del sistema (posiciones de 3 canales a posiciones de más de 60 canales).
- Calidad vocal elevada.
- Soporte de servicios de datos y fax dentro de banda.

Aplicaciones

- Sistemas de baja y media densidad.
- Rural, suburbana, urbana.

8 Sistemas de acceso inalámbrico basados en TACS

8.1 Consideraciones generales

Los sistemas de acceso inalámbrico basados en TACS son sistemas analógicos que utilizan el AMDF y que cumplen la especificación de compatibilidad del sistema de comunicación con acceso total del Reino Unido, Issue 4. Estos sistemas prestan servicio de voz de alta calidad y están disponibles en las bandas de frecuencias de 400 y 800 MHz. Además de la voz, los sistemas soportan servicios de datos y fax dentro de banda.

8.2 Tecnología, arquitectura y configuración

Estos sistemas inalámbricos utilizan la tecnología AMDF de conformidad con la especificación de compatibilidad del sistema de comunicación con acceso total del Reino Unido, Issue 4. Como estos sistemas se basan en tecnología no propietario, hay un suministro abundante de unidades de abonado de bajo coste ofrecidas por muchos proveedores.

8.2.1 Características de la interfaz radioeléctrica

Clase de emisión:

- canal vocal 25KOF3E
- canal de datos 23KOF1D

Método de acceso AMDF

Frecuencia de transmisión (MHz):

- base 917-950
- móviles 872-905

Separación dúplex (MHz) 45

Separación entre portadoras RF (kHz) 25

Número total de canales RF dúplex 1 320

Modulación:

- señales vocales MF \pm 9,5 kHz de desviación
- señalización MDF-2 \pm 6,4 kHz de desviación

8.2.2 Configuración de la red

Las configuraciones del sistema son idénticas a las de los sistemas AMPS descritos en la sección anterior.

8.3 Resumen de capacidades

Las capacidades, ventajas y aplicaciones del sistema son en su mayor parte idénticas a las descritas anteriormente para los sistemas AMPS, salvo en dos puntos básicos, uno de carácter positivo y otro negativo.

Por el lado positivo, la separación de canales de 25 kHz proporciona mayor capacidad del sistema en la misma anchura de banda. El aspecto negativo es que no existe un camino sencillo y económico para la evolución hacia la tecnología digital (no equivalente a IS-54 o IS-136).

ANEXO 5

Descripciones detalladas: sistemas basados en tecnologías patentadas de la interfaz radioeléctrica

1 Sistema de acceso inalámbrico fijo a Internet de Nortel Networks

1.1 Consideraciones generales

El sistema de acceso inalámbrico fijo a Internet de Nortel Networks es un sistema de acceso inalámbrico fijo totalmente digital diseñado como alternativa al largo plazo necesario para el despliegue del acceso por línea de cobre tradicional. El sistema Nortel Networks Internet FWA es una nueva marca que salió en abril de 2000 para lo que anteriormente se conocía como el Sistema Nortel Networks Proximity II FWA. El sistema se ha diseñado para ofrecer la misma calidad y transparencia de servicios que el acceso de línea de hilo con la ventaja adicional de disponer como mejora importante en 2001 de velocidades de datos de acceso «siempre presente» a Internet más rápidas que las del módem.

El sistema se integra fácilmente en redes de tecnologías de acceso mixtas con una repercusión pequeña en la infraestructura de la red. El producto presenta muchas ventajas con respecto a otros métodos de acceso. Si se compara con el acceso de hilo de cobre, ofrece la misma calidad y transparencia de servicios pero su despliegue es mucho más rápido. Comparado con otros sistemas de acceso radioeléctrico, el sistema es más fácil de integrar en la infraestructura de acceso existente, requiriendo únicamente unos pocos enlaces digitales en la central local que dan el tono de marcación, la facturación y otros servicios que presta el proveedor. Por último, el producto ofrecerá un acceso a Internet «siempre presente» de gran calidad para velocidades de interfaz aérea de hasta 96 kbit/s (sin compresión) utilizando la transmisión de datos por paquetes, a partir de 2001.

El Sistema Nortel Networks Internet FWA opera con un enlace radio a 3 500 MHz entre la estación de base y el equipo en el domicilio del abonado. El espectro está disponible en muchas partes del mundo y no siendo adecuada para el uso móvil, se ha visto que es ideal para las aplicaciones fijas. El uso de esta banda de frecuencias requiere que el enlace radio tenga una visibilidad casi directa entre la antena distante en los locales del usuario y la estación de base, empleando la diversidad espacial para minimizar los efectos de propagación multitrayecto y de desvanecimiento.

El protocolo de señalización empleado entre la estación de base y el equipo de usuario se ha obtenido a partir de normas existentes del servicio móvil, que se han optimizado para esta aplicación fija eliminando los encabezamientos de señalización y las limitaciones de calidad de los sistemas móviles. El sistema emplea técnicas DDF y AMDT para maximizar la eficacia espectral. En las redes filares tradicionales, una central local o concentrador de líneas distante se instalaría en una zona y se cablearía hasta armarios en las calles preparados para facilitar la conexión a los usuarios. Con el sistema Nortel Networks Internet FWA la estación de base sustituye a la distante y difunde las señales radioeléctricas sobre el área de una célula para cubrir a la comunidad de usuarios. Se puede diseñar una estructura celular contigua para cubrir comunidades completas.

La estación de base se conecta directamente a un conmutador vía enlaces de 2 Mbit/s, de conformidad con la Recomendación UIT-T G.703 (enlaces E1), los cuales pueden transportarse por el medio de transmisión adecuado, como la fibra óptica o la radio con visibilidad directa. El sistema Nortel Networks Internet FWA proporciona servicio de telecomunicaciones desde cualquier conmutador de red anfitrión, prestando servicios de telefonía, datos y fax de calidad telefónica interurbana por estos enlaces, y utiliza también la norma V5.2 de señalización abierta ETSI para minimizar el número de enlaces requeridos. La interconexión de datos por paquetes realiza la función de interfaz, utilizando normas de protocolo Internet Engineering Task Force (IETF) por los enlaces E1 de la estación de base.

Las estaciones de base del Sistema Nortel Internet FWA funcionan en un radio de célula de 200 m a 40 km. Su dimensión puede variarse desde 30 llamadas simultáneas hasta 180, añadiendo simplemente portadoras radioeléctricas en grupos de 3 y pueden dimensionarse para aplicaciones rurales, suburbanas y urbanas. Tres cuartos aproximadamente del coste reside en el equipo en el local del usuario. En consecuencia, el operador sólo efectúa la mayor parte de la inversión en capital de la red cuando incorpora un nuevo cliente.

El terminal radio de usuario tiene dos interfaces de línea RTPC para dos conexiones de red independientes. El acceso Internet con datos por paquetes se obtendrá a través de puertos de datos USB o RS-232 en el terminal. Pueden asignarse líneas RTPC a un usuario o dividirse éstas entre dos de ellos que tengan cada uno su propia unidad de potencia.

1.2 Tecnología, arquitectura y configuración

NOTA – En el punto que sigue se describen las especificaciones del servicio de banda vocal del sistema Nortel Networks Internet FWA actualmente disponibles. Se están desarrollando especificaciones de un nuevo acceso mejorado a Internet de datos por paquetes que estará disponible en 2001.

1.2.1 Características de la interfaz radioeléctrica

Clase de emisión:

- | | |
|---|-------------------|
| – canales de tráfico por portador | 10 |
| – anchura de banda del canal de tráfico | 32 kbit/s |
| – codificación de la voz | MICDA a 32 kbit/s |
| – datos en banda vocal | MIC a 64 kbit/s |

Método de acceso AMDT

Dúplex DDF+DDT

Bandas de frecuencias de transmisión (Hz):50 000 000 dúplex

- | | |
|----------------------|--|
| – enlace descendente | $3\,475\,968\,000 + (n \times 307\,200)$ |
| – enlace ascendente | $3\,425\,280\,000 + (n \times 307\,200)$ |

Bandas de frecuencia de transmisión: 100 MHz dúplex

Enlace ascendente a la estación de base

Banda A	$3\,402,8544 + (n \times 0,3072)$ MHz
Banda B	$3\,428,8944 + (n \times 0,3072)$ MHz
Banda C	$3\,450,7776 + (n \times 0,3072)$ MHz
Banda D	$3\,475,6608 + (n \times 0,3072)$ MHz

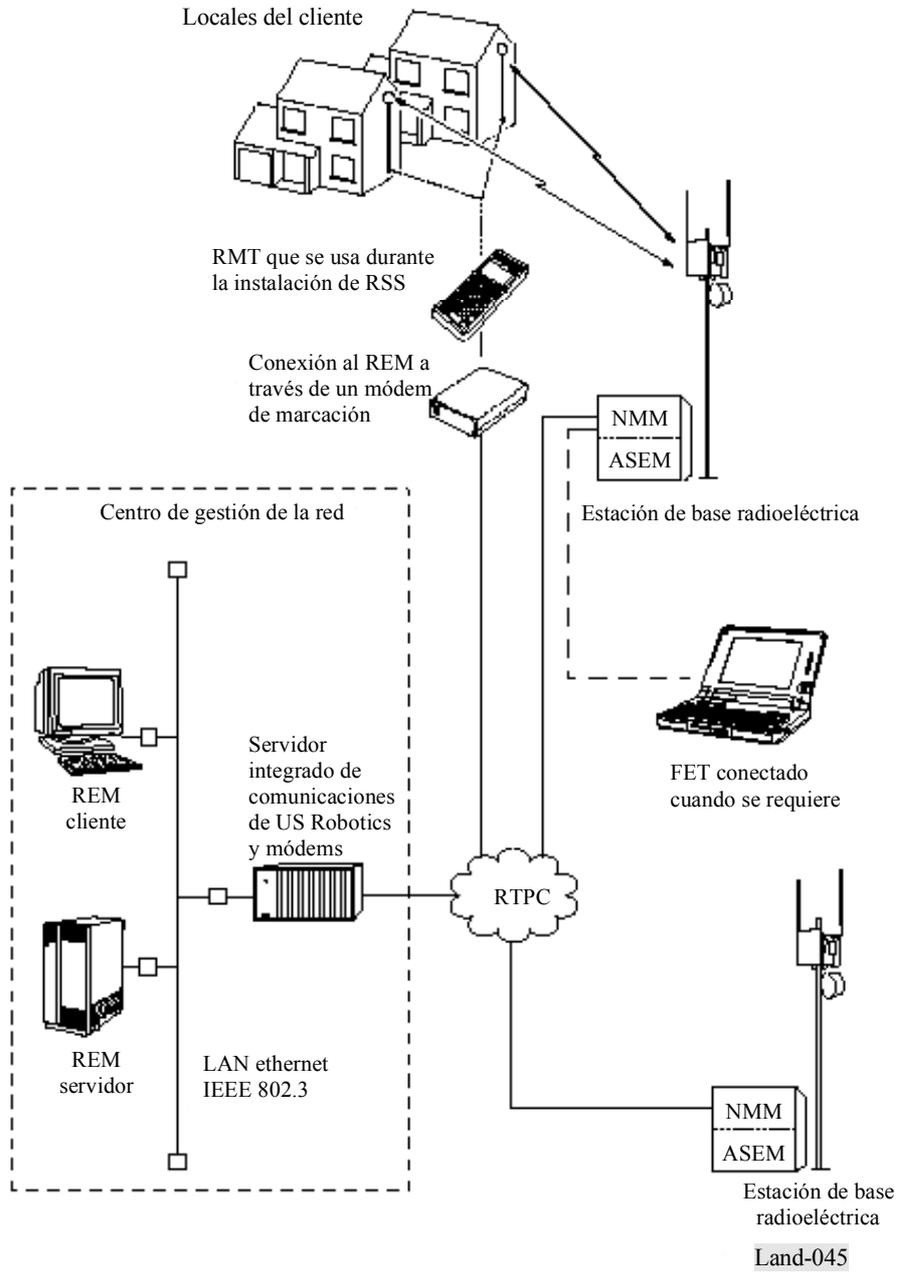
Enlace descendente desde la estación de base

Banda E	$3\,502,6944 + (n \times 0,3072)$ MHz
Banda F	$3\,525,7344 + (n \times 0,3072)$ MHz
Banda G	$3\,550,6176 + (n \times 0,3072)$ MHz
Banda H	$3\,575,5008 + (n \times 0,3072)$ MHz
Separación dúplex (Hz)	50 668 000
Separación entre canales RF (Hz)	307 200
Número total de canales RF dúplex	54
Modulación	MDP-4 con codificación diferencial $\pi/4$
Velocidad binaria bruta (kbit/s)	512
Velocidad binaria neta por intervalo de tráfico (kbit/s)	32

1.2.2 Configuración de la red

En la Fig. 45 se representa la arquitectura básica. El sistema Nortel Networks Internet FWA se compone de equipo de conmutación y equipo de la posición radio. Un sistema básico incluirá una central local de conmutación, una red de estaciones de base, el equipo de usuario residencial que se instala en los locales del mismo y que facilita la conexión radio con la estación de base, y un equipo de operación y mantenimiento del sistema Nortel Networks Internet FWA.

FIGURA 45
Configuración (servicio en banda vocal) del sistema Nortel
Networks Internet FWA



Las funciones de los componentes del sistema se describen a continuación.

Conmutador de central local

La central local/conmutador es un conmutador local estándar de clase 5 como los que se instalan comúnmente en las redes de conmutación. Interconecta con uno o más conmutadores de central de otras redes públicas y con cada una de las posiciones radio. No es necesario ningún equipo específico en la red entre la estación de base y la central de conmutación.

El equipo de estación de base emula el funcionamiento de una línea normal distante conectada a la central de conmutación. Se atiende y factura a los usuarios desde el conmutador, del mismo modo que en las conexiones de línea filar.

La estación de base implementa los siguientes sistemas de señalización para la conexión al conmutador:

- **2 hilos.** Los enlaces de retroceso de las estaciones de base utilizan señalización asociada al canal de 2 Mbit/s sin concentración y requerirán un terminal de central (comprendido un multiplexor de calle modificado) localizado en la central para convertir las interfaces de línea a 2 hilos para conexión en interfaces de línea de abonado normales en el conmutador.
- **CAS.** La señalización de 2 Mbit/s sin concentración puede ser proporcionada utilizando la especificación de señalización abierta de Nortel Networks o una señalización a medida para adecuarse a una realización de conmutador específica.
- **DMSX.** Señalización de interfaz con concentración propietario de Nortel para la conexión a cualquier familia de conmutadores DMS de Nortel Networks. Alternativamente Nortel Networks puede proporcionar equipo controlador de estaciones de base económico para permitir la conversión de esta señalización en señalización del lado troncal nacional y la conexión a conmutadores existentes en el troncal RTPC.
- **V5.2.** Nortel Networks ha implementado la norma V5.2. de señalización de acceso abierto ETSI. Se dispone de una especificación de señalización que permite la conexión a cualquier conmutador local que pueda implementar V5.2.

Sistema de servicio a distancia

El sistema de servicio a distancia (RSS, *residential service system*), es el equipo ubicado en el domicilio del usuario y provisto de hasta 2 líneas de teléfono independientes por antena. El RSS tiene una unidad de interior para la terminación de potencia y de línea y una unidad exterior que contiene una antena integral (véase la Fig. 46):

- Unidad transceptora de distancia (RTU, *residential transceiver unit*). Esta unidad contiene toda la electrónica activa salvo la fuente de alimentación. La electrónica, incluido el transceptor radioeléctrico, el procesador y 2 interfaces de línea, está montada detrás de una antena directiva octogonal, que mide 30 cm a través de la placa. Esta unidad debe montarse en el exterior de la parte superior del domicilio del abonado con visibilidad casi directa con la estación de base.
- Unidad de alimentación y conexión a distancia (RPCU, *remote power and connection unit*). Esta unidad proporciona alimentación de 48 V c.c. a partir de la red general del edificio. Se dispone de unidades alimentadas a 220 V y 110 V, junto con opciones para alimentación por energía solar. La unidad también alberga una batería que garantiza el servicio durante los cortes de energía de red y dos enchufes RJ11.

La norma RSS facilita el acceso a hasta 3 de los segmentos de tráfico en 32 kbit/s. En el caso de una sola llamada telefónica se utiliza un segmento y la voz se codifica utilizando MICDA a 32 kbit/s. Cuando hay dos llamadas telefónicas simultáneas se emplean dos segmentos. Si se está utilizando una de las llamadas para transmitir datos en banda vocal se utilizan entonces 3 segmentos, y los datos se codifican a 64 kbit/s.

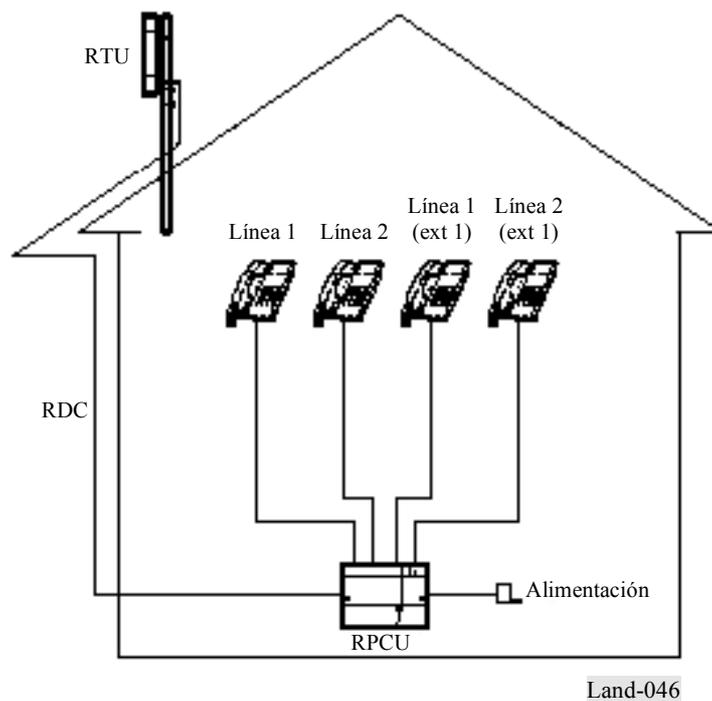
La unidad RDSI atribuye 2 segmentos a cada canal B en utilización. Se necesitan dos RTU para un servicio pleno 2B+D.

Terminales de usuario

El RSS permite conectar dos equipos estándar de telefonía y de datos/fax. Ésta es una característica importante del producto que permite a los usuarios utilizar equipo existente sin modificar la conexión.

FIGURA 46

**Equipo de usuario (servicio en banda vocal)
del sistema Nortel Networks Internet FWA**



Land-046

Estación de base

Se conciben distintos tipos de estaciones de base para satisfacer una amplia gama de situaciones de despliegue de la red, desde escenarios rurales a zonas urbanas.

