

UIT-R

Sector de Radiocomunicaciones de la UIT

Recomendación UIT-R M.1801-2 (02/2013)

Normas de interfaz radioeléctrica para sistemas de acceso inalámbrico de banda ancha, incluidas aplicaciones móviles y nómadas en el servicio móvil que funcionan por debajo de 6 GHz

Serie M

**Servicios móviles, de radiodeterminación,
de aficionados y otros servicios
por satélite conexos**



Prólogo

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

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

Política sobre Derechos de Propiedad Intelectual (IPR)

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

Series de las Recomendaciones UIT-R

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

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

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

Publicación electrónica
Ginebra, 2014

© UIT 2014

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

RECOMENDACIÓN UIT-R M.1801-2*

Normas de interfaz radioeléctrica para sistemas de acceso inalámbrico de banda ancha, incluidas aplicaciones móviles y nómadas en el servicio móvil que funcionan por debajo de 6 GHz

(Cuestiones UIT-R 212-4/5 y UIT-R 238-2/5)

(2007-2010-2013)

1 Introducción

Esta Recomendación recomienda normas específicas para el acceso inalámbrico de banda ancha¹ en el servicio móvil. Estas normas están constituidas por especificaciones comunes elaboradas por organizaciones de normalización (SDO). Al utilizar esta Recomendación, los fabricantes y operadores deberían ser capaces de determinar las normas más adecuadas a sus necesidades.

Estas normas soportan una amplia gama de aplicaciones en zonas urbanas, suburbanas y rurales, tanto para datos de Internet de banda ancha genéricos como para datos en tiempo real, incluidas aplicaciones tales como voz y videoconferencia.

2 Cometido

Esta Recomendación identifica normas de interfaz radioeléctrica específicas para sistemas BWA en el servicio móvil que funcionan por debajo de 6 GHz. Las normas incluidas en esta Recomendación pueden soportar usuarios a velocidades de datos de banda ancha, teniendo en cuenta las definiciones del UIT-R de «acceso inalámbrico» y «acceso inalámbrico de banda ancha» que se encuentran en la Recomendación UIT-R F.1399².

Esta Recomendación no pretende tratar la identificación de las bandas de frecuencias más adecuadas para los sistemas BWA ni con asuntos reglamentarios.

3 Recomendaciones de la UIT relacionadas

Las Recomendaciones existentes que se consideran de importancia en el desarrollo de esta Recomendación en particular son las siguientes:

Recomendación UIT-R F.1399 – Terminología del acceso inalámbrico.

Recomendación UIT-R F.1763 – Normas de interfaz radioeléctrica para sistemas de acceso inalámbrico de banda ancha que funcionan en el servicio fijo por debajo de 66 GHz.

Recomendación UIT-R M.1678 – Antenas adaptativas para sistemas del servicio móvil.

* Esta Recomendación debe señalarse a la atención de las Comisiones de Estudio 2 y 15 del UIT-T.

¹ «Acceso inalámbrico» y «BWA» se definen en la Recomendación UIT-R F.1399, que proporciona también las definiciones de los términos acceso inalámbrico «fijo», «móvil» y «nómada».

² Acceso inalámbrico de banda ancha se define como el acceso inalámbrico en el que las capacidades de conexión son mayores que las de la velocidad primaria que se define como la velocidad binaria de transmisión de 1,544 Mbit/s (T1) o 2,048 Mbit/s (E1). Acceso inalámbrico se define como la conexión o conexiones radioeléctricas del usuario final con redes centrales.

4 Acrónimos y abreviaturas

AA	Antena adaptativa (<i>adaptative antenna</i>)
ACK	Acuse de recibo (canal) (<i>aknowledgement (channel)</i>)
AMDC	Acceso múltiple por división de código por Internet (<i>Internet code division multiple access, I-CDMA</i>)
AMDC-MP	Acceso múltiple por división de código – multiportadora (<i>code division multiple access – multi carrier, CDMA-MC</i>)
AMDC-SD	Acceso múltiple por división de código de secuencia directa (<i>direct-sequence code division multiple access, DS-CDMA</i>)
AMDCS-DT	AMDC sincronizada por división en el tiempo (<i>time division-synchronized CDMA</i>)
AMDE-AC	Acceso múltiple por división espacial de alta capacidad (<i>high capacity-spatial division multiple access, HC-SDMA</i>)
AMDFO	Acceso múltiple por división en frecuencia ortogonal (<i>orthogonal frequency division multiple access, OFDMA</i>)
AMDE	Acceso múltiple por división espacial (<i>spatial division multiple access, SDMA</i>)
AMDT	Acceso múltiple por división en el tiempo (<i>time division multiple access, TDMA</i>)
AMDT-SC	AMDT-portadora única (<i>TDMA-single carrier, TDMA-SC</i>)
AN	Red de acceso (<i>access network</i>)
ARIB	Asociación de Industrias y Empresas de Radiocomunicaciones (<i>Association of Radio Industries and Businesses</i>)
ARQ	Petición de repetición automática (<i>automatic repeat request</i>)
AT	Terminal de acceso (<i>access terminal</i>)
ATIS	Alianza para Soluciones de la Industria de las Telecomunicaciones (<i>Alliance for Telecommunications Industry Solutions</i>)
ATM	Modo de transferencia asíncrono (<i>asynchronous transfer mode</i>)
BCCH	Canal de control de difusión (<i>broadcast control channel</i>)
BER	Proporción de bits erróneos (<i>bit error ratio</i>)
BRAN	Red de acceso radioeléctrico de banda ancha (<i>broadband radio access network</i>)
BS	Estación de base (<i>base station</i>)
BSR	Encaminador de estación de base (<i>base station router</i>)
BTC	Código turbo de bloque (<i>block turbo code</i>)
BWA	Acceso inalámbrico de banda ancha (<i>broadband wireless access</i>)
CC	Código convolucional (<i>convolutional coding</i>)
CL	Capa de conexión (<i>connection layer</i>)
CQI	Indicador de calidad del canal (<i>channel quality indicator</i>)
C-plano	Plano de control (<i>control plane</i>)
CS-OFDMA	AMDFO con dispersión de código (<i>code spread OFDMA</i>)
CTC	Código turbo convolucional (<i>convolutional turbo code</i>)

DDF	Dúplex por división de frecuencia (<i>frequency division duplex, FDD</i>)
DDT	Dúplex por división en el tiempo (<i>time division duplex, TDD</i>)
DECT	Telecomunicaciones digitales mejoradas sin cordón (<i>digital enhanced cordless telecommunications</i>)
DFT	Transformada discreta de Fourier (<i>discret Fourier transform</i>)
DLC	Control de enlace de datos (<i>data link control</i>)
DSSS	Espectro ensanchado de secuencia directa (<i>direct sequence spread spectrum</i>)
E-DCH	Canal especializado mejorado (<i>enhanced dedicated channel</i>)
EGPRS	Servicio radioeléctrico general por paquetes mejorado (<i>enhanced general packet radio service</i>)
ETSI	Instituto Europeo de Normas de Telecomunicación (<i>European Telecommunication Standards Institute</i>)
EV-DO	Datos de evolución optimizados (<i>evolution data optimized</i>)
FC	Canal de ida (<i>forward channel</i>)
FCC	Canal directo de control (<i>forward control channel</i>)
FEC	Corrección de errores en recepción (<i>forward error correction</i>)
FER	Tasa de errores de trama (<i>frame error rate</i>)
FHSS	Espectro ensanchado por salto de frecuencia (<i>frequency hopping spread spectrum</i>)
FSTD	Diversidad de transmisión con conmutación de frecuencias (<i>frequency switched transmit diversity</i>)
FT	Terminación fija (<i>fixed termination</i>)
GERAN	Red de acceso radioeléctrico GSM de borde (<i>GMS edge radio access network</i>)
GoS	Grado de servicio (<i>grade of service</i>)
GPRS	Servicio radioeléctrico general por paquetes (<i>general packet radio service</i>)
GPS	Sistema de posicionamiento global (<i>global positioning system</i>)
HiperMAN	Red de área metropolitana de altas prestaciones (<i>high performance metropolitan area network</i>)
HRPD	Datos de paquetes a alta velocidad (<i>high rate packet data</i>)
HSDPA	Acceso de paquetes de alta velocidad en sentido descendente (<i>high speed downlink packet access</i>)
HS-DSCH	Canal de alta velocidad compartido en sentido descendente (<i>high speed downlink shared channel</i>)
HSUPA	Acceso de paquetes de alta velocidad en sentido ascendente (<i>high speed uplink packet access</i>)
ICIC	Coordinación de la interferencia entre células (<i>inter-cell interference coordination</i>)
IETF	Grupo Especial sobre ingeniería de Internet (<i>Internet engineering task force</i>)
IP	Protocolo Internet (<i>Internet protocol</i>)
LAC	Control de acceso al enlace (<i>link access control</i>)

LAN	Red de área local (<i>local area network</i>)
LDPC	Verificación de paridad de baja densidad (<i>low density parity check</i>)
LLC	Control de enlace lógico (<i>logic link control</i>)
LTE	Evolución a largo plazo (<i>long term evolution</i>)
MAC	Control de acceso al medio (<i>medium access control</i>)
MAN	Red de área metropolitana (<i>metropolitan area network</i>)
MAQ	Modulación de amplitud en cuadratura (<i>quadrature amplitude modulation, QAM</i>)
MCSB	Formación de haz síncrona multiportadora (<i>multi-carrier synchronous beamforming</i>)
MDFO	Multiplexión por división de frecuencia ortogonal (<i>orthogonal frequency division multiplexing</i>)
MIMO	Entrada múltiple salida múltiple (<i>multiple input multiple output</i>)
MS	Estación móvil (<i>mobile station</i>)
NLoS	Sin visibilidad directa (<i>non-line of sight</i>)
OSI	Interconexión de sistemas abiertos (<i>open systems interconnection</i>)
PAPR	Relación potencia de cresta/potencia media (<i>peak-to-average power ratio</i>)
PDCP	Protocolo de convergencia de datos de paquetes (<i>packet data convergence protocol</i>)
PHS	Sistema de teléfono transportable personal (<i>personal handyphone system</i>)
PHY	Capa física (<i>physical layer</i>)
PLP	Protocolo de capa física (<i>physical layer protocol</i>)
PMI	Índice de matriz preferida (<i>preferred matrix index</i>)
PT	Terminación transportable (<i>portable termination</i>)
QoS	Calidad de servicio (<i>quality of service</i>)
RAC	Canal de acceso inverso (<i>reverse access channel</i>)
RF	Radiofrecuencia (<i>radio frequency</i>)
RIT	Tecnologías de interfaz radioeléctrica (<i>radio interface technologies</i>)
RLAN	Red radioeléctrica de área local (<i>radio local area network</i>)
RLC	Control del radioenlace (<i>radio link control</i>)
RLP	Protocolo de radioenlace (<i>radio link protocol</i>)
RPC	Control de potencia inverso
RTC	Canal de tráfico inverso (<i>reverse traffic channel</i>)
SC	Portadora única (<i>single carrier</i>)
SC-FDMA	Acceso múltiple por división de frecuencia de portadora única (<i>single carrier-frequency division multiple access</i>)
SCG	Grupo de subportadora (<i>subcarrier group</i>)
SDO	Organización de normalización (<i>Standards Development Organization</i>)
SFBC	Codificación del bloque espacio-frecuencia (<i>space frequency block coding</i>)