La estación de base tiene un diseño modular que permite instalar un sistema de tratamiento de tráfico, y ampliar el equipo para capacidades superiores de acuerdo con el crecimiento de la demanda. Las estaciones de base se pueden suministrar con antenas omnidireccionales o antenas

sectoriales. El bloque constructivo estándar para una estación de base se compone de 3 portadores que proporcionan 3 canales de frecuencia independientes y 30 canales de tráfico. Una estación de base de 3 portadores puede dar servicio a unas 320 líneas. La capacidad de la estación de base es de 27 portadores que pueden dar servicio a más de 2 000 líneas.

El equipo de estación de base se compone de transceptores de radio, electrónica de control, alimentaciones de energía, interfaz a la central de conmutación local y antena. El sistema de alimentación incluirá normalmente una batería para emergencia que garantice el servicio en caso de corte de la red. La red de retroceso a la central local utiliza la conexión estándar G.703/G.704 mediante fibra óptica, pares trenzados de cobre o enlaces de microondas.

La interfaz del enlace de señalización puede ser a 2 hilos, CAS, DMSX o V5.2.

OAM&P

La explotación, administración, mantenimiento y puesta en servicio (OAM&P) del producto de la Serie I se ha diseñado para que se pueda integrar fácilmente con las redes de acceso existentes. Las facilidades estándar de facturación y gestión de abonados son en gran parte insensibles a la adición de redes de acceso del sistema Nortel Networks FWA.

Se suministran los equipos siguientes:

- Gestor de elemento radioeléctrico (REM). Este sistema es un soporte lógico residente en una estación de trabajo UNIX que proporciona la gestión de la red de acceso del sistema Nortel Networks FWA. Permite también realizar telecargas del soporte lógico y el control de las configuraciones de estaciones de base. El sistema comunica con las estaciones de base por un canal de comunicaciones y es adecuado para interconectar con sistemas de gestión de red tipo paraguas. El REM se situará normalmente en el centro de gestión de red.
- Sistema de instalación distante (RIS). Este sistema es un computador portátil utilizado por el técnico de servicio durante la instalación del equipo RSS en el domicilio del usuario.
- Terminal de ingeniería de campo (FET, *field engineering terminal*). El terminal FET es un computador portátil que se conecta a una estación de base y permite a un técnico de servicio localizar averías y poner en servicio una estación de base.

Adicionalmente, Nortel Networks proporciona soporte para la planificación de red y de células mediante diversos manuales y herramientas de planificación.

1.3 Resumen de capacidades

En resumen, el sistema Nortel Networks FWA ofrece los siguientes atributos básicos:

Características más notables

- Proporciona transparencia de servicios para que el usuario de mercados residenciales y de pequeñas empresas disponga de características de conmutación de valor añadido.
- Los abonados pueden conectarse a los aparatos y equipos telefónicos estándar existentes.
- Facilita automáticamente una conexión MIC a 64 kbit/s para transmitir datos en banda vocal de velocidad plena.

- La elevada calidad vocal y la transparencia de servicios proporciona una alternativa a largo plazo a la red filar.
- Alcance de 200 m a 40 km desde la estación de base.
- La unidad de potencia RPCU utiliza corriente eléctrica doméstica y una batería de emergencia opcional para proporcionar alimentación de 12 h en situación de reserva y de 30 min de tiempo de conversación.
- Diseñado para integrarse en redes existentes con otros sistemas de acceso.
- Puede interconectarse fácilmente con sistemas de soporte existentes.

Ventajas principales

- Alternativa económica a los sistemas de acceso local basados en hilo de cobre.
- Simplifica la planificación de redes reduciendo los plazos de instalación y de activación del servicio.
- Coste de provisión de cobertura: «coste reducido por local» mucho menor que en otros métodos de acceso.
- Costes de infraestructura bajos que permiten un rendimiento financiero muy alto, no efectuándose la inversión hasta que se conecta el abonado y pueden generarse ingresos.
- El crecimiento modular permite unos costes de arranque bajos y una inversión ajustada al crecimiento del número de abonados.
- Despliegue rápido.
- Proporciona una gama de servicios amplia, como el servicio telefónico estándar, teléfonos de previo pago, datos y fax en una plataforma de soporte físico común.

Aplicaciones

- Operadores alternativos, que facilitan alternativas rentables a los operadores de línea filar existentes.
- Expansión de la red, que facilita un acceso rentable y escalable adecuado a los abonados de empresas.
- Servicios de voz, datos y fax.
- Todas las densidades de abonados.
- Conmutador independiente, que soporta todas las características de abonado del conmutador de red principal.

Provisión del servicio

- Nuevos participantes en mercados en desregulación pero desarrollados.
- Operadores y operadores futuros en mercados en desarrollo/en modernización.

2 Subsistema de acceso inalámbrico SR500-s de SR Telecom

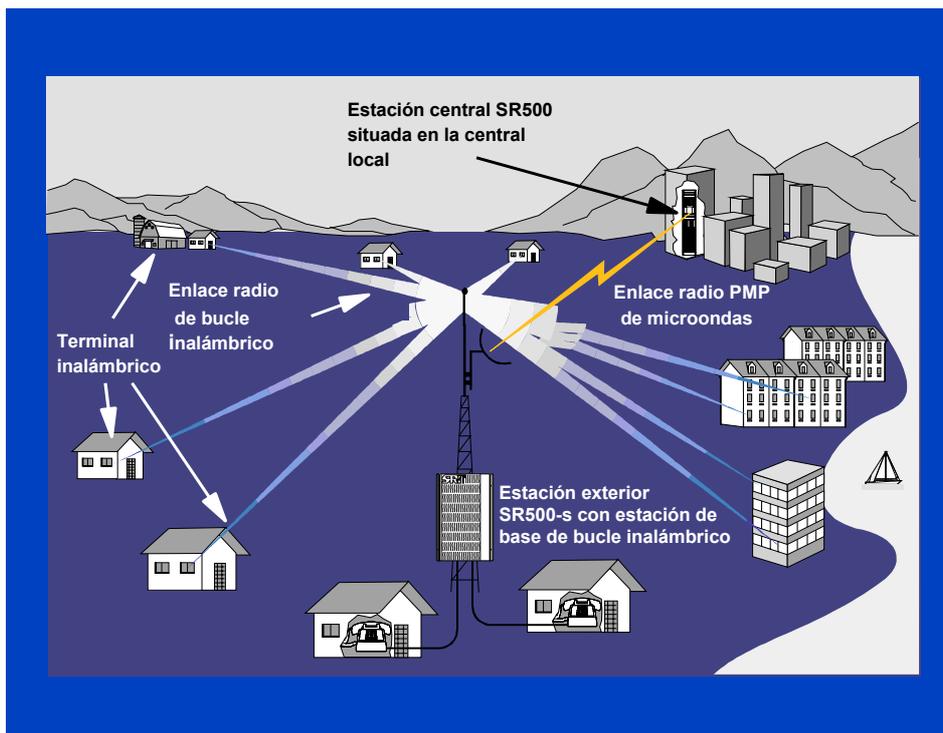
2.1 Consideraciones generales

El subsistema de acceso inalámbrico punto a multipunto SR500-s de SR Telecom cubre el salto entre la central local y el domicilio del abonado completando el concepto de «radio a la vivienda» (RTTH). El bucle inalámbrico sustituye a la última rama del acceso local, es decir, la línea de

derivación a la vivienda, mediante un enlace radio. Tanto en regiones rurales, suburbanas o urbanas esta alternativa al cable proporciona a la compañía explotadora del servicio telefónico la posibilidad de confiar enteramente en los enlaces inalámbricos para el acceso local o de utilizar los enlaces inalámbricos en las porciones de la red en las cuales resultan preferibles a la solución cableada. En la Fig. 47 se ilustra un subsistema de acceso inalámbrico en una aplicación punto a multipunto (PMP) por enlace de microondas.

FIGURA 47

Sistema de acceso inalámbrico fijo



2.2 Tecnología, arquitectura y configuración

2.2.1 Características de la interfaz radioeléctrica

Clase de emisión:

- canales de tráfico por portador 5
- anchura de banda del canal de tráfico 32 kbit/s
- codificación de voz MICDA a 32 kbit/s
- datos en banda vocal 28 800 bit/s

Método de acceso AMDT

Dúplex DDT

Bandas de frecuencias de transmisión (MHz):

- enlace descendente 340-380 ó 1 850-1 990
- enlace ascendente 340-380 ó 1 850-1 990

Separación dúplex (MHz) No aplicable

Separación entre canales RF (kHz) 600

Número total de canales RF dúplex 32

Modulación MDM gaussiana

Velocidad de modulación (kbit/s) 576

Velocidad binaria neta por intervalo de tráfico (kbit/s) 32

Sistema punto a multipunto (P-MP) SR500-s

El acceso inalámbrico de SR Telecom es un subsistema del sistema radio de microondas punto a multipunto (P-MP) SR500-s. El SR500-s proporciona la capacidad de red de retroceso desde el acceso inalámbrico a la red telefónica existente, la interfaz RTPC de conexión en la red telefónica y la interfaz de operación, administración y mantenimiento.

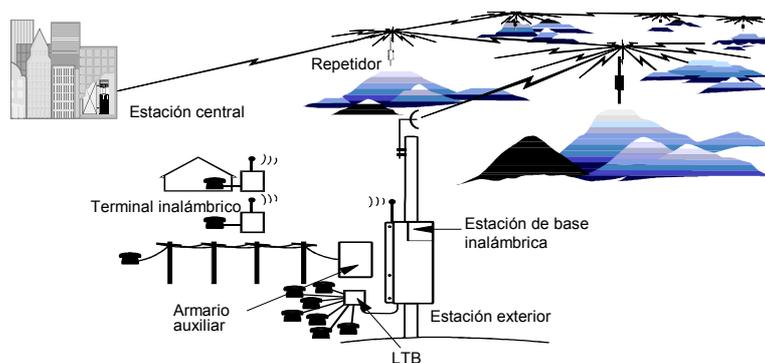
El SR500-s es un sistema P-MP y facilita por tanto cobertura a una zona de cientos de kilómetros mediante la transmisión por microondas. Esto proporciona una capacidad de red de conexión muy rentable, permitiendo desplegar el acceso inalámbrico de manera muy económica tanto en aplicaciones rurales como suburbanas o urbanas.

Como se ilustra en la Fig. 48 la estación central del sistema SR500-s proporciona la interfaz RTPC a la central de conmutación de la red telefónica, vía las interfaces estándar a 2 hilos o a 2 Mbit/s (conforme con la Recomendación UIT-T G.703). La estación central facilita también todas las capacidades de operación, administración y mantenimiento, tanto para el sistema P-MP como para el subsistema de acceso inalámbrico desde una interfaz común.

El SR500-s comunica desde la estación central con las estaciones exteriores situadas a distancia en los poblados rurales, directamente o a través de un repetidor. En la estación exterior el abonado puede conectarse a la red vía cable o a través del subsistema de acceso inalámbrico.

FIGURA 48

Diagrama del sistema



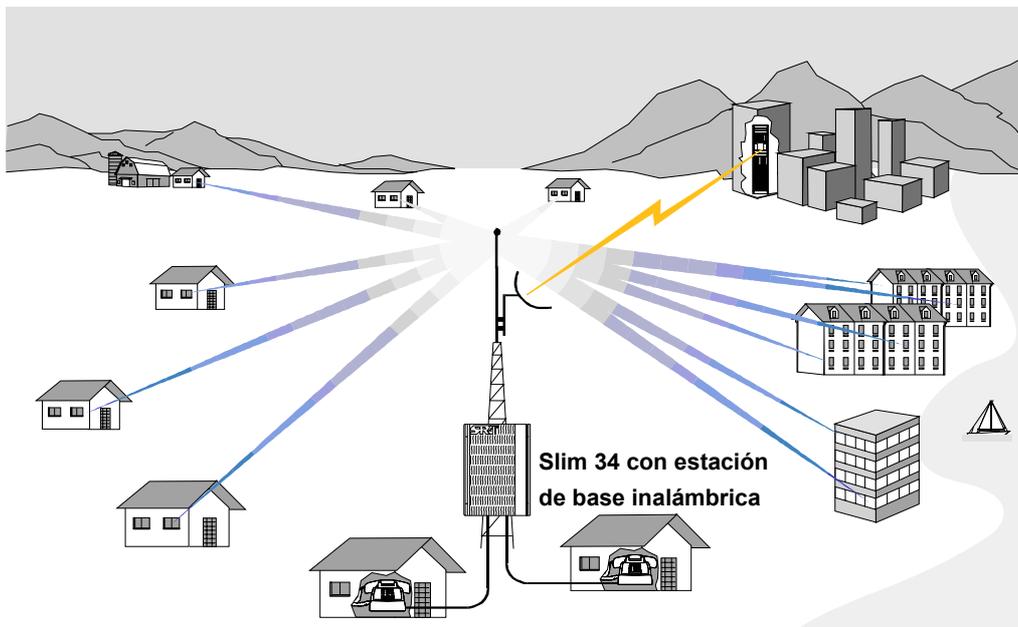
Descripción del subsistema de acceso inalámbrico

El subsistema de acceso inalámbrico conecta al sistema SR500-s en una estación exterior, eliminando con ello la necesidad de efectuar un tendido de cable de distribución y de línea de derivación segregación en la última rama del acceso local. El subsistema de acceso inalámbrico se compone de dos unidades, la estación de base inalámbrica (WBS) y el terminal inalámbrico (WT). La WBS se instala en el interior del armario de la estación exterior, mientras que el WT se monta en el exterior del domicilio del abonado y se conecta al teléfono de éste.

Las dos unidades se comunican vía un enlace radioeléctrico AMDT que utiliza una sola frecuencia DDT para las señales de transmisión y recepción. El subsistema de acceso inalámbrico opera en la banda de 340-380 MHz o en la banda de 1 850-1-990 MHz. Se dispone también de otras bandas. El sistema puede operar con una longitud de salto de hasta 10 km con visibilidad directa (LOS) y 5 km para enlaces sin visibilidad directa (NLOS). Con funcionamiento NLOS se puede enviar la señal de radio a través de árboles y por encima de los tejados de los domicilios de los abonados, con lo que se simplifica la instalación y se reduce la necesidad de torres elevadas. En la Fig. 49 se ilustra la zona de cobertura para el subsistema de acceso inalámbrico.

FIGURA 49

Zona de cobertura del subsistema de acceso inalámbrico



Estación de base inalámbrica

Cada WBS se compone de un transceptor de estación de base inalámbrico de 4 W (+36 dBm) y un controlador de estaciones de base inalámbrico. Cada estación de base inalámbrica proporciona 5 enlaces troncales que son compartidos entre todos los terminales inalámbricos. Utilizando las tablas de tráfico Erlang B, 5 enlaces troncales soportarán 1,36 E de tráfico con un grado de servicio (GOS) del 1% de bloqueo. Suponiendo niveles de tráfico de abonado típicos de 0,07 E/abonado, cada estación de base inalámbrica soportará 20 terminales inalámbricos.

Se pueden instalar dos estaciones de base inalámbricas (dos ranuras cada una) como máximo en una estación exterior tipo Slim 34 o un armario auxiliar estilizado (*slim*). En esta configuración cada una de las dos estaciones de base inalámbricas comunica con la otra, permitiendo aplicar la asignación dinámica de canales a los dos conjuntos de 5 enlaces troncales (10 en total), lo que proporciona una capacidad de tráfico total de 4,46 E, que equivale a 64 abonados a 0,07 E/abonado.

Terminal inalámbrico

El terminal inalámbrico se monta en la parte exterior del domicilio del abonado (véase la Fig. 50). Está compuesto por el transceptor radio, los circuitos de interfaz de línea y un punto de conexión para el teléfono y la alimentación de energía. La unidad está diseñada para aplicaciones fijas en todas las condiciones ambientales.

Una antena directiva plana fija se conecta a esta unidad y se prolonga mediante un cable coaxial hasta el tejado, al objeto de mejorar la calidad. El terminal inalámbrico funciona con una tensión de +12 V c.c., que puede ser suministrada por un convertidor de c.a. opcional o directamente por un generador solar o eólico. En el caso de sistemas alimentados en c.a., el convertidor de c.a. puede instalarse en el interior de la vivienda o dentro del terminal inalámbrico. También se proporciona emergencia por batería en el terminal inalámbrico que asegura un funcionamiento en situación de reserva de 12 h de duración.

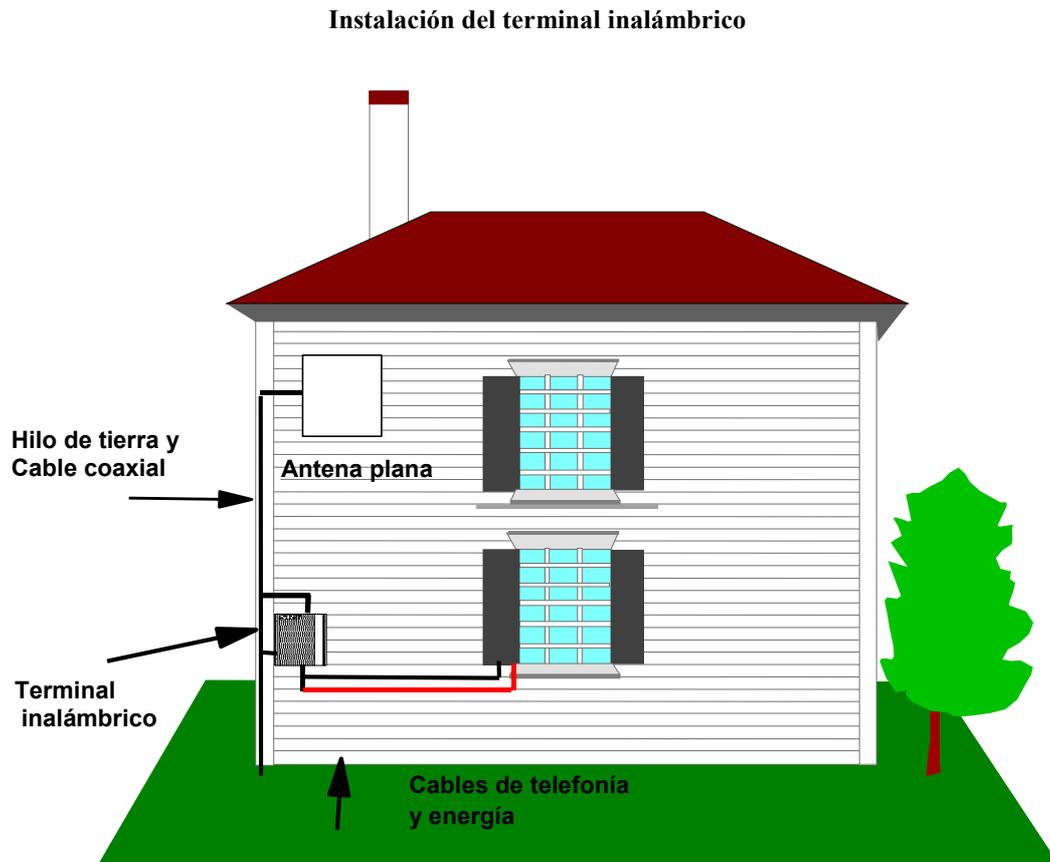
Interfaz de abonado

El terminal inalámbrico facilita la conexión de un solo abonado a la red telefónica mediante un enchufe a 2 hilos. Se soportan teléfonos, teléfonos de previo pago de 12 ó 16 kHz y dispositivos (módems y faxes) de datos en banda vocal hasta una velocidad de 28 800 bit/s. Las mejoras futuras incluirán velocidades de 64 kbit/s y de RDSI (144 kbit/s).