SISO	Entrada única salida única (<i>single input single output</i>)
SL	Capa de seguridad/sesión/tren (<i>security/session/stream layer</i>)
SM	Multiplexación espacial (<i>spatial multiplexing</i>)
SNP	Protocolo de red de señalización (<i>signalling network protocol</i>)
TCC	Canales de código de tráfico (<i>traffic code channels</i>)
TTA	Asociación de Tecnologías de Telecomunicación (<i>Telecommunications Technology Association</i>)
TTI	Intervalo de tiempo de transmisión (<i>transmission time interval</i>)
U-plane	Plano de usuario (<i>user plane</i>)
WiBro	Banda ancha inalámbrica (<i>wireless broadband</i>)
WirelessMAN	Red inalámbrica de área metropolitana (<i>wireless metropolitan area network</i>)
WTSC	Comité de tecnologías y sistemas inalámbricos (<i>wireless technologies and systems committee</i>)
WWINA	Acceso inalámbrico a Internet de banda ancha (<i>wireless wideband Internet access</i>)
XGP	Plataforma global extendida (<i>eXtended global platform</i>)

5 Observando

La Recomendación UIT-R F.1763 recomienda normas de interfaz radioeléctrica para sistemas de acceso inalámbrico de banda ancha en el servicio fijo que funcionan por debajo de 66 GHz.

La Asamblea de Radiocomunicaciones de la UIT,

recomienda

la utilización de las normas de interfaz radioeléctrica de los Anexos 1 a 8 para sistemas de acceso inalámbrico de banda ancha (BWA) del servicio móvil que funcionan por debajo de 6 GHz.

NOTA 1 – El Anexo 9 proporciona un resumen de las características de las normas que figuran en los Anexos 1 a 8.

Anexo 1

Redes radioeléctricas de área local de banda ancha

Las redes radioeléctricas de área local (RLAN) constituyen una ampliación de las LAN de cable que utilizan medios radioeléctricos para la conexión. Tienen aplicación en entornos comerciales en los que se pueden lograr grandes ahorros tanto de coste como de tiempo en la instalación de una red; en entornos del hogar en los que proporcionan conectividad barata y flexible a múltiples ordenadores domésticos y en entornos universitarios y públicos en los que cada vez se utilizan más ordenadores portátiles tanto para los negocios como para uso personal, mientras se viaja o por el aumento de las prácticas de trabajo flexibles, por ejemplo, trabajadores nómadas que utilizan ordenadores personales no sólo en la oficina y en casa, sino también en hoteles, centros de conferencias, aeropuertos, trenes, aviones y automóviles. En resumen, están destinados principalmente a aplicaciones de acceso inalámbrico nómada en lo que respecta al punto de acceso (por ejemplo, cuando el usuario está moviéndose en un vehículo el punto de acceso también es el vehículo).

Las normas para redes radioeléctricas de área local de banda ancha figuran en la Recomendación UIT-R M.1450 y se pueden agrupar de la forma siguiente:

- IEEE 802.11
- ETSI BRAN HIPERLAN
- ARIB HiSWANa.

1 IEEE 802.11

El Grupo de trabajo IEEE 802.11™ ha desarrollado un conjunto de normas para las RLAN, 802.11-2012, que forman parte de la serie de normas IEEE 802 para redes de área local y metropolitana. La unidad de control de acceso al medio (MAC) de la norma IEEE 802.11 está concebida para soportar unidades de capa física que se puedan adoptar en función de la disponibilidad de espectro. La norma IEEE 802.11 funciona en la banda 2 400-2 500 MHz y en bandas incluidas en 3 650-3 700 MHz, 4,94-4,99 GHz, 5,03-5,091 GHz, 5,15-5,25 GHz, 5,25-5,35 GHz, 5,47-5,725 GHz y 5,725-5,850 GHz. La norma 802.11 utiliza la técnica de espectro ensanchado por salto de frecuencia (FHSS), la técnica de espectro ensanchado de secuencia directa (DSSS), la técnica de multiplexación por división de frecuencia ortogonal (MDFO) y la técnica entrada múltiple/salida múltiple (MIMO).

Las modificaciones a la norma básica IEEE 802.11-2012 aprobadas incluyen la priorización de las tramas de gestión (IEEE 802.11ac) y flujo continuo de audio-vídeo robusto (IEEE 802.11aa).

La URL del grupo de trabajo IEEE 802.11 es <http://www.ieee802.org/11>. La norma IEEE 802.11-2012 y sus modificaciones están disponibles sin coste mediante el programa Get IEEE 802™ en <http://standards.ieee.org/about/get>, y las futuras modificaciones estarán también disponibles sin coste durante los seis meses siguientes a su publicación. Las modificaciones aprobadas y los proyectos de modificación pueden adquirirse en <http://www.techstreet.com/ieeegate>.

2 ETSI BRAN HIPERLAN

Las especificaciones HiperLAN 2 fueron desarrolladas por el Comité Técnico ETSI TC BRAN (*broadband radio access networks*). HiperLAN 2 es una norma RLAN flexible, diseñada para proporcionar acceso de alta velocidad de hasta 54 Mbit/s en la capa física (PHY) a diversas redes, incluidas las redes basadas en el protocolo Internet (IP) utilizadas normalmente para sistemas RLAN. Se especifican capas de convergencia que proporcionan su interfuncionamiento con Ethernet,

IEEE 1394 y ATM. Las aplicaciones básicas son de datos, voz y vídeo, teniendo en cuenta parámetros específicos de calidad de servicio (QoS). Los sistemas HiperLAN 2 pueden instalarse en oficinas, aulas, domicilios, fábricas, zonas de alta ocupación tales como pabellones de exposiciones y, de forma más general, donde la transmisión radioeléctrica sea una alternativa eficaz o complemente la tecnología por cable.

HiperLAN 2 está diseñada para funcionar en las bandas 5,15-5,25 GHz, 5,25-5,35 GHz y 5,47-5,725 GHz. Las especificaciones básicas son TS 101 475 (capa física), TS 101 761 (capa de control de enlace de datos) y TS 101 493 (capas de convergencia). Todas las normas ETSI están disponibles en formato electrónico en <http://pda.etsi.org/pda/queryform.asp>, cuando se especifica el número de norma en la casilla de búsqueda.

ETSI TC BRAN también ha desarrollado especificaciones de pruebas de conformidad para las normas HIPERLAN 2 básicas, para garantizar la interoperatividad de dispositivos y productos fabricados por diferentes suministradores. Las especificaciones de pruebas incluyen tanto pruebas radioeléctricas como de protocolo.

ETSI TC BRAN ha trabajado en estrecha colaboración con IEEE-SA (Grupo de Trabajo 802.11) y con MMAC en Japón (Grupo de Trabajo sobre redes de acceso inalámbricas de alta velocidad) para armonizar los sistemas desarrollados por estos tres foros para las bandas de 5 GHz.

3 MMAC³ HSWA⁴

El MMAC HSWA ha desarrollado y ARIB⁵ ha aprobado y publicado una norma para sistemas de comunicaciones de acceso móvil de banda ancha. Se denomina HiSWANa (ARIB STD-T70). El ámbito de las especificaciones técnicas se limita a la interfaz aérea, a las interfaces de servicio del subsistema inalámbrico, a las funciones de la capa de convergencia y a las capacidades de soporte necesarias para realizar los servicios.

Las especificaciones técnicas describen las capas PHY y MAC/DLC, que no dependen de la red principal, y la capa de convergencia específica de la red principal. La velocidad de datos típica se encuentra entre 6 y 36 Mbit/s. Se utilizan las técnicas MDFO y AMDT-DDT. Es capaz de soportar aplicaciones multimedia con mecanismos para tener en cuenta la QoS. En la zona de servicio local se soporta una movilidad de usuario restringida. Actualmente, sólo se soporta Ethernet.

El sistema HiSWANa funciona en las bandas de 5 GHz (4,9-5,0 GHz y 5,15-5,25 GHz).

³ Consejo de promoción de sistemas de comunicaciones de acceso móvil multimedia (también denominado «foro de sistemas de comunicaciones de acceso móvil multimedia» o «foro MMAC»).

⁴ Comité sobre el acceso inalámbrico de alta velocidad.

⁵ Asociación de industrias y empresas radioeléctricas.

Anexo 2

Interfaces radioeléctricas terrenales IMT–2000

Los epígrafes de este Anexo se han tomado del § 5 de la Recomendación UIT-R M.1457, donde se puede encontrar información adicional y actualizada.

1 Espectro ensanchado de secuencia directa AMDC IMT–2000⁶

El acceso radioeléctrico UTRAN es un acceso de acceso múltiple por división de código de secuencia directa (AMDC-SD) con la información distribuida en una anchura de banda aproximada de 5 MHz, con una velocidad de datos codificados de 3,84 Mchip/s. Se utiliza una modulación de alto nivel (MAQ-64 en sentido descendente y MAQ-16 en sentido ascendente), antenas de múltiples entradas y múltiples salidas (MIMO), L2 mejorado para alta velocidad de datos y técnicas de codificación (códigos turbo) para el acceso de paquetes a alta velocidad.