Características de instalación

En la Fig. 50 se representa una instalación típica de terminal inalámbrico adosada al domicilio de un abonado. La antena preferida es una antena directiva plana de placa montada cerca del tejado y orientada hacia la estación de base inalámbrica. En la estación de base inalámbrica se puede utilizar una antena directiva plana de placa o una antena omnidireccional, dependiendo de la zona de cobertura.

FIGURA 50



Transparencia de las características

El subsistema de acceso inalámbrico de SR Telecom proporciona un funcionamiento transparente para las aplicaciones de servicios fijos. Esto incluye la transparencia de las señales de marcación y el soporte de todos los servicios verticales tales como la identificación de línea llamante y de una calidad de comunicación interurbana para las señales vocales mediante el uso de utilizando codificación de la voz MICDA a 32 kbit/s. Otras características incluyen las llamadas intraestación, los enlaces troncales dedicados y de prioridad, así como la seguridad y autenticación de todas las conversaciones.

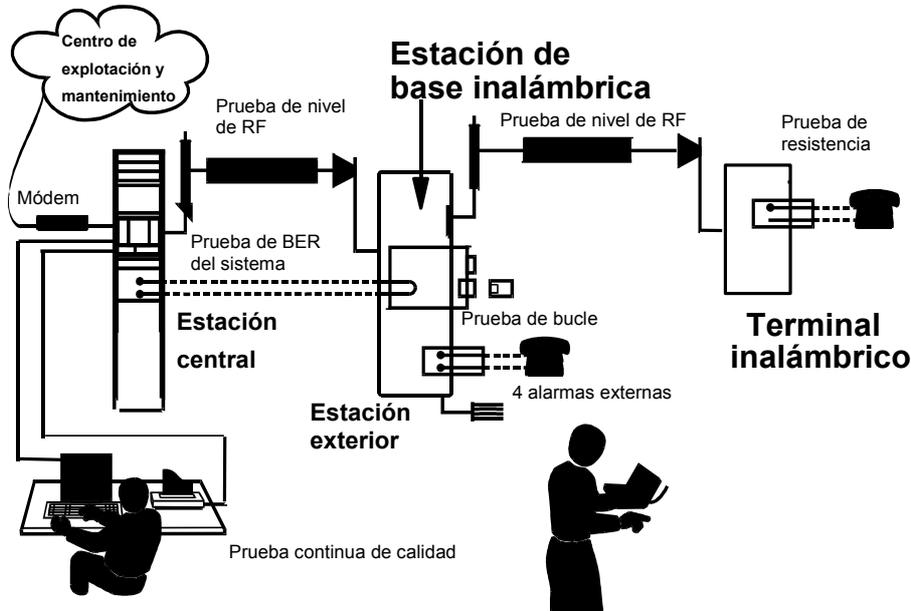
Explotación, administración y mantenimiento (OAM)

El sistema de explotación, administración y mantenimiento del SR500-s amplía sus capacidades para incluir el subsistema de acceso inalámbrico. Se facilitan alarmas, informes de tráfico, pruebas del nivel de la señal RF, diagnósticos de circuitos individuales y ajustes de parámetros programables para el subsistema de acceso inalámbrico, vía el sistema OAM, como se muestra en la Fig. 51. También se dota al subsistema de acceso inalámbrico de la facilidad de telecarga de programas distantes.

FIGURA 51

Conexiones para la explotación y el mantenimiento

Gestión de la red



2.3 Resumen de capacidades

El subsistema de acceso inalámbrico de SR Telecom ofrece a la compañía de explotación del servicio telefónico una alternativa económica a los sistemas cableados que puede ser desplegada rápidamente y con incrementos modulares para proporcionar una respuesta atemperada a la demanda del servicio.

Características más notables

- Funcionamiento transparente para todos los servicios verticales.
- Soporte de teléfonos estándar, teléfonos de previo pago y equipo de datos en banda vocal.
- Soporte de transmisión de fax y datos hasta 28 800 bit/s.
- Soporte planificado para RDSI.
- Consumo bajo de potencia que permite un funcionamiento con energía solar y una batería de emergencia para 12 h.

Ventajas principales

- Funcionamiento hasta una distancia de 5 km en un trayecto sin visibilidad directa (obstruido) que reduce la altura de la torre.
- Alternativa rentable a los sistemas de acceso locales cableados.

- Red de retroceso integrada a la RTPC existente mediante el sistema P-MP SR500-s.
- Soporte de todas las interfaces RTPC estándar.
- Sistema OAM integral proporcionado vía sistema SR500-s que incluye la telecarga de programas a distancia.
- No es necesaria la planificación de trayecto.
- Diseñado para funcionamiento en exteriores.

Aplicaciones

- Ampliación de la red en zonas rurales.
- Reserva de red para ampliar o mejorar los servicios en regiones servidas actualmente por cable.
- Operadores alternativos que suministran opciones de servicios a los operadores existentes.
- Sustitución de la red de cables por el medio inalámbrico en las zonas en las cuales es necesario mejorar o sustituir el cable existente.

3 Sistema modular IRT de Tecnologías TRT/Lucent para el acceso local inalámbrico

3.1 Consideraciones generales

El sistema modular IRT es un sistema punto a multipunto diseñado principalmente para conectar abonados aislados a una red telefónica. Las características más notables del sistema incluyen:

Características de servicio:

- conexión de abonados telefónicos (alámbricos o inalámbricos), telegráficos y de transmisión de datos,
- compatibilidad con RDSI,
- grado de servicio compatible con el grado de servicio de las centrales de conmutación,
- la red y el equipo pueden desplegarse rápidamente y con gran flexibilidad,
- facilidad de operación y mantenimiento.

Características técnicas:

- codificación del canal vocal mediante MIC a 64 kbit/s para la parte de retroceso de la red,
- tecnología DECT a 32 kbit/s con codificación MICDA para el último segmento de la conexión a los locales del abonado,
- transmisión por enlace radio de microondas,
- utilización del AMDT.

El sistema IRT se adapta a una amplia gama de aplicaciones diferentes, incluidos los sistemas de telecomunicaciones rurales, las redes de transmisión de datos urbanas dedicadas, la RDSI, la conexión y supervisión de plataformas marinas, la infraestructura de transmisión de redes radio móviles y las redes de supervisión.

El sistema IRT combina una capacidad de conexión extensa con una zona de cobertura geográfica amplia.

El sistema se encuentra disponible en dos configuraciones (dependiendo de la capacidad):

- IRT 2000: número máximo de abonados que pueden conectarse: 480,
- IRT 4000: Número máximo de abonados que pueden conectarse: 1 920.

Estos abonados pueden conectarse sin límite apreciable (hasta 1 600 km).

3.2 Tecnología, arquitectura y configuración

3.2.1 Características de la interfaz radioeléctrica

Clase de misión:	2M00G7W
– canales de tráfico por portador	30
– velocidad binaria de los canales de tráfico (kbit/s)	64
– codificación vocal	MIC
Método de acceso	AMDT
Dúplex	Conforme con las disposiciones de canales del UIT-R
Bandas de frecuencias (MHz)	1 350-1 375 emparejada con 1 492-1 517 1 375-1 400 emparejada con 1 427-1 452 2 300-2 500 y 2 520-2 670
Separación entre canales RF (MHz)	2
Número total de canales RF dúplex	Conforme con la disposición de canales pertinente
Modulación	MDP-4
Velocidad de modulación (Mbit/s)	2,304

3.2.2 Funciones, organización y estructura de la red

Funciones de la red

El sistema IRT ofrece las siguientes funciones principales:

- concentración del tráfico telefónico en $n \times 30$ circuitos MIC de 64 kbit/s ($n = 1, 2, 3$ ó 4 , donde n es el número de unidades de concentración en un sistema IRT),
- transmisión por radio del tráfico entre la central de conmutación y las distintas estaciones de abonado.

El sistema IRT se conecta:

- en un extremo: al bastidor principal de distribución a la entrada de la central telefónica, y,
- en el otro extremo: directamente a las líneas de abonado.

El sistema facilita a los abonados el acceso a todos los servicios ofrecidos por la mayor parte de las redes de telecomunicación hasta la fecha, con transparencia para el usuario.

Organización

El sistema IRT se basa en una estación central que se conecta a otras estaciones del sistema mediante relevación radioeléctrica.

La estación central está conectada a la central de conmutación por enlaces analógicos o enlaces digitales a 2 Mbit/s.

Cada abonado se conecta (véase la Fig. 52):

- bien a una estación distante (próxima a la posición del abonado) o por línea de hilo,
- o a un terminal de abonado conocido como CTA (en la posición del abonado), el cual se conecta entonces a una estación distante mediante una extensión radioeléctrica DECT.

Conexión de abonado

En algunos casos, la localización geográfica de los abonados puede requerir la instalación de estaciones repetidoras de radioenlace. Estas estaciones repetidoras pueden también conectar abonados.

Para simplificar el sistema se emplea una arquitectura de tres niveles (véase la Fig. 53):

- nivel 1: repetidor de estructura básica,
- nivel 2: estaciones distantes,
- nivel 3: terminales de abonado (CTA) de DECT.

A cada nivel está asociado un tipo de enlace radio:

- repetidor de estructura básica: enlace radio de red básica,
- estaciones distantes: enlace radio AMDT,
- terminales de abonado DECT: enlace radio DECT.

Configuración de la red

Un sistema IRT se compone de:

- una estación central, que se conecta al bastidor principal de distribución de la central de conmutación,
- repetidor de estructura básica (configuración IRT 4000 solamente),
- estaciones distantes,
- terminales radio RFP y terminales de abonado CTA (extensión radio DECT si se conectan abonados inalámbricos).

Los abonados se conectan a una estación distante mediante línea de hilo o enlace radio DECT.

Hay dos tipos de estación distante: terminal o repetidora (con o sin abonados), dependiendo de la arquitectura de la red.

La configuración IRT 2000 gestiona una unidad de concentración que puede tratar 30 circuitos MIC.

La configuración IRT 4000 incluye n unidades de concentración (donde $n = 2, 3$ ó 4), cada una de las cuales gestiona 30 circuitos.

Una unidad de concentración gestiona las estaciones distantes y en ciertos casos el equipo radio DECT (RFP y CTA).

Las estaciones distantes gestionadas por la misma unidad de concentración pueden agruparse o separarse dentro de la red.

La estación central y subunidades radio

La estación central puede incluir de una a cuatro unidades de concentración. La estación se conecta a la central de conmutación a través de un enlace analógico o digital:

- enlace analógico: un par para cada abonado,
- enlace digital: un par para 30 abonados (2,048 Mbit/s (V5-1 o V5-2)).

El sistema IRT utiliza la transmisión por microondas para enlazar estaciones de la red con la estación central.

Las estaciones centrales son gestionadas por el procesador (o procesadores) de estaciones centrales que actúan como el corazón del sistema.

La subunidad radio AMDT de la estación central puede situarse a distancia si es necesario por la topología de la red. En este caso la estación central se divide en dos partes:

- equipo telefónico en la central de conmutación principal,
- estación de radio distante en el lado de red distante.

Estas dos unidades pueden enlazarse por un flujo estándar de 2,048 Mbit/s (Recomendación UIT-T G.703) por cable o radioenlace.

Estaciones de estructura básica

Existen tres tipos de estación de estructura básica:

- estación TTH (trunk through repeater),
- estación TDI (trunk drop-nsert repeater),
- estación TEB (trunk end of backbone).

Estación TTH

Una estación TTH proporciona solamente facilidades de relevador radioeléctrico. Los abonados no pueden conectarse a esta estación.

Una estación TTH puede repetir hasta 4 flujos de estructura básica (un enlace de la estructura básica por unidad de concentración).

El número de estaciones TTH en una red IRT varía según la configuración de la red.

Estación TDI

Las estaciones TDI actúan como nodos entre los niveles 1 y 2 de la red. Pueden utilizarse para:

- conectar hasta 3 unidades de concentración a la estructura básica,
- conectar abonados.

Una estación TDI utiliza dos tipos de enlace radio dentro de la red, (enlace radio de estructura básica y el enlace radio AMDT).

Las estaciones TDI pueden utilizarse para repetir 2, 3 ó 4 flujos de estructura básica de 2,304 Mbit/s (para 2, 3 ó 4 estaciones de estructura básica).

Estación TEB

Una estación TEB se utiliza para la terminación de la estructura básica de red.

Esta estación se utiliza para:

- conectar hasta 4 unidades de concentración a la estructura básica,
- conectar abonados.

Una estación TEB proporciona la transmisión/recepción de 2, 3 ó 4 flujos de radio de estructura básica.

Estaciones distantes

El nivel 2 en la arquitectura del sistema es proporcionado por estaciones distantes, que pueden ser repetidores o terminales. Hay dos tipos de estaciones distantes:

- estación distante ERS (repetidora o terminal),
- microestación (terminal solamente).

Una estación repetidora utiliza dos tipos de enlace radio AMDT para comunicar con el resto de la red (véase la Fig. 53):

- un enlace radio «hacia atrás» en dirección a la estación principal.
- otro enlace radio «hacia adelante» en dirección a otras estaciones.

Una estación terminal puede por tanto comunicar con la estación central por enlace radio, que en algunos sistemas es repetido en uno o más repetidores de estructura básica.

Equipo radio en las estaciones distantes

La extensión radio DECT proporciona el tercer nivel en la arquitectura del sistema (véase el § 8 del Anexo 4).

Las distintas estaciones del sistema modular IRT son compatibles con las estaciones utilizadas por las redes IRT anteriores (miniestaciones y estaciones distantes de primera generación).

Tipos de estructuras de red

La modularidad de las estaciones junto con la flexibilidad del sistema IRT permite adaptar fácilmente la arquitectura del sistema para acomodar las diferentes configuraciones que se encuentran en la realidad:

- configuración de red en estrella,
- configuración en árbol,
- configuración lineal.

Esto permite desplegar las redes en desiertos, llanuras o zonas montañosas, así como en entornos urbanos, suburbanos o marítimos.

Diagramas representativos de ejemplos de estructura de red

El uso de equipo radioeléctrico, incluidas las estaciones de radio repetidoras, permiten cubrir amplias zonas geográficas y prestar servicios en ubicaciones alejadas varios cientos de kilómetros de la estación situada hacia atrás en la red.

FIGURA 52

Funcionalidades del sistema modular IRT

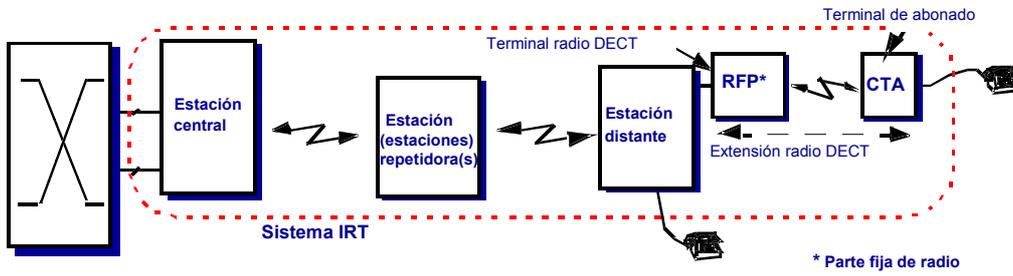
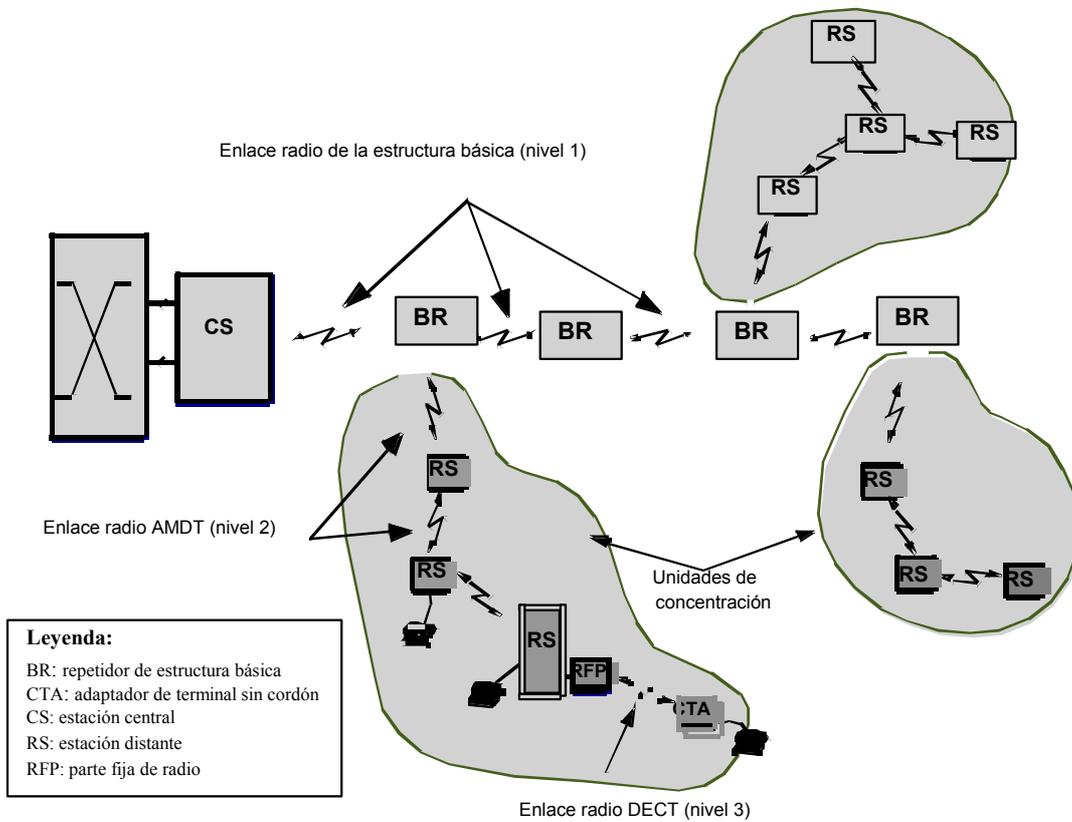


FIGURA 53

Configuración de red del sistema modular IRT



ANEXO 6

Consideraciones sobre el despliegue de sistemas BWA

1 Introducción

Este Anexo complementa al Capítulo 8 con detalles adicionales que pueden necesitar los países en desarrollo para la planificación y el despliegue de sistemas BWA.