Una trama radioeléctrica de 10 ms se divide en 15 intervalos (2 560 datos codificados por intervalo a la velocidad de datos codificados de 3,84 Mchip/s). Por tanto, cada canal físico se define como un código (o un conjunto de códigos). Se definen subtramas de 2 ms constituidas por 3 intervalos para HS-DSCH (acceso de paquetes de alta velocidad en sentido descendente – HSDPA), E-DCH (acceso de paquetes de alta velocidad en sentido ascendente – HSUPA) y los canales de señalización asociados. Esta tecnología logra una velocidad de transmisión máxima próxima a 42 Mbit/s en sentido descendente y hasta 11 Mbit/s en sentido ascendente. En el enlace descendente, nuevas mejoras de DC-HSDPA en combinación con la característica MIMO soportan velocidades de datos de cresta que pueden llegar hasta 84 Mbit/s. En el enlace ascendente, la característica de célula doble también es aplicable a dos frecuencias adyacentes en la misma banda con enlace ascendente mejorado para soportar velocidades de datos de cresta que pueden llegar hasta 23 Mbit/s. Pueden conseguirse células con gran alcance si las condiciones de propagación son adecuadas (por ejemplo, en desiertos, llanuras, zonas costeras, etc.).

Para disponer de conectividad permanente de forma eficiente al tiempo que se ahorra consumo de batería en el equipo de usuario y se aumenta la capacidad de la interfaz aérea, las especificaciones incluyen una facilidad de conectividad permanente de paquetes (CPC, *continuous packet connectivity*). Los servicios de voz CS se soportan en HSPA.

La interfaz radioeléctrica se define para transportar una amplia gama de servicios y soportar eficazmente servicios por circuitos conmutados (por ejemplo, redes basadas en la RTPC y la RDSI) y servicios con conmutación de paquetes (por ejemplo, redes basadas en IP). Se ha diseñado un protocolo radioeléctrico flexible en el que el usuario utiliza simultáneamente servicios diferentes, tales como voz, datos y multimedia, que se multiplexan en una única portadora. Los servicios radioeléctricos definidos proporcionan soporte tanto a servicios con características de tiempo real como a servicios con características distintas a tiempo real mediante el transporte transparente y/o no transparente de datos. La QoS puede ajustarse en términos de retardo, probabilidad de errores en los bits y tasa de errores de trama (FER).

La arquitectura de la red radioeléctrica de acceso también soporta servicios de difusión y de multidifusión multimedia, es decir, que permiten la distribución de contenidos multimedia a grupos de usuarios sobre una capacidad portadora punto a multipunto.

⁶ Véase el § 5.1 de la Recomendación UIT-R M.1457.

El UTRA evolucionado (E-UTRA) tiene por objeto conseguir la evolución de las tecnologías de acceso radioeléctrico a velocidades de transmisión de datos elevadas, con bajo retardo y optimizadas para la transmisión de paquetes.

El esquema de transmisión del enlace descendente se basa en MDFO convencional para conseguir un alto grado de robustez frente a la selectividad en frecuencia del canal sin perjuicio de la implementación de receptores de poca complejidad en anchuras de banda muy grandes. El esquema de transmisión del enlace ascendente se basa en SC-AMDF (AMDF de portadora única); más concretamente MDFO con ensanchamiento DFT (DFTS-MDFO). También soporta asignación multiagrupación de DFTS-MDFO para el enlace ascendente se justifica por la menor relación potencia de cresta a potencia media (PAPR) de la señal transmitida frente a la MDFO convencional.

E-UTRA soporta anchuras de banda desde aproximadamente 1,4 MHz hasta 100 MHz, arrojando velocidades de datos de cresta de hasta unos 3 Gbit/s en el enlace descendente y 1,5 Gbit/s en el enlace ascendente. Se recurre a la agregación de portadoras, es decir la transmisión simultánea de varias portadoras de varios componentes en paralelo hacia/desde el mismo terminal, para soportar anchuras de banda superiores a 20 MHz.

2 AMDC multiportadora IMT-2000⁷

La interfaz radioeléctrica AMDC multiportadora ofrece dos posibilidades: funcionamiento cdma2000 con una o tres portadoras de radiofrecuencia o funcionamiento de datos en modo paquete cdma2000 de alta velocidad (HRPR, *high rate packet data*) en el que se utilizan de una a quince portadoras de radiofrecuencia.

La opción de funcionamiento cdma2000 soporta una o tres portadoras de RF de 1,2288 Mchip/s. La interfaz radioeléctrica se define para que transporte una amplia gama de servicios y soporte tanto servicios de circuitos conmutados (por ejemplo, redes basadas en la RTPC y la RDSI) como servicios con conmutación de paquetes (por ejemplo, redes basadas en IP). El protocolo radioeléctrico se ha diseñado de manera que el usuario pueda utilizar de forma flexible varios servicios diferentes como voz, datos y multimedios multiplexados en una única portadora. Los servicios radioeléctricos definidos proporcionan soporte tanto a servicio con características de tiempo real como a servicios sin características de tiempo real mediante el transporte transparente y/o no transparente de datos. La QoS puede ajustarse en términos de retardo, probabilidad de errores en los bits y tasa de errores de trama (FER).

La especificación de la interfaz radioeléctrica incluye características mejoradas para su uso simultáneo por servicios de datos de paquetes de alta velocidad y otros servicios, tales como voz en una única portadora. En particular, se han introducido características para el enlace inverso mejorado, lo que permite una mayor capacidad y cobertura, así como velocidades de datos superiores al valor actual en el enlace ascendente y un retardo y una variación de retardo menores en el enlace inverso.

La arquitectura de la red de acceso radioeléctrico también permite servicios de difusión y de multidifusión multimedios, es decir, la distribución de contenidos multimedios a grupos de usuarios sobre una capacidad portadora punto a multipunto.

Para cdma2000 HRPD, el canal de ida, con un número de portadoras de una a quince, consta de los siguientes canales multiplexados en el tiempo: canal piloto, canal MAC de ida, canal de control y canal de tráfico de ida. El canal de tráfico de ida transporta paquetes de datos de usuario. El canal de control transporta mensajes de control y también puede transportar tráfico de usuario. Cada canal está subdividido en canales Walsh en cuadratura multiplexados por división de código.

⁷ Véase el § 5.2 de la Recomendación UIT-R M.1457.

El canal MAC cdma2000 HRPD está constituido por dos subcanales: el canal de control de potencia inverso (RPC) y el canal de actividad inversa (RA). El canal RA transmite un tren de bits de actividad del enlace inverso (RAB, *reverse link activity bit*). Cada símbolo del canal MAC está modulado MDP-2 en una de las palabras de código Walsh 64.

El canal de tráfico de ida cdma2000 HRPD es un canal de velocidad variable basado en paquetes. Los datos de usuario de un terminal de acceso se transmiten a una velocidad de datos que varía entre 38,4 kbit/s y 4,9 Mbit/s por cada portadora de 1,2288 Mchip/s. Los datos del canal de tráfico de ida y del canal de control están codificados, aleatorizados y entrelazados. Las salidas del entrelazador de canal se introducen en un modulador MDP-4/MDP-8/MAQ-16/MAQ-64. Las secuencias de símbolos modulados se repiten y se puntúan según las necesidades. Posteriormente las secuencias resultantes de los símbolos de modulación se demultiplexan para formar 16 parejas (en fase y en cuadratura) de trenes en paralelo. Cada uno de los trenes en paralelo se trata mediante una función Walsh módulo 16 específica y con una velocidad de datos codificados que permita símbolos Walsh a 76,8 ksymbol/s. Los símbolos codificados Walsh de todos los trenes se suman para formar un único tren en fase y un único tren en cuadratura a una velocidad de datos codificados de 1,2288 Mchip/s. Los datos codificados resultantes se multiplexan por división en el tiempo con preámbulo, canal piloto y canal MAC para formar la secuencia resultante de datos codificados para el funcionamiento con ensanchamiento de espectro en cuadratura.

Los paquetes de capa física del canal de tráfico de ida cdma2000 HRPD pueden transmitirse en un número de intervalos de entre 1 y 16. Cuando se asigna más de un intervalo, los intervalos transmitidos utilizan un entrelazado de 4 intervalos. Es decir, los intervalos transmitidos de un paquete están separados por 3 intervalos y los intervalos de otros paquetes se transmiten en intervalos que a su vez existen entre dichos intervalos transmitidos. Si se recibe un acuse de recibo positivo por el canal ACK del enlace inverso indicando que el paquete de capa física se ha recibido en el canal de tráfico de ida, antes de que se hayan transmitido todos los intervalos asignados, no se transmitirán los intervalos restantes y se utilizará el siguiente intervalo asignado para el primer intervalo de la siguiente transmisión de paquetes de capa física.

El canal inverso cdma2000 HRPD, desplegado sobre un número de portadoras de RF entre una y quince, está constituido por el canal de acceso y el canal de tráfico inverso. El canal de acceso lo utiliza el terminal de acceso para iniciar la comunicación con la red de acceso o para responder a un mensaje dirigido al terminal de acceso. El canal de acceso está constituido por un canal piloto y un canal de datos. La estación móvil utiliza el canal de tráfico inverso para transmitir tráfico específico de usuario o información de señalización a la red de acceso. El canal inverso de tráfico de enlace cdma2000 HRPD está constituido por un canal piloto, un canal indicador de velocidad inversa (RRI), un canal de control de la velocidad de datos (DRC), un canal de acuse de recibo (ACK) y un canal de datos. Los datos de usuario de un terminal de acceso se transmiten a una velocidad de entre 4,8 kbit/s y 1,8 Mbit/s por cada portadora de 1,2288 Mchip/s. El canal RRI se utiliza para indicar la velocidad de datos transmitida en el canal de tráfico inverso. El canal RRI se multiplexa en el tiempo con el canal piloto. La estación móvil utiliza el canal DRC para indicar a la red de acceso la velocidad de datos admisible del canal de tráfico de ida y el sector con mejor servicio en el canal AMDC de ida. El terminal de acceso utiliza el canal ACK para informar a la red de acceso si se ha recibido con éxito o no el paquete de datos transmitido en el canal de tráfico de ida.

Para el acceso HRPD mejorado, se implementan H-ARQ (petición de repetición automática híbrida) de capa física, menores tamaños de trama, mecanismos de planificación/control de velocidad más rápidos y modulación y codificación adaptativas a fin de aumentar la velocidad de datos máxima y el caudal del enlace inverso.