2 Consideraciones sobre la compartición del espectro

La metodología recomendada en la identificación de posibles bandas para el FWA incluye por lo general principalmente (véase la Recomendación UIT-R F.1400) la identificación de las restricciones en cuanto reglamentarias y a compartición. De los seis pasos de la metodología básica, tres se refieren a la compartición de la banda de frecuencias. Estas consideraciones dan lugar a las demoras más prolongadas en la identificación de las bandas de frecuencia para el FWA en general, y el despliegue del BWA en particular.

3 Decisiones de la CMR-2000 relativas a los HDFS

3.1 Introducción

La Conferencia Mundial de Radiocomunicaciones celebrada en Estambul (Turquía) del 8 de mayo al 2 de junio de 2000 (CMR-2000) examinó los temas de las atribuciones y los aspectos reglamentarios relacionados con la utilización de las bandas de frecuencia por encima de 30 GHz para los sistemas de gran densidad del servicio fijo (HDFS) (punto 1.4 del orden del día), teniendo debidamente en cuenta los requisitos de los sistemas actuales y futuros de los servicios radioeléctricos que funcionan en las bandas pertinentes de frecuencia.

Las aplicaciones de gran densidad, en particular las que funcionan por encima de 20 GHz, se caracterizan generalmente por lo siguiente:

- funcionan sobre una base P-P o P-MP, o en una combinación de ambas;
- son de despliegue flexible y rápido;
- ofrecen un elevado grado de reutilización de frecuencias gracias a las condiciones de propagación;
- permiten disminuir el tamaño de la antena y del terminal al aumentar la frecuencia;
- no experimentan repercusiones importantes en cuanto al coste debido a la necesidad de incluir técnicas de reducción de la interferencia que resuelven problemas de compartición entre servicios;
- ofrecen un despliegue ubicuo de las estaciones HDFS;
- ofrecen una gama más amplia de ángulos de elevación de antena comparada con la de las bandas inferiores.

El término HDFS no se refiere a una aplicación a un servicio o banda particulares del servicio fijo, sino que describe el fenómeno de maximizar la densidad de despliegue, la eficacia espectral y la reutilización de frecuencias en el servicio fijo. A menudo, los factores de densidad concentrada de despliegue, reutilización del espectro y eficacia espectral son más acusados en las bandas superiores, debido a las condiciones correspondientes de propagación más favorable. La utilización del término «gran densidad» puede también aplicarse de la misma manera a cualquier otro servicio radioeléctrico que pueda utilizarse ampliamente para fines comerciales o de otro tipo.

Los HDFS incluyen diversas aplicaciones del servicio fijo, y entre ellas la BWA; para una información más detallada véase el § 3.2.

3.2 Aplicaciones para los HDFS

Dadas las características de la propagación en las bandas de frecuencia por encima de 30 GHz, se requieren conexiones con visibilidad directa y corto alcance. No obstante se puede llegar a una gran población de sistemas de servicio fijo y en consecuencia, los sistemas que funcionan en estas bandas son adecuados para aumentar la infraestructura en zonas de concentración de población. Se prevén velocidades binarias de transmisión de hasta 310 Mbit/s y superiores. Entre las aplicaciones principales se incluye:

- el desarrollo de infraestructura de red móvil para los sistemas actuales y nuevos;
- el acceso inalámbrico fijo (FWA):
 - da cabida a nuevos operadores de telecomunicación en mercados competitivos;
 - ofrece tecnologías alternativas para mejorar la actual infraestructura telefónica;
 - ofrece un mayor acceso y alternativas de servicio a usuarios residenciales comerciales en servicios de telefonía, datos y multimedio;
- las aplicaciones no exigen asignaciones individuales de frecuencia, posiblemente en las bandas próximas a 60 GHz.

3.3 Resultados de la CMR-2000

La CMR-2000 apartó varios GHz de espectro para las aplicaciones HDFS por encima de 30 GHz, con el fin de aportar una solución a nivel mundial para su desarrollo. Las decisiones adoptadas figuran en el Reglamento de Radiocomunicaciones (RR) de la UIT en forma de números del Artículo 5, y en las Resoluciones correspondientes las cuales incluyen las disposiciones reglamentarias que han de observarse en el despliegue de los HDFS en estas bandas. Además, en el Cuadro 21-4 del RR se añaden límites provisionales de la densidad de flujo de potencia (dfp) aplicables a los servicios que funcionan en las bandas pertinentes, para proteger los sistemas HDFS. En particular, los resultados principales relativos a las aplicaciones HDFS figuran en dos números, 5.547 y el número 5.551AA, en dos Resoluciones (Resolución 122 (CMR-97) y Resolución 734 (CMR-2000)) y en ampliaciones de los límites provisionales para los servicios espaciales (Cuadro 21-4) en las bandas de frecuencia compartidas con los sistemas HDFS.

ANEXO 7

Descripciones de los sistemas de acceso inalámbrico en banda ancha

1 Sistema Reunion™ Broadband Wireless Access de Nortel Networks

1.1 Generalidades

El Sistema Reunion™ de Nortel Networks ofrece acceso inalámbrico digital en banda ancha utilizando una arquitectura radioeléctrica punto a multipunto. El sistema Reunion funciona en diversas bandas de frecuencia, principalmente entre 24 y 40 GHz. Los emplazamientos celulares están sectorizados, cubriendo por lo general cada sector un arco comprendido entre 15 y 90°. Los emplazamientos de abonado utilizan antenas muy direccionales, al igual que en los sistemas radioeléctricos punto a punto.

El sistema Reunion permite al operador de la red mezclar tráfico ascendente AMDF y AMDT en la misma estación de base, a fin de dar servicio óptimo a un conjunto de emplazamientos de abonado de pequeño y mediano tamaño. El AMDT tiende a ser óptimo para dar servicio a pequeños emplazamientos de abonado en los que la demanda del tráfico va por ráfagas o el tráfico medio es inferior a un tren ascendente de unos 2 Mbit/s. El AMDF tiende a ser óptimo para dar servicio a emplazamientos mayores (empresas de tamaño medio o tráfico acumulado de edificios multipropiedad) en los que hay suficiente tráfico estable para justificar un canal ascendente especializado. Además, el sistema Reunion ofrece diversas interfaces de red ATM o IP, reconociendo que ambas tecnologías tienen su lugar en el mercado.

Un emplazamiento típico de abonado puede contar con una o más conexiones DS-1 o E1, al igual que en el caso de líneas alámbricas arrendadas. Se conectará una unidad DS-1 o E1 a, por ejemplo, una centralita privada para un gran cliente empresarial, o a un concentrador de línea de operador, tal como el AccessNode Express™ de Nortel Networks, que a su vez distribuirá las líneas de acceso individuales a los clientes finales del edificio. Además, en los locales del abonado, CPE, hay un puerto 10baseT o 100baseT para establecer una función puente LAN o de encaminamiento de tráfico de datos dentro del edificio. Entre otras aplicaciones se incluye la conexión del tráfico móvil terrestre en el procedimiento celular.

El tráfico se cursa por el aire al igual que el de las células ATM o los paquetes IP con el control de errores adecuado. En el sentido descendente (estación de base a CPE), se difunde a todos los CPE de un sector una o más señales moduladas de banda ancha con decenas de megabits por segundo. Esta señal es un tren múltiple continuo con división en el tiempo de células o paquetes, destinado a una serie de CPE. En el sentido ascendente, se ofrecen canales AMDF y AMDT. Los emplazamientos de cliente con requisitos de caudal de tráfico elevado pueden utilizar de forma eficaz canales especializados, empleando el AMDF. La anchura de banda del canal es programable, a fin de conformar de manera eficaz la utilización del espectro, con arreglo a las necesidades de los emplazamientos. Además de la anchura de banda, también es programable el nivel de modulación, entre MAQ-4, MAQ-16 ó MAQ-64. Pueden ofrecerse velocidades en el sentido descendente de más de 50 Mbit/s. Los emplazamientos de cliente con necesidades de caudal inferiores por lo general a uno o dos DS-1 o E1, pueden eficazmente compartir en el tiempo los canales AMDT del sentido ascendente. El canal AMDT ascendente puede compartirse en el tiempo según la demanda, sin que haya intervalos temporales fijos asignados o un usuario particular. El protocolo de control de acceso a medios se basa en el protocolo MCNS DOCSIS, que también está normalizado en la Recomendación UIT-R F.1499 y en las Recomendaciones UIT-T J.112 y J.116. Utiliza un algoritmo de programación en la estación de base. El programador procesa las peticiones de anchura de banda de los CPE del canal ascendente y otorga dinámicamente intervalos temporales, utilizando un mapa temporal radiado periódicamente en el canal descendente.

Los canales AMDF y AMDT utilizan la corrección de errores directa (FEC) así como la igualación adaptable, que es necesaria para compensar los errores del canal y dispersión del canal radioeléctrico.

El sistema Reunion utiliza la tecnología de dúplex por división de frecuencia (DDF) para separar las señales del sentido ascendente y del descendente y para garantizar un funcionamiento sólido en un escenario de despliegue que implique la coexistencia de otros sistemas.

Los enlaces suelen ajustarse para lograr una disponibilidad del 99,9 al 99,999% utilizando células de 1,5-5 km de radio.

1.2 Tecnología, arquitectura y configuraciones

1.2.1 Características de la interfaz radioeléctrica

Clase de emisión	5-50MD7W en el sentido descendente 2-10MD7W en el sentido ascendente
Esquema de acceso múltiple	MDT en sentido descendente AMDF o AMDT en sentido ascendente
Tipo de dúplex	DDF
Banda típica de la frecuencia de transmisión (GHz)	Diversas bandas 10-60 GHz
Separación típica de canales RF (MHz)	5-50 en sentido descendente 2-10 en sentido ascendente
Velocidad binaria bruta por portadora (Mbit/s)	8-150 en sentido descendente 2-30 en sentido ascendente
Modulación	MAQ-4, MAQ-16 o MAQ-64

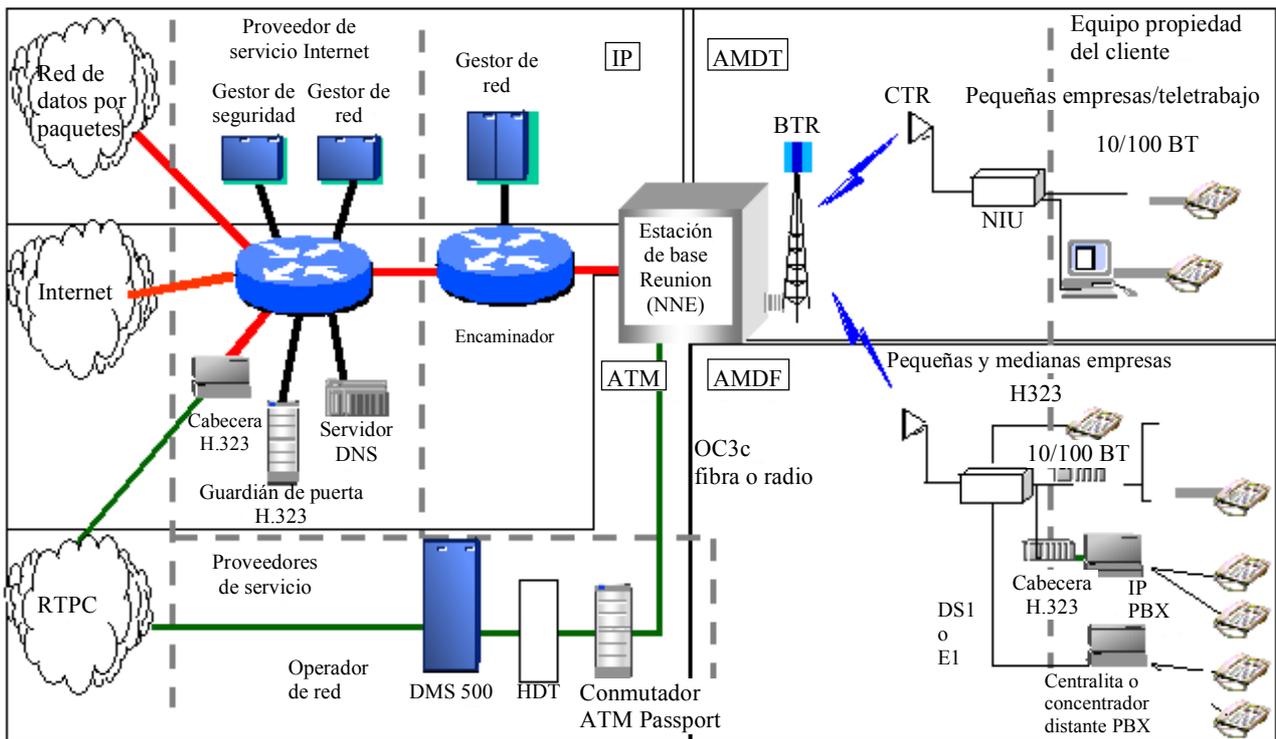
1.2.2 Configuración de la red

La Fig. 54 muestra la arquitectura de la red que permite cualquier apareamiento del acceso AMDF o AMDT con la interconexión ATM o IP. El sistema Reunion comprende:

- el equipo de interiores de la estación de base o el equipo de nodo de red (NNE);
- el transceptor de estación de base de exteriores (BTR);
- el transceptor de exteriores de los locales del cliente (CTR);
- la unidad de interfaz de red de interiores en los locales del cliente (NIU); y
- el equipo y los útiles correspondientes de gestión de la red.

En el exterior del sistema BWA del emplazamiento del cliente se encuentra el equipo propiedad de éste conectado a la NIU, tal como los concentradores, las cabeceras H.323 IP, las centralitas privadas y los núcleos LAN. En el exterior del sistema Reunion del lado de la infraestructura de la red están los medios de conexión general de las estaciones de base (OC3c/STM-1 fibra o radio), el conmutador ATM o el encaminador IP y las cabeceras de red. El sistema Reunion efectúa la integración en el sistema del suministrador del servicio Internet (ISP) y el suministrador del servicio de aplicación (ASP) que se ocupa del cliente y el sistema de apoyo de funcionamiento (OSS).

FIGURA 54
Arquitectura de la red



Land-054

Las funciones de los componentes del sistema son las siguientes:

Equipo de nodo de red (NNE)

El NNE comprende los módems de estación de base, la matriz de combinación de canales y conmutación de redundancia y la interfaz de retroconexión. Los canales descendentes son portadoras MDT continuas. Pueden utilizarse canales descendentes AMDF y/o AMDT y, con el AMDF, o puede asociarse una mezcla de canales ascendentes de banda estrecha y banda ancha con cada canal descendente.

El tráfico se cursa como células ATM o paquetes IP con apoyo para calidad de servicio (QoS). El servicio de emulación de circuitos ATM CBR soporta tráfico DS-1 o E1 estructurado y no estructurado.

El sistema Reunion utiliza tecnología de amplificación lineal en banda ancha, de forma que los canales descendentes múltiples se combinan en cada canal radioeléctrico. Una matriz de combinación de canales y de conmutación de redundancia permite combinar varias portadoras en cada canal radioeléctrico de ondas milimétricas y puede conmutar módems de repuesto en sectores, según sea necesario para la recuperación tras avería.

Pueden emplearse diversas interfaces de retroconexión en banda ancha, incluyendo la OC3c de fibra o radioeléctrica punto a punto y puede utilizarse la retroconexión redundante.

Transceptor de estación de base (BTR)

El BTR convierte una amplia banda de señales de transmisión y recepción de frecuencia intermedia procedente de los módems NNE en frecuencias de ondas milimétricas y realiza la amplificación. El BTR recibe la energía desde el NNE a través del cableado FI. Normalmente, se sitúan a la vez dos BTR en cada sector para lograr una redundancia de 1:1. Pueden añadirse diversas antenas de sector al BTR para obtener una cobertura desde 15° a 90° con grandes polarización horizontal o vertical. También hay mensajes de alarma y de supervisión de estado del BTR al NNE.

Transceptor en los locales de cliente (CTR)

El CTR realiza las mismas funciones de compresión de frecuencia y amplificación que el BTR, pero está optimizado para un funcionamiento en un solo canal con coste reducido. Al igual que en el BTR, el CTR se alimenta a distancia a través del cableado FI. Una antena parabólica va con la unidad radioeléctrica, dando una elevada ganancia con rechazo grande de los lóbulos laterales y del lóbulo trasero, lo que es fundamental para una reutilización intensa de frecuencias.

Unidad de interfaz de red (NIU)

La NIU contiene el módem para el lado de los locales del cliente del enlace y también realiza diversas interfaces para una amplia gama de servicios de usuario final. La NIU típica lleva uno o más puertos DS-1 o E1, más un puerto 10baseT pero un solo módulo integrado. Cada puerto puede configurarse independientemente para diversos circuitos virtuales.

1.3 Resumen de capacidades

El sistema Reunion ofrece los atributos principales siguientes:

Aspectos principales

- Acceso en banda ancha (1 o más DS-1 o E1 y/o 10/100baseT)
- Interconexión ATM o IP

Ventajas principales

- Alternativa competitiva a las facilidades en línea alámbrica
- Despliegue rápido
- Crecimiento modular: solución ampliable
- Solución integrada de telefonía, vídeo y datos
- Optimizada para una amplia gama de tráfico, mediante la mezcla de canales AMDF y AMDT
- Elección de la interconexión ATM o IP

Aplicaciones

- Acceso DS-1 o E1 estructurado o no estructurado
- Conectividad «última milla» para los proveedores del servicio
- Acceso de alta velocidad en distritos que no tienen servicio de facilidad de línea arrendada de fibra, coaxial alámbrica
- Enlaces de gran disponibilidad

Provisionamiento del servicio

- Portadoras de central local competitivas (CLEC)
- Proveedores de servicio Internet (ISP)
- Operadores celulares y PCS con requisitos de retroconexión inalámbrica

2 Sistema de acceso inalámbrico fijo en banda ancha de TSR

2.1 Introducción

Este sistema ha sido desarrollado por la compañía sueca Time Space Radio, TSR y una de sus características principales es la utilización de una multiplexación temporal y espacial singular para lograr una gran capacidad, combinada con una utilización eficaz del espectro. Está concebido para funcionar en las bandas de 10,5 GHz y de 3,5 GHz.

2.2 Descripción

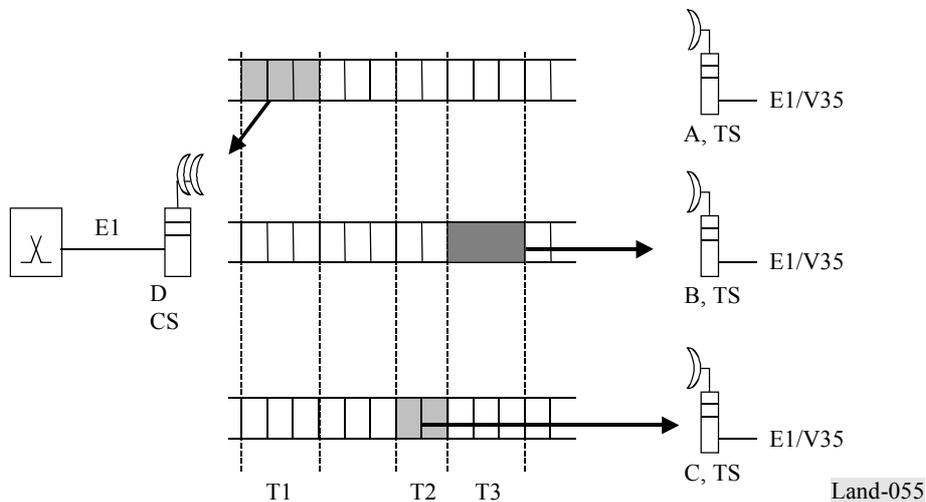
Se utiliza SDMA/AMDT para enviar o recibir información a través de haces radioeléctricos estrechos (5') en una dirección específica durante un periodo específico de tiempo. El sistema permite a una sola estación comunicar con una o más estaciones, cambiando rápidamente la dirección de la antena durante la transmisión o recepción a una estación o desde otra, diseñadas para dicho fin. Ello permite una utilización muy eficaz del espectro de frecuencias.

En las transmisiones entre dos estaciones específicas TSR, la unidad TSR 34-10 funciona como en un enlace radioeléctrico convencional. Una sola estación puede recibir información en un momento y retransmitirla al siguiente, lo que se denomina repetición. Significativamente, una red radioeléctrica TSR puede constar de una combinación de estructuras en estrella, de árbol y de enlace y en este caso puede ser mejor no utilizar los términos habituales de estaciones central/base y terminal/usuario, empleando en su lugar el término «nodo». Este último conlleva mejor la noción de que las estaciones realizan diversas funciones de manera integral (por ejemplo, puede también emplearse la expresión «directora/subordinada»).

El sistema utiliza el dúplex por división en el tiempo (DDT), es decir, que emplea la misma frecuencia para la recepción y la transmisión, lo que permite cursar un tráfico asimétrico más rápido en las redes de TSR.

FIGURA 55

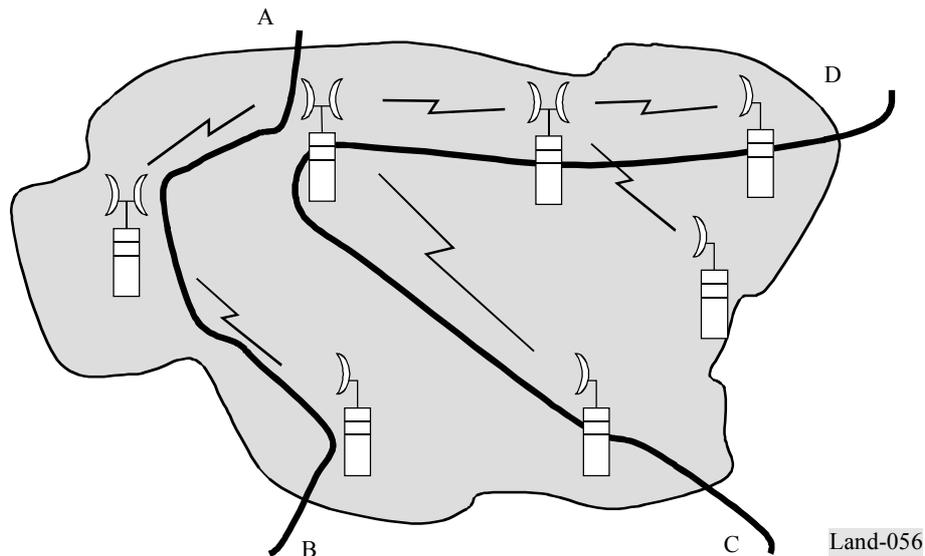
El sistema TSR 34-10 utiliza AMDT y DDT. Se emplea un conjunto de intervalos temporales para la comunicación entre dos estaciones. Durante T1 la estación A transmite información a la estación D. La estación D retransmite - "repite" - esta información a la estación C durante el periodo de tiempo T2, tras el cual, durante T3, la estación D transmite información a la estación B. El enlace radioeléctrico utiliza una frecuencia única para la transmisión y la recepción



Una función clave de las estaciones TSR es su capacidad para la repetición en paralelo del tráfico a otra estación y la separación/inserción de tráfico local.

FIGURA 56

Una red TSR puede constar de cualquier combinación de estructuras en estrella, en árbol y de enlace. En un enlace lógico entre A y B, el tráfico que pasa por la red es transparente. Cada nodo de una red TSR constituye un recurso de 34 Mbit/s. Siempre que el flujo de tráfico a través de cada nodo no rebase los 34 Mbit/s, los enlaces C-D y A-B pueden utilizarse al mismo tiempo



Parámetros de diseño

El diseño de una red radioeléctrica compuesta de nodos TSR debe tener en cuenta los parámetros siguientes:

- 1) El número de interfaces por nodo.
- 2) La distancia del enlace.
- 3) La anchura de banda total a través de un nodo.
- 4) La anchura de banda para cada sentido.

TSR 34-10

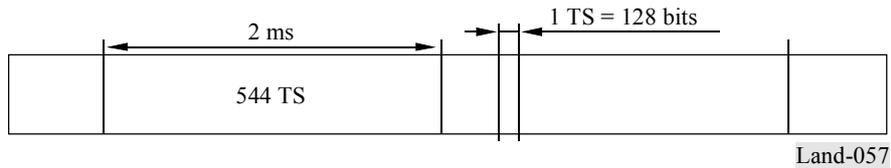
El equipo básico de todas las estaciones TSR es más o menos el mismo. Debe señalarse que una antena puede dar cobertura a varias estaciones en el mismo acceso radioeléctrico.

Los programas de las estaciones se configuran para transmitir o recibir información durante un periodo específico de tiempo y en una dirección específica de antena. Ello hace posible configurar la anchura de banda, el flujo de tráfico y las estructuras de la red de forma precisa con arreglo a los requisitos de los clientes. Pueden efectuarse todas las configuraciones necesarias a través de la interfaz de usuario para el sistema de gestión de la red.

El sistema TSR funciona con una anchura de banda de 28 MHz. Cada estación tiene capacidad de enviar o recibir intervalos de tiempo de 544 128 bits en una trama temporal de 2 ms. Esto significa que cada intervalo de tiempo corresponde a 64 kbit/s y que cada estación TSR puede cursar flujos de tráfico de hasta 34 816 Mbit/s (simplex).

FIGURA 57

Estructura de la trama en la interfaz radioeléctrica. Cada trama corresponde a 2 ms y consta de 544 intervalos de tiempo (TS)



2.3 Posibles estructuras de red y aplicaciones

Conexión serie

FIGURA 58

Cada estación contiene una función lógica como CS, RS o TS, pero son físicamente las mismas. El sistema puede ampliarse, sin tener que sustituir el equipo existente en la estación, ya sea en serie para abarcar una zona más grande, o en paralelo para aumentar la capacidad

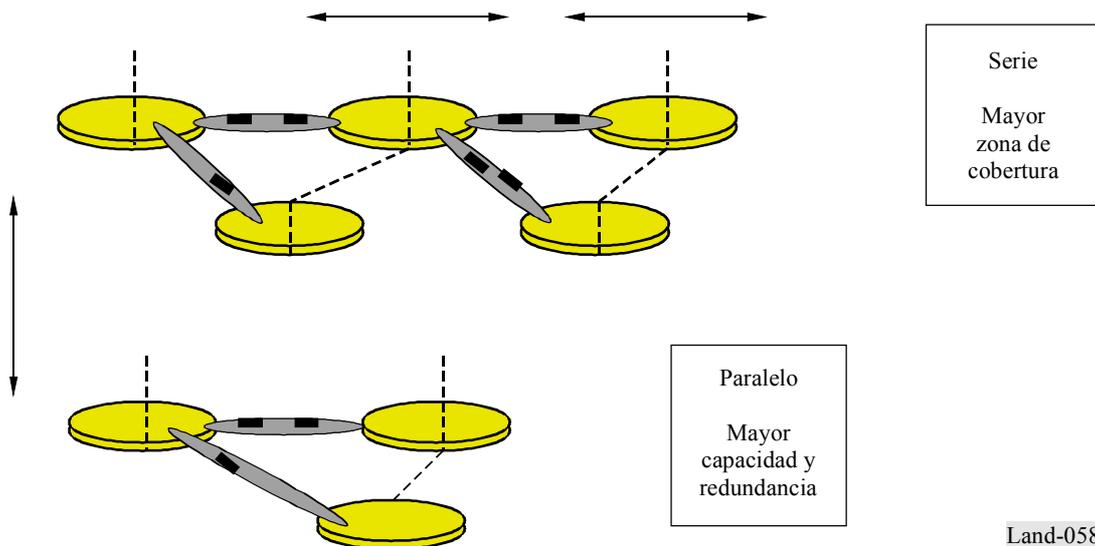
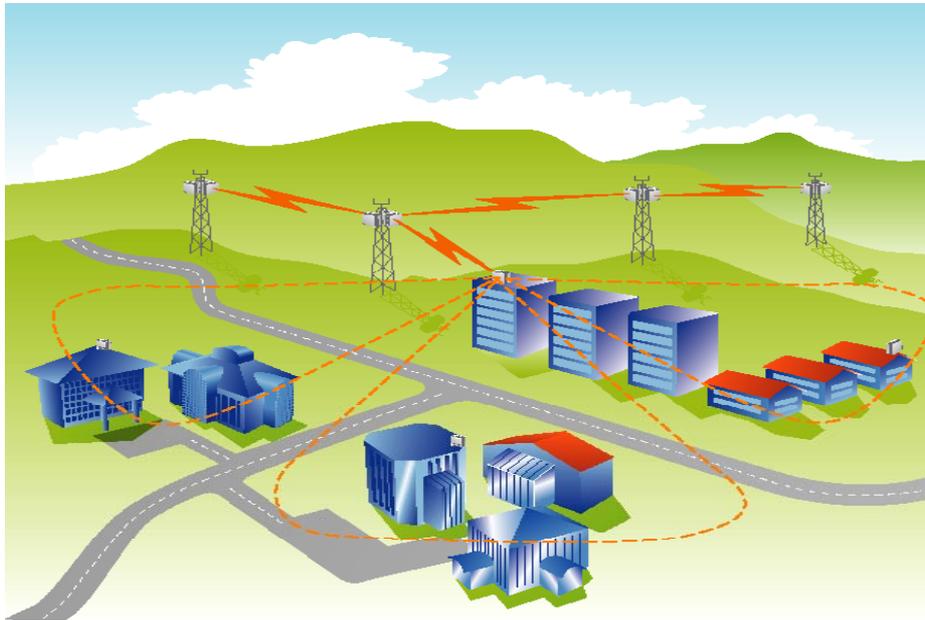


FIGURA 59

Aplicación. Red TSR que da acceso de comunicaciones en banda ancha a zonas industriales, conectándolas con otros sistemas radioeléctricos o medulares de fibra. También puede darse una estructura de red celular móvil y en este caso tiene más valor la diversidad de rutas



Land-059

3 Características generales del sistema de acceso inalámbrico fijo en banda ancha de Japón

3.1 Introducción

En un próximo futuro, se espera una utilización más amplia y diversificada de aplicaciones para aprovechar las tecnologías de información y comunicaciones. Para hacer factibles dichas aplicaciones, es indispensable una infraestructura de red muy sofisticada.

A la vista de lo anterior, se ha estudiado la utilización práctica de un sistema de acceso inalámbrico fijo en banda ancha que conecte viviendas y oficinas en general con las facilidades de telecomunicación de los operadores, en la banda de frecuencias por encima de 22 GHz. La distancia de propagación suele ser de algunos kilómetros o inferior. Este sistema FWA punto a punto (a partir de ahora denominado FWA P-P) y FWA punto a multipunto (denominado a partir de ahora FWA P-MP) está en servicio en Japón.

En los puntos siguientes se describen los sistemas FWA P-P y FWA P-MP de Japón que funcionan en la banda de ondas casi milimétricas y en la banda de ondas milimétricas a partir del año 2000.

3.2 Sistema FWA punto a punto

Este sistema que utiliza las bandas de frecuencia de 22,0-22,4 GHz, 22,6-23,0 GHz, 25,25-27,0 GHz, 38,05-38,5 GHz o 39,05-39,5 GHz está previsto generalmente para un despliegue en zonas urbanas y utilización en enlaces de datos a gran velocidad tales como LAN, WAN, ATM, etc., líneas arrendadas y conexiones con computación de circuitos, entre otras. Los usuarios previstos de este sistema son las empresas de gran tamaño que exigen una velocidad de transmisión rápida de varias decenas de megabits por segundo y corporaciones que necesitan velocidades de varios megabits por segundo. La distancia de propagación es de 4 km o inferior.

Por tanto, se supone que la capacidad de transmisión del sistema FWA P-P va a ser de 6 Mbit/s, 45 Mbit/s, 52 Mbit/s y 156 Mbit/s. Su esquema dúplex se basa en el DDF (dúplex por división de frecuencia).

El Cuadro 8 muestra un ejemplo de la configuración del sistema FWA P-P.

CUADRO 8
Ejemplos de configuración del sistema FWA P-P

Elemento	Contenido		
Clasificación del sistema	Sistema 6M	Sistema 12M	Sistema 45M
Banda de frecuencias	22/26/38 GHz	22/26/38 GHz	22/26/38 GHz
Método dúplex	DDF	DDF	DDF
Método de modulación	Modulación multinivel de 4 o más niveles (MDP-4, MDF-4, MAQ-16, etc.)		
Capacidad de transmisión	6,312 Mbit/s	12,624 Mbit/s	44,736 Mbit/s
Velocidad de transmisión radioeléctrica	8,2 Mbit/s	16,4 Mbit/s	49,2 Mbit/s
Ejemplo de interfaz	6,312 Mbit/s 1,544 Mbit/s × 4	6,312 Mbit/s × 2 1,544 Mbit/s × 8	44,736 Mbit/s
Potencia del transmisor radioeléctrico	menos de 500 mW	menos de 500 mW	menos de 500 mW

Elemento	Contenido	
Clasificación del sistema	Sistema 52M	Sistema 156M
Banda de frecuencias	22/26/38 GHz	22/26/38 GHz
Método dúplex	DDF	DDF
Método de modulación	MAQ-16 o más	
Capacidad de transmisión	51,84 Mbit/s	155,52 Mbit/s
Velocidad de transmisión radioeléctrica	57 Mbit/s	172 Mbit/s
Ejemplo de interfaz	51,84 Mbit/s 44,736 Mbit/s	155,52 Mbit/s 51,84 Mbit/s × 3
Potencia del transmisor radioeléctrico	menos de 500 mW	menos de 500 mW

3.3 Sistema FWA P-MP

Este sistema, que consta de múltiples células y utiliza la tecnología de acceso múltiple en las bandas de frecuencia de 25,25-27,0 GHz, 38,05-38,5 GHz o 39,05-39,5 GHz ha de despegarse principalmente desde zonas urbanas a zonas suburbanas. Como el sistema ofrece velocidades de transmisión que van desde varias decenas de kilobits por segundo hasta varios megabits por segundo por abonado, puede utilizarse para la RDSI-N, la conexión entre LAN, el acceso a Internet y otros. Los utilizadores principales de este sistema serán los usuarios de teletrabajo y hogares en general. La distancia de propagación es de dos kilómetros o inferior.

Por tanto, se supone que la capacidad total de transmisión del sistema FWA P-MP será de varias decenas de megabits por segundo. Para el modo de multiplexación, puede utilizarse el AMDT o el AMDF y para el esquema dúplex se prevén sistemas DDT (dúplex por división en el tiempo) y DDF, que dividen el enlace ascendente y el descendente en los ejes temporal y de frecuencia, respectivamente.

El Cuadro 9 muestra un ejemplo de la configuración del sistema FWA P-MP.

CUADRO 9

Ejemplo de configuración del sistema FWA P-MP

El Cuadro resume ejemplos de configuración de sistemas FWA P-MP basados en tres tipos de aplicaciones:

Tipo de conexión ATM, tipo de extensión LAN y tipo de conexión de transmisión.

Elemento	Contenido		
Modo	Tipo de conexión ATM	Modo	Tipo de conexión ATM
Servicio prestado	Acceso a Internet/ telefonía Internet RDSI-N/RDSI-B FR/CR/VOD	Acceso a Internet Telefonía Internet	Acceso a Internet/telefonía Internet RDSI-N/RTPC, líneas arrendadas/FR/CR
Banda de frecuencias	26/38 GHz	26/38 GHz	26/38 GHz
Método dúplex	DDT o DDF	DDT o DDF	DDT o DDF
Método de acceso	AMDT o AMDF	AMDT o AMDF	AMDT o AMDF
Método de modulación	MDMG, MDP-4 (o más), MAQ-16 (o más)		MDMG, MDP-4 (o más), MAQ-16 (o más)
Capacidad de transmisión	Enlace descendente DDF/enlace ascendente: 25,6 Mbit/s Capacidad total de transmisión DDT: 52 Mbit/s	Enlace descendente DDF/enlace ascendente: 10 Mbit/s Capacidad total de transmisión DDT: 20 Mbit/s	Enlace descendente DDF/enlace ascendente: 20 Mbit/s Capacidad total de transmisión DDT: 40 Mbit/s
Velocidad de transmisión radioeléctrica	Enlace descendente DDF/enlace ascendente: 36 Mbit/s Capacidad total de transmisión DDT: 72 Mbit/s	Enlace descendente DDF/enlace ascendente: 14 Mbit/s Capacidad total de transmisión DDT: 28 Mbit/s	Enlace descendente DDF/enlace ascendente: 28 Mbit/s Capacidad total de transmisión DDT: 56 Mbit/s
Potencia de un transmisor radioeléctrico	Menos de 500 mW	Menos de 500 mW	Menos de 500 mW

4 Sistema de acceso inalámbrico fijo en banda ancha de Ericsson

Generalidades

El sistema IP de acceso inalámbrico en banda ancha de Ericsson «Beewip™» ofrece un medio transparente para distintos tipos de servicios IP. La red Ethernet inalámbrica basada en la 802.11 cursa el tráfico IP.