2.1 Sistema de ultra banda ancha móvil

El sistema de ultra banda ancha móvil (UMB) proporciona un diseño unificado para los modos de funcionamiento DDT y DDF, tanto dúplex como semidúplex, con anchuras de banda escalables entre 1,25 MHz y 20 MHz. El sistema está diseñado para proporcionar un acceso radioeléctrico robusto y está optimizado para conseguir una elevada eficiencia espectral y un retardo reducido mediante técnicas de modulación avanzadas, de adaptación del enlace y de transmisión con múltiples antenas. También se aplica el traspaso rápido de llamadas, el control rápido de potencia y la gestión de la interferencia entre sectores. Para conseguir elevadas eficiencias espectrales se utiliza la codificación y modulación adaptativa con H-ARQ síncrona y turbocodificación (opcionalmente LDPC). El mecanismo de gestión de subbandas permite prestaciones mejoradas en los enlaces directo (de ida) e inverso gracias a ganancias de diversidad con múltiples usuarios para tráfico sensible al retardo.

El enlace de ida utiliza acceso múltiple por división en frecuencia ortogonal (AMFDO) mejorado mediante técnicas de transmisión multiantena, incluido MIMO, conformación de haz de bucle cerrado y acceso múltiple por división espacial (AMDE) con un orden de multiplexación espacial máximo de 4. El retardo mínimo de retransmisión del enlace de ida es de aproximadamente 5,5 ms, consiguiéndose una velocidad máxima de 288 Mbit/s mediante MIMO de orden 4 en 20 MHz.

El enlace inverso es cuasi ortogonal. Es decir, utiliza transmisión ortogonal basada en AMFDO junto con multiplexación no ortogonal de usuarios con superposición estratificada o antenas de recepción múltiples (AMDE). El enlace inverso también incluye opcionalmente la transmisión AMDC para tráfico de baja velocidad. La gestión de la interferencia se realiza mediante reutilización fraccional de la frecuencia. El equilibrio óptimo entre caudal e imparcialidad en la utilización de los recursos se consigue mediante el control distribuido de la potencia en función de la interferencia con otras células. El enlace inverso utiliza un segmento de control AMDC y un segmento de control AMFDO. El sistema utiliza acceso rápido gracias a una tara reducida y peticiones rápidas. El enlace inverso utiliza una señal de referencia de banda ancha para el control de la potencia, las decisiones de traspaso y la programación del uso de subbandas. El diseño del MAC UMB permite una transmisión eficiente en potencia en el enlace inverso mediante terminales de potencia limitada con programación del uso de recursos. El retardo de transmisión del enlace inverso es de aproximadamente 7,3 ms y la velocidad de datos máxima que se consigue es mayor de 75 Mbit/s en una anchura de banda de 20 MHz (con codificación cuasi-ortogonal de palabra código única).

La UMB está diseñada para funcionar en despliegues parcial o completamente síncronos; no obstante, la interfaz aérea está optimizada para aprovechar la sincronización entre células. Se utilizan canales piloto de tara reducida (balizas) para permitir una búsqueda de baja complejidad en áreas vecinas y facilitar el traspaso en la misma frecuencia y entre frecuencias con una interrupción mínima.

La UMB también dispone de modos de funcionamiento eficientes en potencia para alargar la vida de la batería del terminal. En particular, el modo de entrelazado selectivo está optimizado para aplicaciones sensibles al retardo y de baja velocidad, como la VoIP, existiendo un estado semiconectado que ofrece una DTX/DRX eficiente con un ciclo de actividad bajo para tráfico tolerante al retardo.

3 DDT de AMDC IMT-2000⁸

Se definen tres opciones para la interfaz radioeléctrica dúplex por división en el tiempo (DDT) del acceso radioeléctrico terrenal universal (UTRA), a saber, DDT de 1,28 Mchip/s (AMDS-DT), DDT de 3,84 Mchip/s y DDT de 7,68 Mchip/s.

⁸ Véase el § 5.3 de la Recomendación UIT-R M.1457.

La interfaz radioeléctrica DDT UTRA se desarrolló con el firme objetivo de la armonización con el componente DDF (véase § 1) para maximizar los elementos comunes. Esto se consiguió armonizando parámetros significativos de la capa física, especificándose un conjunto común de protocolos en las capas superiores para DDF y DDT, incorporando numerosos elementos comunes en la DDT de 1,28 Mchip/s, la DDT de 3,84 Mchip/s y la DDT de 7,68 Mchip/s. Con las tres opciones de la DDT UTRA, ésta satisface las necesidades de diferentes regiones de forma flexible e incorpora un conjunto común de especificaciones.