El sistema funciona en la banda de frecuencias de 3,5 GHz normalizada por la UIT. La arquitectura del sistema permite la atribución de banda ancha y ofrece una conexión «permanente» a velocidades de datos de hasta 3 Mbit/s por abonado.

Tecnología, arquitectura y configuraciones

Características del sistema de radiofrecuencia

Versiones de banda de frecuencia:	3 410-3 600 MHz
Separación dúplex	100 MHz
Modulación	MDF-G (1, 2 ó 3 bits/símbolo)
Método de acceso:	FH-CDMA
Anchura de banda atribuida por canal de RF:	Entre 10 MHz y 42 MHz
Separación de subcanal:	2 MHz
Parámetros de salto:	250 µs max. de tiempo de establecimiento del salto
Tiempo de asentamiento:	128 ms por defecto
Velocidades binarias:	velocidades binarias brutas de 1, 2 y 3 Mbit/s

Configuración de la red

El sistema consta de tres grupos principales de nodos físicos (véase la Fig. 60):

Las unidades de abonado se componen de una unidad exterior y otra interior.

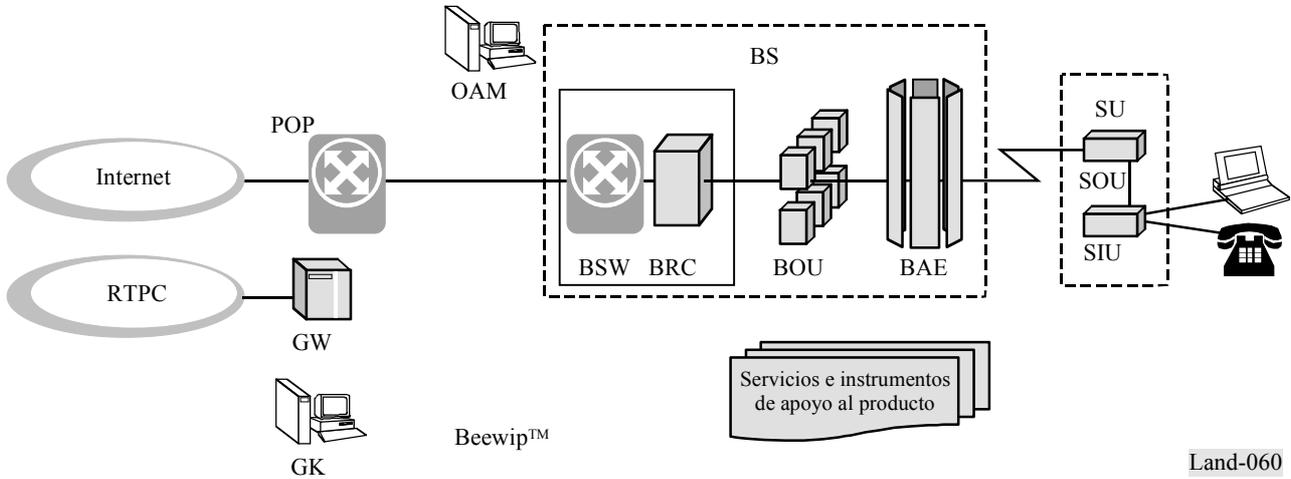
Las estaciones de base constan del controlador radioeléctrico, el conmutador, las unidades exteriores y los elementos de antena.

El sistema de explotación, administración y mantenimiento se compone de equipos y programas.

Hay una cabina exterior de estación de base que alberga el controlador radioeléctrico y el conmutador.

FIGURA 60

Configuración de la red (la línea de trazos representa el sistema "Beewip™")



SOU = Unidad exterior de abonado, SIU = Unidad interior de abonado

BS = Estación de base, BRC = Controlador radioeléctrico de estación de base, BSW = Conmutador de estación de base, BOU = Unidad exterior de estación de base, BAE = Elemento de antena de estación de base.

OAM = Explotación, administración y mantenimiento.

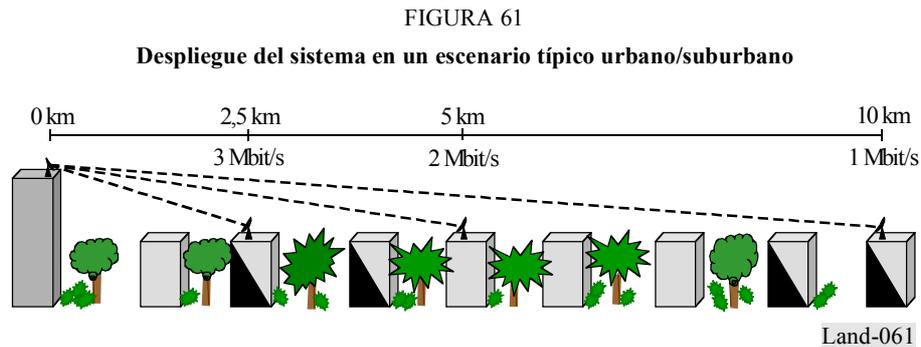
Las unidades de abonado (SU) se conectan a la estación de base (BS) por la interfaz aérea. En la BS, el tráfico se concentra y se encamina hacia el punto de presencia (PoP) mediante el conmutador de estación de base (BSW). Antes del encaminamiento hacia el PoP se efectúa la conversión desde Ethernet 10BaseT al protocolo utilizado en el medio de transmisión. La Figura anterior muestra la realización del sistema Beewip™ de Ericsson en las redes existentes. La conexión del sistema a la red medular IP para la transferencia de datos se efectúa directamente a través del PoP, mientras que la conexión a la red telefónica pública conmutada (RTPC) se establece aplicando una cabecera (GW) adicional y un guardián de puerta (GK), y el tráfico vocal se trata como telefonía por Internet (VoIP). La BS aporta todas las interfaces utilizadas para el medio de transmisión entre ella y el PoP. Dicho PoP concentra el tráfico de datos y vocal para una región determinada hacia la red medular.

Los abonados situados en la zona de cobertura tienen acceso a los servicios a través de sus unidades de abonado, situadas en sus locales. Hay distintos tipos de SU disponibles, que ofrecen diferentes tipos de paquetes de servicio. En total hay seis variantes distintas de SU.

La parte de explotación, administración y mantenimiento (OAM) permite al operador configurar a distancia los nodos de toda la red de acceso, mejorar a distancia los programas y, en conjunto, controlar y supervisar todo el tráfico para las funciones de averías y gestión de calidad.

Alcance

Los alcances máximos para las distintas velocidades binarias, utilizando las características radioeléctricas nominales del sistema con una antena de 60° y un modelo sin pérdidas de trayecto con línea de visibilidad sin obstrucciones (OLOS), son aproximadamente de 10,5 y de 2,5 km para 1, 2 y 3 Mbit/s, respectivamente. Este escenario OLOS típico se representa en la Fig. 61.



Cabe esperar un alcance de 15 km en condiciones de visibilidad directa.

El escenario OLOS permite una extracción fácil y económica del BAE y de la SOU.

Capacidad

El sistema BeewipTM es un sistema de paquetes que utiliza la tecnología radioeléctrica FH-AMDC. En términos de capacidad, el factor de calidad es la relación entre la portadora y la interferencia (C/I). Los valores de velocidad binaria bruta serán distintos en los diferentes escenarios de despliegue.

Se ha simulado un caso más desfavorable de despliegue, basándose en una red grande y una anchura de banda mínima, junto con un sistema plenamente cargado. Este escenario de despliegue significa una red grande con estaciones de base casi adyacentes, transmitiendo todas ellas al mismo tiempo. Los resultados de estas simulaciones mostraron una velocidad binaria bruta media de 2,2 Mbit/s en un escenario OLOS.

En un escenario de tráfico más típico habrá menos interferencia y por tanto mejores posibilidades de enviar velocidades binarias superiores. En una red con menos estaciones de base y más anchura de banda, cabe esperar una velocidad binaria bruta próxima a los 3 Mbit/s.

Despliegue

El sistema BeewipTM de Ericsson responde a una estructura de despliegue celular en la que múltiples células dan cobertura a una zona geográfica. Cada célula contiene una estación de base (BS) con varios elementos de antena de estación de base (BAE), excitados cada uno de ellos por una unidad exterior de estación de base (BOU). Los BAE son antenas sectoriales que dan cobertura a un sector de 60° o de 120°.

El número total de abonados que pueden conectarse a una estación de base BeewipTM con seis sectores depende no sólo de la forma del despliegue, del terreno y de la distancia entre las BS y los abonados, sino también de factores relacionados con el tráfico real de datos, tales como el comportamiento del abonado, los servicios ofrecidos, etc. Todo ello puede ser muy diferente para las distintas realizaciones del sistema.

Resumen de capacidades

En resumen, el sistema BeewipTM ofrece los siguientes atributos principales:

Características principales

Conexión LAN a Internet

- Ofrece la gestión de la anchura de banda que permite fijar simétrica y asimétricamente el enlace ascendente y el descendente con una resolución de 1 kbit/s.
- Servicios de datos y vocal al mismo tiempo.

Da prioridad a la voz respecto a los datos.

- La conexión a la RTPC se establece por una cabecera de voz H.323 disponible de inmediato.
- Los códecs vocales posibles son G.711 – 4 kbit/s, G.723.1 – 6,3 kbit/s, G.729A – 8 kbit/s.

Las amenazas externas se tratan por un cortafuegos en el punto de presencia (PoP):

- Sirve para todos los tipos de direccionamiento IPv4, es decir direccionamiento estático, dinámico y privado. También sirve para el tipo futuro de direccionamiento Internet, IPv6.

Ventajas primordiales

- Los servicios de red IP se retransmiten transparentemente a Internet y al emplazamiento de destino.
- Cumple las normas útiles e importantes, tales como la IEEE 802.1q (VLAN), IEEE 802.3x (Control de congestión) y ETSI EN 301 253 (FH-CDMA).
- Ampliaciones modulables y rentables de los servicios de red de operador.
- Despliegue rápido.
- Solución integrada de voz y datos.

Aplicaciones

- Zona urbana y suburbana.
- Conectividad de «última milla».

Puesta en servicio

- Proveedores de acceso IP
- Operadores celulares
- Operadores locales competitivos (CAP, CLEC)
(Proveedores de acceso competitivos, operadores de central local competitivos)
- Operadores FWA

5 Sistema de acceso inalámbrico en banda ancha 7390 LMDS de Alcatel

5.1 Generalidades

La familia 7390 LMDS de Alcatel cumple los requisitos de un sistema de acceso inalámbrico fijo punto a multipunto en banda ancha que pueden utilizar los actuales y nuevos operadores de telecomunicaciones, operadores de sistemas de TV por cable y otros suministradores de red inalámbrica. Puede desplegarse formando parte de un enfoque completo de red integral que incluye:

- Tecnologías de transmisión (fibra o radioeléctrica) de jerarquía digital síncrona (SDH)/red óptica síncrona (SONET) y servicios basados en ATM.
- Conmutadores de banda estrecha/banda ancha.
- Nodo de acceso a distancia (RAN) en banda ancha.
- Productos celulares y de acceso local inalámbrico.
- Sistemas de interconexión vocal, tales como el SS7, V5.2 y TR-303.
- Gestión de red y del servicio plenamente integrada.

El sistema LMDS de Alcatel se ha concebido con una atribución flexible de canales que sirve para una amplia gama de variantes de radiofrecuencia con una gran reutilización de ésta. El esquema de acceso múltiple del sistema es el AMDT.

El sistema LMDS de Alcatel permite a los proveedores del servicio atender a usuarios de pequeñas y medianas empresas (SME) de un edificio individual o de múltiples ocupantes, así como a usuarios de teletrabajo e incluso residenciales de un complejo de múltiples viviendas. Pueden ofrecerse simultáneamente servicios vocales, de datos y de Internet en condiciones rentables.

Las interfaces de servicios son nxE1/T1, clear E1/T1, ISDN/POTS y Ethernet 10BaseT para servicio Internet mejorado.

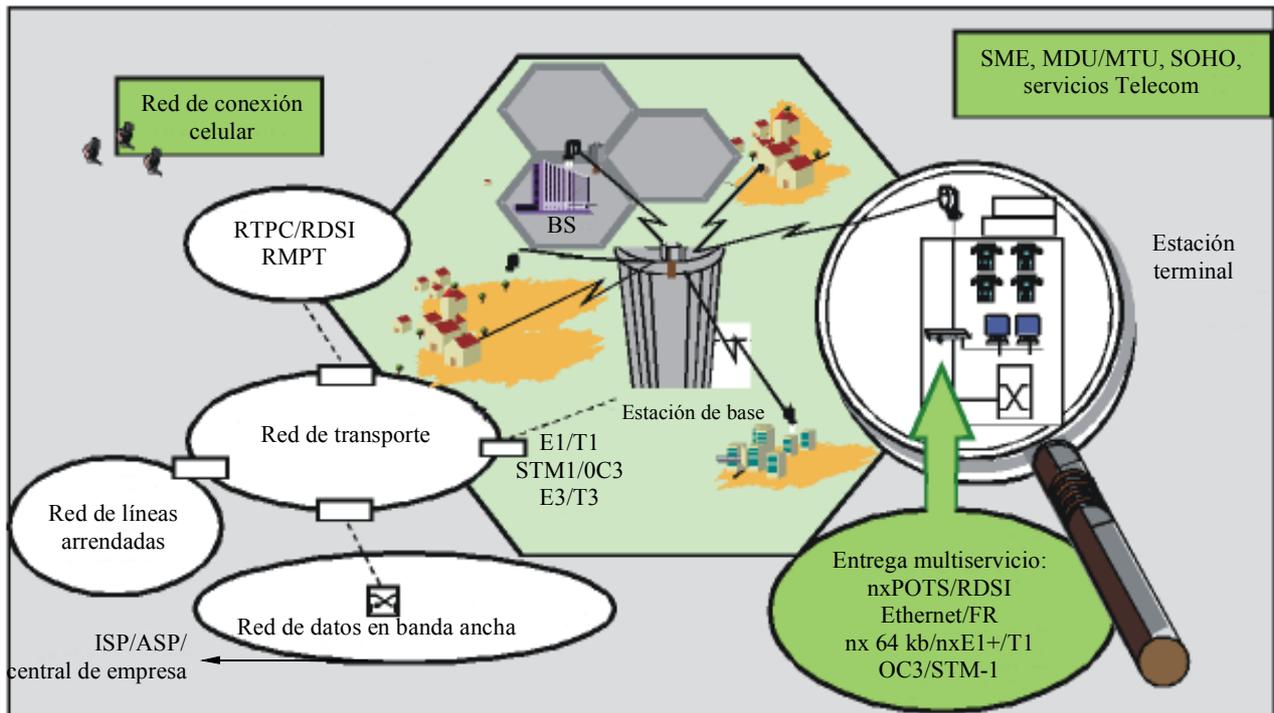
Pueden conectarse múltiples dispositivos de terminación de red a un único emplazamiento radioeléctrico de abonado para aumentar la densidad del puerto de servicio. En la estación de base se establecen interfaces para el emplazamiento o la unidad central o la red de datos, por ATM o MDT de gran densidad. Pueden conectarse servicios conmutados concentrados a centrales RTPC de clase 5 por unidades GR303 o V5.2, con lo que se reduce aún más el coste del equipo capital y los gastos operacionales.

La solución LMDS de Alcatel también puede ofrecer servicio vocal conmutado con una interfaz SS7.

5.2 Arquitectura

El LMDS de Alcatel es un sistema punto a multipunto concebido como arquitectura para conexión en banda ancha en entornos urbanos. El sistema se instala con una estación de base (BS) común y múltiples estaciones terminales (TS) de abonado distribuidas.

FIGURA 62
Modelo de aplicación



Land-062

La BS utiliza antenas sectoriales para lograr la cobertura celular y la TS utiliza una pequeña antena parabólica para acceder a la BS.

Las estaciones de base actúan como núcleos que transmiten los servicios telefónicos, de datos e Internet a los clientes hasta un alcance de visibilidad directa de unos 4 km como máximo.

Las características principales del subsistema clave del LDMS de Alcatel son:

- Red de tipo celular interconectada con redes RTPC/RDSI/RMPT/red de líneas arrendadas en banda ancha.
- Estaciones de base con arquitectura interior-exterior de montaje separado.
- Estaciones terminales con arquitectura interior-exterior de montaje separado y posibilidad de conectar varias terminaciones de red (NT: unidades interiores) a la misma terminación radioeléctrica (RT: unidad exterior).

Una red simple está compuesta de:

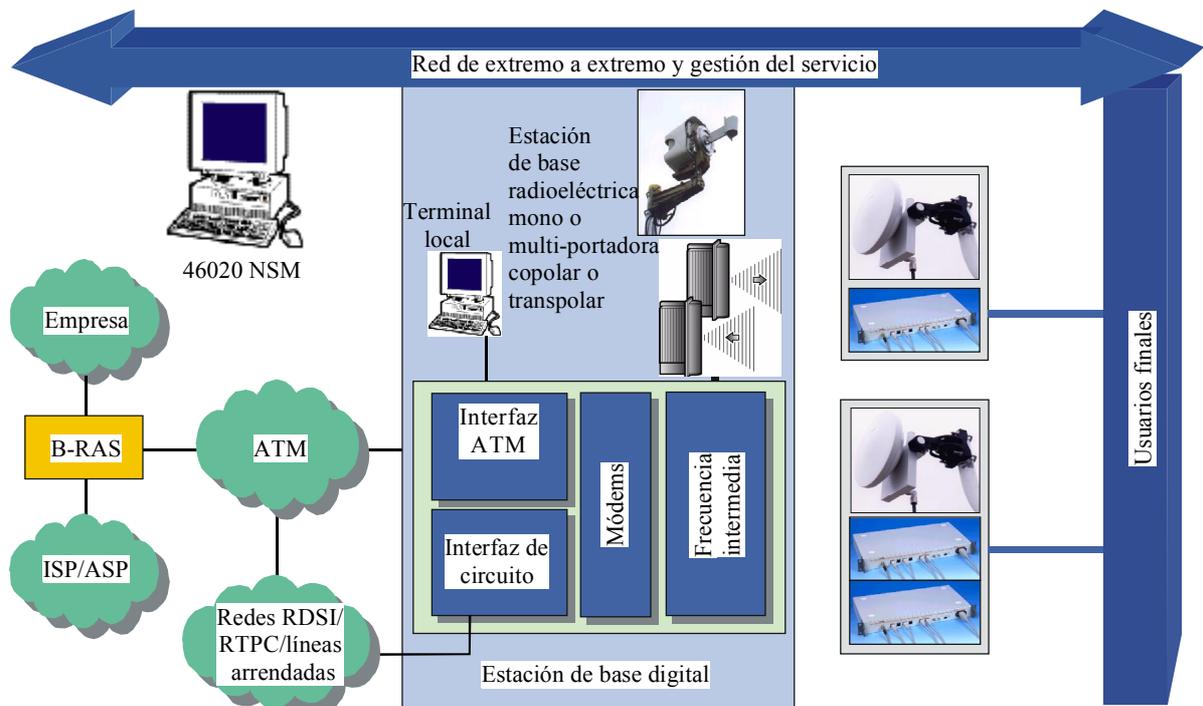
- múltiples estaciones terminales: cada cliente está equipado con una TS que da el acceso y la adaptación que requiere el sistema, estando los clientes instalados con enlaces radioeléctricos sin obstrucciones y de visibilidad directa (LOS) con la estación de base anfitrión respectiva;
- una estación de base: la BS da servicio a múltiples TS desde un emplazamiento central con enlace de visibilidad directa a dichas TS. La BS establece las interfaces adecuadas entre el acceso radioeléctrico y las redes medulares, junto con el centro de gestión;
- una gestión de gestión común a múltiples células. El centro de gestión establece las interfaces para el operador.

5.3 Características técnicas

5.3.1 Descripción del sistema

El sistema completo se ilustra en la Fig. 63:

FIGURA 63
Características del sistema



5.3.2 Interfaces de red

Estas interfaces se utilizan para la interconexión con la red de datos en banda ancha o con la red de líneas arrendadas o con las RTPC/RDSI, y son de dos tipos: ATM o G703.

5.3.2.1 Tráfico de datos en ráfagas

El tráfico de datos se envía en una interfaz ATM, generalmente por una red conmutada ATM, a un encaminador o un RAN (nodo de acceso distante) de banda ancha.

Se utilizan circuitos virtuales permanentes (PVC) entre las terminaciones de red y el encaminador o el RAN de banda ancha, empleando el encapsulado de modo en puente (RFC 1483) que permite tipos de tráfico IP e IPx.

5.3.2.2 Tráfico orientado al circuito

El acceso a la red para los servicios de telefonía y de líneas arrendadas utiliza una interfaz E1 o T1.

Físicamente, las interfaces pueden ser interfaces especializadas T1/E1 que cumplen la Recomendación UIT-T G.703 (1 544 kbit/s para T1 o 2 048 kbit/s para E1), o enviadas por una interfaz ATM a un conmutador ATM que debe ir equipado con un tablero CEM (emulación del circuito por ATM).

Para las líneas arrendadas el sistema establece un enlace radioeléctrico permanente entre la estación de base y la terminación de red (NT) de estación terminal en la que se declara la línea arrendada. El sistema radioeléctrico es plenamente transparente para el tipo de tráfico cursado.

Para la telefonía, el acceso a las redes telefónicas RTPC o RDSI se efectúa a través de una interfaz concentrada $n \times E1/T1$ válida para V5.2 o GR303, a través de los elementos facultativos del subsistema. Para la telefonía SS7 se utiliza una cabecera externa.

5.3.3 Interfaces de abonado

El sistema LMDS de Alcatel es una plataforma multiservicio que ofrece una mezcla de líneas arrendadas, telefonía conmutada RDSI y servicios basados en el protocolo Internet.

CUADRO 10

Interfaces de abonado

Telefonía	POTS :
	ITU-T G.713
	RDSI BA 2B+ Interfaz D U:
	ITU-T G.961
	RDSI PRI:
	ETS 300011
Señalización	V5.2
DATOS	Ethernet 10 Base T
E1	G.703
	X21
ATM	STM1/OC3
	ITU-T G.709
	PVC

5.3.4 Interfaz radioeléctrica

5.3.4.1 Planes de frecuencia

El sistema LMDS de Alcatel se ha desarrollado en varias bandas de frecuencia a fin de dar cabida a las necesidades regionales y/o nacionales. El Cuadro siguiente ofrece las especificaciones principales de los planes de frecuencia.

CUADRO 11

Planes de frecuencia

Banda de frecuencia	Gama de frecuencias y dúplex	Región
26 GHz CEPT ERC T/R13-02	24,5-26,5 GHz 1 008 MHz dúplex	Región 1
28 GHz CEPT ERC T/R13-02	27,5-29,5 GHz 1 008 MHz dúplex	Región 1
26 GHz Japón	25,25-27 GHz 855 MHz dúplex	Japón
25 GHz Corea	24,3-26 GHz 1 480 MHz dúplex	Corea
LMCS A-F US LMDS A (sim)	25,35-28,35 GHz 500 MHz block	Pacífico Rim, Canadá, EE.UU., América Latina
US LMDS A (asim)	25,35-28,35 GHz 31,075-31,225 GHz	EE.UU.
24 GHz	24,25-25,25 GHz 800 MHz dúplex	EE.UU., Canadá
31 GHz (US LMDS B)	31-31,075 GHz 31,225-31,3 GHz 225 MHz dúplex	EE.UU.
38 GHz	38,6-39,3 GHz 39,3-40 GHz 700 MHz dúplex	EE.UU., Canadá, América del Sur

5.3.4.2 Capa física de RF

La interfaz aérea se ajusta a la especificación DAVIC 1.2 Part 8 Lower layer Protocols and Physical Interfaces.

Utiliza el modo dúplex por división de frecuencia (DDF) para separar los canales de salida y de retorno. El canal de retorno se divide hasta en cuatro subcanales: una estación terminal puede acceder a cualquiera de ellos, exceptuando la elección del protocolo MAC. El enlace descendente utiliza el múltiplex por división de tiempo en el que el circuito básico no es el byte sino la célula ATM. El enlace ascendente utiliza un modo de acceso AMDT superpuesto al modo MDF de selección de canal.

5.3.4.3 Anchuras de banda portadora

El sistema de acceso inalámbrico LMDS de Alcatel puede funcionar con las anchuras de banda portadoras siguientes:

- sentido descendente: 14, 21, 28, 36 MHz
- sentido ascendente: 3,5, 7, 9 MHz

5.3.4.4 Características de la transmisión radioeléctrica

El Cuadro 12 da la velocidad de trama y el periodo elegido por el sistema LMDS de Alcatel como características radioeléctricas principales:

CUADRO 12
Características radioeléctricas – enlace descendente

	Sentido descendente			
	25 GHz		28 GHz	
Anchura de banda del canal	14 MHz		28 MHz	
Anchura de banda ocupada	13,63 MHz		27,25 MHz	
Factor de caída	35%		35%	
Modulación	MDP-4		MDP-4	
Velocidad binaria bruta	20,19 Mbit/s		40,37 Mbit/s	
	25 GHz	28 GHz	25 GHz	28 GHz
Potencia de salida (puerto de antena) de la BS*	17 dBm	17 dBm	17 dBm	17 dBm
Ganancia de la antena Tx*	15 dB	15 dB	15 dB	15 dB
Ganancia de la antena Rx*	35 dB	34,5 dB	35 dB	34,5 dB
Nivel de RF del Rx para BER* @ 10 ⁻⁶	-84 dBm	-84 dBm	-81 dBm	-81 dBm

* Valores típicos.

Una portadora de sentido descendente se combina con hasta cuatro portadoras de sentido ascendente.

CUADRO 13
Características radioeléctricas – enlace ascendente

	Sentido ascendente			
	25 GHz		28 GHz	
Anchura de banda del canal	3,5 MHz		7 MHz	
Anchura de banda ocupada	3,36 MHz		6,72 MHz	
Factor de caída	25%		25%	
Modulación	MDP-4D		MDP-4D	
Velocidad binaria bruta	5,38 Mbit/s		10,75 Mbit/s	
	25 GHz	28 GHz	25 GHz	28 GHz
Potencia de salida (puerto de antena) de la TS*	14 dBm	14 dBm	14 dBm	14 dBm
Ganancia de la antena Tx*	35 dB	34,5 dB	35 dB	34,5 dB
Ganancia de la antena Rx* (con radomo)	15 dB	15 dB	15 dB	15 dB
Nivel de RF del Rx para BER* @ 10 ⁻⁶	-86,1 dBm	-86,1 dBm	-83 dBm	-83 dBm

* Valores típicos.

ANEXO 8

Acceso inalámbrico a Internet

Aspectos relativos a Internet inalámbrica

Referencias

1 El Grupo Temático sobre ingeniería Internet redactó un memorándum sobre «Long Thin Networks» el 26 de febrero de 1998.

1 Introducción

Con el crecimiento explosivo de Internet, el acceso inalámbrico pasará a ser probablemente un impulso importante para la industria. Ello puede constatarse en los desarrollos recientes de las actividades normativas relacionadas con las comunicaciones personales de segunda y tercera generación, el acceso inalámbrico fijo, el acceso inalámbrico en banda ancha y los servicios de satélite.

La utilización de las redes inalámbricas es uno de obstáculos importantes que debe superarse si se ha de desarrollar un acceso ubicuo a los recursos de red. No obstante, los actuales protocolos de interconexión de datos se han optimizado principalmente para las redes alámbricas. Los entornos inalámbricos tienen características muy distintas en términos de retardos, fluctuación de fase y tasa de errores, comparadas con las de las redes alámbricas. En consecuencia, los protocolos tradicionales no están bien adaptados a este medio y la comunicación inalámbrica suscita nuevos temas que han de abordarse en los foros de normalización.

Las redes inalámbricas basadas en el protocolo Internet pueden agruparse de la siguiente manera:

- redes de área local inalámbrica (LAN-W, por ejemplo, las redes que cumplen la norma IEEE 802.11);
- redes de área amplia inalámbricas (WAN-W, por ejemplo, las IMT-2000);
- redes de acceso inalámbrico en banda ancha (BWA, por ejemplo, los sistemas de distribución multipunto local (LMDS));
- redes de satélite.

Las BWA y las WAN-W suponen los retos más importantes, dado que la longitud del enlace inalámbrico suele ser 4 ó 5 veces más que la de sus homólogas LAN-W. Los satélites dan lugar a otros problemas debidos a la longitud muy superior de sus enlaces. En el próximo futuro, los servicios inalámbricos de tercera generación ofrecerán movilidad a 384 kbit/s y más, mientras que los satélites y las BWA pueden ofrecer más de 10 Mbit/s para usuarios fijos. La etapa tampón necesaria para muchos de éstos es muy superior al espacio tampón de 8 kbyte utilizado por defecto en muchas realizaciones TCP. Esto significa que, mientras en las LAN-W el espacio tampón por defecto es suficiente, los futuros sistemas funcionarán de forma ineficaz (es decir, no serán capaces de llenar la línea) a menos que superen el valor por defecto. Un servicio inalámbrico de tercera generación que ofrezca 2 Mbit/s con retardos de 200 ms exige una etapa tampón de 50 kbyte. Lo que es más importante, el retardo a través de un enlace afecta de forma adversa al caudal. Los retardos prolongados presionan también a los límites (y generalmente los transgreden) en términos de lo que es aceptable para los usuarios de aplicaciones interactivas.

Una arquitectura típica incluye:

- un dispositivo terminal inalámbrico (posiblemente móvil), conectado a través de
- un enlace inalámbrico (que puede, de hecho, constar de varios saltos en la capa de enlace), con
- una estación de base (en ocasiones denominada un agente o nodo intermedio), conectada a través de
- un enlace alámbrico, que a su vez hace interfaz con
- la red Internet terrestre y con millones de servidores subordinados y sitios en la red.

Aunque en esta estructura no intervienen los trayectos que incluyen dos segmentos inalámbricos separados por uno alámbrico, esto puede darse, por ejemplo, si el dispositivo móvil se conecta a través de su segmento inalámbrico inmediato a través de una estación de base a Internet, y sucesivamente a través de un segundo segmento inalámbrico a otro dispositivo terminal. Muy a menudo, los dispositivos móviles se conectan a un servidor subordinado de la red Internet a la alámbrica. Los puntos terminales del segmento inalámbrico suelen ser la estación de base y el dispositivo móvil. No obstante, este último puede ser un encaminador inalámbrico a una red móvil. Ello también es importante y tiene aplicaciones, por ejemplo, en los procesos de recuperación que siguen a las catástrofes.

La arquitectura teórica tiene repercusiones que atañen a la capacidad de despliegue de las posibles soluciones. En particular, un requisito importante es que no puede alterarse la pila de interconexión de los servidores subordinados. Sería preferible modificar únicamente la pila de interconexión en la estación de base, aunque la modificación de ésta en los dispositivos del usuario es sin duda una opción y tal vez una necesidad.

Cabe prever que los dispositivos móviles puedan utilizar el medio inalámbrico de forma muy eficaz, y que superen algunas de sus limitaciones tradicionales. La movilidad plena permitirá contar con dispositivos terminales que tengan la flexibilidad y versatilidad de utilización en cualquier circunstancia, de forma que sean la conexión óptima disponible a la red en todo punto del tiempo o del espacio. En consecuencia, los dispositivos deben ser capaces de efectuar la conmutación desde una LAN alámbrica y traspasar sus conexiones activas continuando en, por ejemplo, una WAN inalámbrica. Este tipo de versatilidad exige también el protocolo Internet móvil.

Han de examinarse los temas siguientes:

- ¿Cuáles son las características de error del medio inalámbrico? El enlace puede presentar una BER superior a la de la red alámbrica, debido a los errores por ráfagas y las desconexiones.
 - 1) BER superior debida a los errores aleatorios (lo que implica retardos más largos y más variables debidos a las correcciones de errores y retransmisiones en la capa de enlace).
 - 2) Una interrupción en el servicio debida al traspaso o a una desconexión.
- ¿Está orientado el servicio inalámbrico de datagramas o se trata de un circuito virtual? Actualmente, son más habituales los circuitos virtuales conmutados, pero están empezando a aparecer las redes de paquetes, por ejemplo, las LMDS, CDPD y el servicio general radioeléctrico por paquetes (GPRS) en GSM.
- ¿Qué clase de fiabilidad aporta el enlace? Los servicios inalámbricos suelen retransmitir un paquete (trama) hasta que haya tenido acuse de recibo en el destino. Se puede permitir al usuario anular este comportamiento. Por ejemplo, el sistema GSM permite anular el RLP (protocolo de enlace radioeléctrico). En el sistema GSM RLP se retransmite una trama hasta que se alcanza el número máximo de retransmisiones (parámetros de protocolo). Lo que sucede cuando se llega a este límite viene determinado por el operador de telecomunicaciones:

se desconecta la conexión física del enlace o se provoca una reinicialización de éste cuando los números de secuencia están sincronizados y las etapas tampón de transmisión y de recepción se inundan, lo que se traduce en una pérdida de datos. Algunos servicios inalámbricos, tales como el AMDC IS95-RLP limitan el retardo en el enlace inalámbrico, retransmitiendo una trama únicamente un par de veces. Ello reduce significativamente la tasa de errores residuales de trama, pero no ofrece un servicio de enlace plenamente fiable.

- ¿Trasmite y recibe el dispositivo del usuario al mismo tiempo? Haciéndolo así, aumenta el costo de la electrónica del dispositivo del usuario. Generalmente no es éste el caso en las WAN, pero suele ser así en las BWA.
- ¿El dispositivo de usuario se dirige directamente a más de un corresponsal en el enlace inalámbrico? Los paquetes dirigidos a cada corresponsal distinto pueden atravesar espacialmente distintos trayectos inalámbricos. En consecuencia, el trayecto hacia cada corresponsal puede presentar características muy distintas. Por lo general, el dispositivo de usuario se dirige únicamente a un corresponsal (la estación de base) en todo momento del tiempo. Cuando no es así, entran en juego técnicas tales como la de programación de paquetes dependiente del estado del canal.

¿IP o no?

La primera decisión se refiere a la utilización o no del IP como protocolo de red subyacente. En particular, algunos protocolos de datos que evolucionaron a partir de la telefonía inalámbrica no están siempre –aunque a veces pueden estarlo– estructurados por capas en la cima del IP. Estos protocolos se basan en el concepto de símiles que dan servicios de adaptación entre los segmentos inalámbricos y alámbricos.

Éste es un modelo razonable para dispositivos de usuario que se comunican siempre a través del símil. No obstante, se espera que múltiples dispositivos de usuario inalámbricos utilicen redes alámbricas siempre que se disponga de ellas. Este modelo sigue de cerca los actuales esquemas de utilización de los computadores de mesa: los dispositivos utilizan típicamente las LAN y únicamente recurren al acceso con marcación cuando están «fuera de la oficina».

Para estos dispositivos, una arquitectura que suponga la utilización del IP es el enfoque óptimo, porque será necesaria para comunicaciones que no atraviesen la estación de base (por ejemplo, la nueva conexión a una LAN-W o a una red 10BaseT en la oficina).

Características de error de la red subyacente

La utilización del IP en el protocolo de red subyacente exige un cierto nivel (reducido) de robustez del enlace que cabe esperar de los enlaces inalámbricos y que puede ser típica del BWA, pero no de las WAN.

El IP y los protocolos que se cursan en paquetes IP están protegidos de extremo a extremo mediante sumas de comprobación que son relativamente débiles (y en algunos casos facultativas). En una gran parte de Internet, estas sumas de comprobación son suficientes; en los entornos inalámbricos, las características de error del enlace inalámbrico puro son mucho menos robustas que las del resto del trayecto de extremo a extremo. Así pues, para trayectos que incluyan enlaces inalámbricos no es conveniente basarse exclusivamente en mecanismos de extremo a extremo para detectar y corregir errores de transmisión. Estos mecanismos deben complementarse con mecanismos a nivel de enlace local. De otra manera, los paquetes IP degradados se propagan a través de la red únicamente hasta que se desechan en el computador anfitrión de destino. Por ejemplo, se requieren encaminadores intermedios para verificar la suma de comprobación del encabezamiento IP, pero no las sumas de comprobación para el UDP o el TCP. En consecuencia, cuando la carga útil de un paquete IP es incorrecta, no se detecta hasta que el paquete llegue a su destino definitivo.

Un enfoque mejor consiste en utilizar mecanismos de capa de enlace tales como la FEC, las retransmisiones y otras, a fin de mejorar las características del enlace inalámbrico y presentar un servicio mucho más fiable al IP. Este enfoque ha sido adaptado por CDPD, Ricochet y AMDC.

El enfoque es básicamente análogo al despliegue satisfactorio del protocolo punto a punto (PPP) con una estructuración en trama robusta y sumas de comprobación de 16 bits en las redes alámbricas, como sustitución del protocolo de interfaz de línea serie (SLIP) que sólo cuenta con un solo byte de puesta en trama y sin sumas de comprobación.

La utilización de la FEC se recomienda en los entornos de satélite.

Véase que la capa de enlace puede adaptar su tamaño de trama a la BER predominante. Realiza su propia fragmentación y reensamblado, de forma que el IP puede aún contar con un tamaño MTU suficientemente grande.

Una preocupación habitual en la utilización del IP como transporte es la tara del encabezamiento que conlleva. Típicamente, la capa de enlace subyacente se presenta como un PPP ante la capa IP superior. Ello permite aplicar esquemas de compresión del encabezamiento que alivian considerablemente el problema.

Alternativas distintas del IP

Se han propuesto diversas alternativas distintas del IP en los entornos inalámbricos. A continuación se examina una propuesta representativa.

Protocolo de aplicación inalámbrica (WAP)

El WAP especifica un marco de aplicación y protocolos de red para dispositivos inalámbricos tales como los teléfonos móviles, las unidades de radiobúsqueda y las PDA. La arquitectura requiere un símil entre el dispositivo móvil y el servidor. La pila de protocolos WAP se estructura en capas por un servicio de transporte de datagrama. La mayoría de las redes inalámbricas ofrecen dicho servicio. Por ejemplo IS-136, GSM SMS/USSD y UDP en redes IP tales como CDPD y GSM GPRS. El núcleo de los protocolos WAP es un protocolo binario HTTP/1.1 con aspectos adicionales tales como la ocultación del encabezamiento entre peticiones y un estado compartido entre cliente y servidor.

Despliegue de alternativas distintas del IP

El protocolo Internet es un elemento tan fundamental de Internet que las alternativas distintas del IP hacen frente a obstáculos considerables para su despliegue, porque no explotan la infraestructura IP. Toda alternativa distinta del IP que se utilice para dar acceso de cabeza de línea a Internet debe establecer una correspondencia entre direcciones IP y direcciones distintas de éstas, debe dar terminación a nivel IP de seguridad en una cabecera y no puede utilizar protocolos de descubrimiento orientados al IP (protocolo de configuración dinámica de computador principal, servicios de nombres de dominio, protocolo de acceso simple a directorio, protocolo de arrendamiento de servicio, etc.) sin una traducción en la cabeza de línea.

La complejidad aumenta cuando un dispositivo sirve para el funcionamiento inalámbrico y alámbrico. Si el dispositivo utiliza el IP para el funcionamiento inalámbrico, es posible un funcionamiento ininterrumpido cuando el dispositivo se conecta a una red alámbrica (utilizando el IP móvil). Si se utiliza una alternativa distinta de la de IP, esta conmutación es más difícil de realizar.

Las alternativas distintas de la de IP hacen frente a la demostración de que el IP no está bien adaptado a un entorno inalámbrico por lo que no es una tecnología viable.

Alternativas basadas en el IP

Dado este despliegue a nivel mundial, el IP es una alternativa evidente para la tecnología de red subyacente. Las optimizaciones aplicadas a este nivel aprovechan los protocolos tradicionales de aplicación Internet, así como los nuevos estructurados por capas en la cima del IP o UDP.

Descubrimiento de trayecto MTU

El descubrimiento de trayecto MTU beneficia a todo protocolo situado en la cima del IP. Permite a una parte que envía, determinar la unidad máxima de transmisión de extremo a extremo que ha de darse a un destino. Sin en el descubrimiento de trayecto MTU, el tamaño MTU por defecto es de 512. Las ventajas de utilizar una MTU más grande son:

- relación mejor entre la tara del encabezamiento y los datos;
- permite al TCP aumentar más rápidamente su ventana de congestión, aunque se incrementa en unidades de segmentos.

Evidentemente, para una BER determinada, una MTU más grande conlleva una probabilidad mayor de error en todo segmento determinado. Puede reducirse la BER utilizando técnicas de nivel inferior, tales como la FEC y las retransmisiones de capa de enlace. La cuestión es que actualmente los retardos pueden constituir un problema debido a las retransmisiones adicionales y al hecho de que el tiempo de transmisión del paquete aumenta con una MTU mayor.

Se recomienda el descubrimiento de trayecto MTU en los entornos de satélite.

Propuestas distintas del TCP (protocolo de control de transmisión)

En otras propuestas se supone un servicio subyacente de datagrama IP, y la implementación de un transporte optimizado directamente en la cima del IP o en la del UDP. La falta del apoyo en el TCP es una alternativa arriesgada, dada la gran experiencia e investigaciones asociadas a él. Podría decirse que Internet no ha entrado en colapso debido a que su protocolo principal, el TCP, es muy prudente en cuanto a la forma de utilizar la red y generalmente trata a ésta como una caja negra, suponiendo que todas las pérdidas de paquetes son debidas a la congestión y retrayéndose prudentemente. Esto evita una congestión mayor.

No obstante, en el medio inalámbrico, las pérdidas de paquetes pueden también ser debidas a la corrupción que originan una BER elevada, los desvanecimientos y otros. En este caso, el enfoque correcto es volver a intentarlo, en lugar de retraerse.

El caso del TCP

Es éste uno de los debates más acalorados en la arena inalámbrica. A continuación se indican algunos argumentos en su contra:

- Se reconoce generalmente que el TCP no actúa bien en presencia de niveles significativos de pérdidas no debidas a congestión. Los detractores del TCP aducen que el medio inalámbrico es uno de estos casos y que es suficientemente duro como para bloquear el TCP. Aducen que es más sencillo empezar desde el principio.
- El TCP tiene demasiada tara de encabezamiento.
- Por el momento, hay mecanismos para bloquearlo. El TCP es muy duro y no está bien adaptado para su utilización por dispositivos ligeros y portátiles.

Y a continuación algunos argumentos a favor del TCP:

- Es preferible continuar empleando el mismo protocolo que el resto de las utilidades Internet por razones de compatibilidad. Puede negociarse toda extensión específica del enlace inalámbrico.
- Pueden reutilizarse mecanismos de legado (por ejemplo, el control de la congestión).
- La FEC y la ARQ en capa de enlace pueden reducir la BER de forma que toda pérdida que vea el TCP sea de hecho debida a la congestión (o a una interrupción continua de la conectividad del enlace). Las modernas tecnologías WAN-W lo hacen (CDPD, US-TDMA, CDMA, GSM), mejorando con ello el caudal del TCP.
- El IP móvil ha hecho posible la falta de instrucciones entre distintas tecnologías, pero únicamente si se utilizan los mismos protocolos, a saber, TCP/IP, en toda la cadena.
- Dada la investigación y experiencia acumulada sobre el TCP, los demás protocolos son relativamente inmaduros y no se conocen bien todas las repercusiones de su despliegue generalizado.

En total, puede mejorarse significativamente la calidad del TCP en redes largas de poco tráfico.

ANEXO 9

Referencias Bibliográficas

1 Normas

Las formas abreviadas de las normas correspondientes son:

- Rec. UIT-R F.1244 – Redes radioeléctricas de área local (RLAN)
- Rec. UIT-R F.1399 – Terminología del acceso inalámbrico.
- Rec. UIT-R F.1400 – Requisitos y objetivos de calidad de funcionamiento y de disponibilidad para sistemas de acceso inalámbrico fijo a la red telefónica pública con conmutación.
- Rec. UIT-R F.1401 – Bandas de frecuencias para los sistemas de acceso inalámbrico fijo y metodología de identificación.
- Rec. 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.
- Rec. UIT-R F.1488 – Disposiciones de bloques de frecuencias para sistemas de acceso inalámbrico fijo (FWA) en la gama 3 400-3 800 MHz.
- Rec. UIT-R F.1489 – Metodología para evaluar el nivel de compatibilidad operacional entre los sistemas de acceso inalámbrico fijo y los sistemas de radiolocalización cuando comparten la banda 3,4-3,7 GHz.
- Rec. UIT-R F.1490 – Requisitos genéricos para los sistemas de acceso inalámbrico fijo.
- Rec. UIT-R F.1499 – Sistemas de transmisión radioeléctrica para el acceso inalámbrico fijo en banda ancha basado en normas de módem por cable.
- Rec. UIT-R F.1518 – Metodología para las necesidades de espectro cuando una red de acceso inalámbrico fijo (FWA) y una red de acceso inalámbrico en banda ancha que utilizan el mismo tipo de equipo coexisten en la misma banda de frecuencias.
- Rec. UIT-R P.837 – Características de la precipitación para establecer modelos de propagación.
- Rec. UIT-R P.838 – Modelo de la atenuación específica debida a la lluvia para los métodos de predicción.
- Rec. UIT-R P.530 – Datos de propagación y métodos de predicción necesarios para el diseño de sistemas terrenales con visibilidad directa.
- Rec. UIT-R M.1073 – Sistemas celulares digitales de telecomunicaciones móviles terrestres.
- Rec. UIT-R M.1033 – Características técnicas y de explotación de los teléfonos sin cordón y sistemas de telecomunicaciones sin hilos.
- Rec. UIT-R M.1450 – Características de las redes radioeléctricas de área local (RLAN) de banda ancha.
- Rec. UIT-R M.1454 – Límite de la densidad de la p.i.r.e. y restricciones operacionales para las RLAN u otros transmisores de acceso inalámbrico a fin de asegurar la protección de los enlaces de conexión de los sistemas no geostacionarios del servicio móvil por satélite que funcionan en la banda de frecuencias 5 150-5 250 MHz.

- Rec. UIT-T G.703 – Características físicas y eléctricas de las interfaces digitales jerárquicas.
- ANSI J-STD-007. «Air Interface Specification for 1.8 to 2.0 GHz Frequency Hopping Time Division Multiple Access (TDMA) for Personal Communications Services».
- ANSI J-STD-008. Personal Station-Base Station Compatibility Requirements for 1.8 to 2.0 GHz Code Division Multiple Access (CDMA) Personal Communications Systems.
- ANSI J-STD-009. PCS IS-136 Based Mobile Station Minimum Performance 1 900 MHz Standard.
- ANSI J-STD-010. PCS IS-136 Based Base Station Minimum Performance 1 900 MHz Standard.
- ANSI J-STD-011. PCS IS-136 Based Air Interface Compatibility 1 900 MHz Standard.
- ANSI J-STD-017 (Trial Use) y EIA/TIA/IS-661. A composite CDMA/TDMA Air Interface Compatibility Standard for Personal Communications in 1.85-1.99 GHz for Licensed Applications.
- ANSI J-STD-018. Recommended Minimum Performance Requirements for 1.8 to 2.0 GHz Code Division Multiple Access (CDMA) Personal Stations.
- ANSI J-STD-019. Recommended Minimum Performance Requirements for Base Stations Supporting 1.8 to 2.0 GHz Code Division Multiple Access (CDMA) Personal Stations.
- EIA/TIA/IS-95-A. Mobile station-base station compatibility standard for dual-mode wideband spread spectrum cellular system.
- United Kingdom Total Access Communications System Compatibility Specification, Issue 4 (TACS Specification).
- EIA/TIA 553. Mobile Station – Land Station Compatibility Specification (AMPS Specifications).
- ETSI Standards – ETS 300 500 series and 700 series – Digital cellular telecommunications system (GSM xy.uv).
- ETSI draft European standard EN 301 021 [1997] Transmission and Multiplexing (TM); Digital Radio-Relay Systems (DRRS); Time Division Multiple Access (TDMA) point-to-multipoint DRSS in the frequency range 3 to 11 GHz.
- RCR STD-28. Personal Handy Phone System. RCR Standard STD-28 ver.2.
- TTC JT-Q921-b. PHS Public Cell Station – Digital Network interface Layer 2 – Specification. TTC Standard JT-Q921-b.
- TTC JT-Q931-b. PHS Public Cell Station – Digital Network interface Layer 3 – Specification. TTC Standard JT-Q931-b.
- TTC JT-G961. Digital Transmission System on Metallic Local Lines for ISDN Basic Rate Access. TTC Standard JT-G961.
- C-IF1.00. General Description of Interface Specifications between Terminal Equipment and WLL subscriber Unit. PHS MoU Document C-IF1.00.
- C-IF2.00. General Description of Interface Specifications between WLL subscriber Unit of WLL Personal Station and WLL Cell Station. PHS MoU Document C-IF2.00.
- C-IF3.00. General Description of Interface Specifications between WLL Access Controller and Service Node. PHS MoU Document C-IF3.00.

2 Libros y documentos técnicos

WEBB, W. [1998] Introduction to Wireless Local Loop. Boston, MA, USA: Artech House.

BOUCHER, N. J. [1995] The Cellular Radio Handbook. Third Edition. Mill Valley, CA: Quantum Publishing.

CALHOUN, G. [1992] Wireless Access And The Local Telephone Network. Norwood MA: Artech House.

ETSI [1994a] ETR 139 – Radio in the Local Loop.

ETSI [1994b] Final Report by the ETSI Radio Local Loop Coordination Group.

HESS, G. C. [1993] Land-Mobile Radio System Engineering. Norwood, MA: Artech House.

PARSONS, J. D. y GARDINER, J. G. [1989] Mobile Communication Systems. Blackie.

Acceso inalámbrico fijo

ÍNDICE ALFABÉTICO

NOTAS	
Abreviaturas:	Cuando una abreviatura no está recogida en este Índice alfabético, véase «Terminología y Acrónimos», en el Anexo 1.
Numeración:	Las referencias con una numeración completa indican la subsección exacta. Cuando el número es menos preciso, el término citado puede aparecer en el cuerpo del punto o subpunto referido.
Términos frecuentes:	Algunos términos pueden aparecer con frecuencia a lo largo del Manual, en cuyo caso solamente se citan la primera vez en que aparecen, o en las más importantes.

Acceso inalámbrico en banda ancha	8.8.8, 1.2.2, 7.3
Acceso inalámbrico fijo	2
Alcatel	Anexo 7 (§ 5)
AMDC	Anexo 4 (§ 2)
AMPS	7.1.7
Análisis y optimización de la calidad de funcionamiento de la red	Anexo 3 (§ 9)
Arquitectura BWA	8.5
Arteria (de transporte)	2
Autenticación	6.2.1
Base de abonados	6.2.2
Capacidad de evolución	6.2.2
Capacidades de servicios futuros	6.2.2
Celular	1.1, 1.2
Central local	4.5.4
Clasificación de los sistemas de acceso inalámbrico fijo	4.6
CMR-2000	Anexo 6 (§ 3)
Comparación de redes de acceso inalámbrico fijas y redes móviles celulares	Anexo 3 (§ 3)
Comunicación fuera del edificio	1.1, 1.2
Configuración de la red	Anexo 4 (4.2.2)
Convergencia	9.1.2
Convergencia de los servicios fijo y móvil	9.1.2.1
Convergencia de los servicios fijo y de radiodifusión	9.1.2.2
Cobertura hexagonal ideal	Anexo 3 (§ 5)

Coste de capital	3
Coste de explotación	3
D-AMPS	Anexo 4 (§ 1)
DDT	Anexo 2 (§ 3.2.1)
DECT	Anexo 4 (§ 6)
Densidad de abonados	6.4.1
Densidad de tráfico	4.3
Despliegue de FWA	Anexo 2 (§ 4, § 5)
División por lados	Anexo 3 (§ 7.12)
División por vértices	Anexo 3 (§ 7.12)
Ejemplo de balance del enlace BWA	Anexo 3 (§ 7.8.1)
Elección de tecnologías	5.3
Explotación y mantenimiento	6.3.2
GSM	Anexo 4 (§ 3)
Interfaz V5	4.5.4
Interfaces radioeléctricas normalizadas	7.1, Anexo 4
Interfaces radioeléctricas patentadas	7.2, Anexo 5
Internet	Anexo 8
IP basadas en redes inalámbricas	Anexo 8 (§ 1)
Lista básica de posiciones	Anexo 3 (§ 6.2)
Lista de posiciones candidato	Anexo 3 (§ 6)
Margen de desvanecimiento temporal	Anexo 3 (§ 7.6)
Margen de interferencia	Anexo 3 (§ 7.7)
Margen de sombra	Anexo 3 (§ 7.5)
Márgenes del presupuesto del enlace	Anexo 3 (§ 7.8)
Modelos de análisis de las tecnologías	5.4
Necesidades del mercado	5.5
Necesidades de servicio	6.2
Necesidades del curso de tráfico	6.3.1
NMT	Anexo 4 (§ 5)
Nortel	Anexo 5 (§ 1)
Orientaciones en cuanto a la atribución de frecuencias	Anexo 2 (§ 2)
PCS	2
PHS	Anexo 4 (§ 4)

Planes de frecuencia	Anexo 2 (§ 3)
Planificación de células en banda ancha	Anexo 3 (§ 5.1)
Planificación de la red BWA	8.5
Planificación celular	Anexo 3 (§ 8) - 6.4.3
Portadora de línea digital	4.4
Posición celular	4.2, 4.5.2
POTS (servicio telefónico ordinario)	2
Privacidad	6.2.1
Propagación en ondas milimétricas	Anexo 3 (§ 2.4)
Propagación radioeléctrica	6.4.4
Propagación	Anexo 3 (§ 2)
Radio de base	4.2, 4.5.2
RDSI	2
Red de acceso	4.5.4
Red de conexión	6.3.3
Redes rurales	Anexo 3 (§ 4.2)
Relación entre el FWA y las IMT-2000	1.2.3
Requisitos de acceso	8.1
Resumen de la consideraciones sobre la planificación radioeléctrica	Anexo 3 (§ 10)
RTPC	4.5.4
Segunda generación	1.2
Servicio fijo	4.3
Servicio móvil	4.3
Servicios de voz y datos	6.2.1
Sistema analógico	7.1.5, 7.1.7, 7.1.8
Sistema de acceso inalámbrico fijo en banda ancha de Ericsson	Anexo 7 (§ 8)
Sistema FWA P-MP	Anexo 7 (§ 3.3)
Sistema FWA punto a punto	Anexo 7 (§ 3.2)
Sistema modular IRT	Anexo 5 (§ 3)
Sistema reunión	Anexo 7 (§ 1)
Sistemas de aplicación especial	3
Sistemas de grado de banda ancha	4.6

Sistemas de grado celular	4.6
SR Telecom	Anexo 5 (§ 2)
SR500	Anexo 5 (§ 2)
TACS	Anexo 4 (§ 8)
Tecnologías TRT/Lucent	Anexo 5 (§ 3)
Tendencia de la tecnología	9.2
Teléfono de previo pago inalámbrico	2
Teléfono sin cordón	2
Telepunto	2
Terminales	4.5.1
Trayectos radioeléctricos	Anexo 3 (§ 2)
TSR	Anexo 7 (§ 2)
Utilización del espectro	8.2
Zona de cobertura	6.2.2