El método de acceso radioeléctrico es acceso múltiple por división de código con secuencia directa (AMDC-SD). Incluye tres opciones de velocidad de datos codificados: la DDT de 3,84 Mchip/s, en la que la información se distribuye sobre una anchura de banda aproximada de 5 MHz con una velocidad de datos codificados de 3,84 Mchip/s, la DDT de 7,68 Mchip/s, en la que la información se distribuye sobre una anchura de banda aproximada de 5 MHz con una velocidad de datos codificados de 7,68 Mchip/s y la DDT de 1,28 Mchip/s, en la que la información se distribuye en una anchura de banda aproximada de 1,6 MHz con una velocidad de datos codificados de 1,28 Mchip/s. La interfaz radioeléctrica debe transportar una amplia gama de servicios y soportar eficazmente servicios basados en conmutación de circuitos (por ejemplo, redes basadas en la RTPC y la RDSI) y servicios basados en conmutación de paquetes (por ejemplo, redes basadas en IP). Se ha diseñado un protocolo radioeléctrico flexible en el que el usuario puede utilizar simultáneamente varios servicios diferentes, tales como voz, datos y multimedios, multiplexados en una única portadora. Los servicios radioeléctricos portadores definidos soportan servicios con características de tiempo real y servicios con características distintas a tiempo real mediante el transporte transparente y/o no transparente de datos. La QoS puede establecerse en términos de retardo, BER y FER.

La especificación de la interfaz radioeléctrica incluye características mejoradas para el acceso de paquetes de alta velocidad en sentido descendente (HSDPA) y capacidades mejoradas a nivel 2 (L2) para altas velocidades binarias, permitiendo la transmisión de datos en modo paquete en sentido descendente con velocidades máximas de 2,8 Mbit/s, 10,2 Mbit/s y 20,4 Mbit/s para los modos de 1,28 Mchip/s, 3,84 Mchip/s y 7,68 Mchip/s respectivamente, y el uso simultáneo para datos en modo paquete y otros servicios de datos, como la voz, en una única portadora. Se han introducido mejoras en el enlace ascendente para disponer de capacidad y cobertura mejoradas, velocidades superiores y valores de retardo y variación de retardo reducidos en dicho sentido ascendente.

La inclusión de modulación de un orden superior (MAQ-16) para el enlace ascendente mejorado, permite velocidades máximas de hasta 2,2 Mbit/s, 9,2 Mbit/s y 17,7 Mbit/s para los modos de 1,28 Mchip/s, 3,84 Mchip/s y 7,68 Mchip/s respectivamente. Se ha añadido el modo de funcionamiento multifrecuencia para el modo DDT UTRA de 1,28 Mchip/s.

La arquitectura de la red de acceso radioeléctrica también facilita los servicios de difusión y multidifusión de multimedios, es decir, permite la distribución de contenidos multimedios a grupos de usuarios en portadores punto a multipunto.

El UTRA evolucionado (E-UTRA) tiene por objeto conseguir la evolución de las tecnologías de acceso radioeléctrico a velocidades de transmisión de datos elevadas, con bajo retardo y optimizadas para la transmisión de paquetes.

El esquema de transmisión del enlace descendente se basa en MDFO convencional para conseguir un alto grado de robustez frente a la selectividad en frecuencia del canal sin perjuicio de la implementación de receptores de poca complejidad en anchuras de banda muy grandes. El esquema de transmisión del enlace ascendente se basa en SC-AMDF (AMDF de portadora única); más concretamente MDFO con ensanchamiento DFT (DFTS-MDFO). También soporta asignación multiagrupación de DFTS-MDFO. La utilización de la transmisión DFTS-MDFO para el enlace ascendente se justifica por la menor relación potencia de cresta a potencia media (PAPR) de la señal transmitida frente a la MDFO convencional.

E-UTRA soporta anchuras de banda desde aproximadamente 1,4 MHz hasta 100 MHz, arrojando velocidades de datos de cresta de hasta unos 3 Gbit/s en el enlace descendente y 1,5 Gbit/s en el enlace ascendente. Se recurre a la agregación de portadoras, es decir la transmisión simultánea de varias portadoras de varios componentes en paralelo hacia/desde el mismo terminal, para soportar anchuras de banda superiores a 20 MHz.

4 AMDT de portadora única IMT-2000⁹

Esta interfaz radioeléctrica proporciona tres opciones de anchura de banda para datos de alta velocidad, que utilizan tecnología AMDT. La opción de anchura de banda de portadora de 200 kHz (EDGE) utiliza modulación MDP-8 o MAQ-32 con una velocidad de símbolos aumentada gracias a la modulación ARQ híbrida y consigue una velocidad de transmisión de canal en el modo de portadora dual de 1,625 Mbit/s o 3,25 Mbit/s, soportando alta movilidad. Para entornos de menos movilidad, se proporciona una anchura de banda de 1,6 MHz en la que se utiliza modulación MAQ desplazada binaria y cuaternaria con ARQ híbrido. Esta opción de anchura de banda de 1,6 MHz permite la asignación flexible de intervalos y alcanza una velocidad de transmisión de canal de 5,2 Mbit/s.

Se proporciona un servicio de difusión o punto a multipunto enriquecido conocido como servicio de difusión/multidifusión de multimedios (MBMS, *multimedia broadcast/multicast service*). Actualmente existen servicios punto a multipunto que permiten transmitir datos desde una única entidad origen a múltiples puntos de destino. MBMS proporciona eficazmente esa capacidad para servicios de difusión/multidifusión prestados por suministradores de servicios en entornos domésticos y de otros servicios de valor añadido (VASP).

El MBMS es un servicio portador punto a multipunto unidireccional en el que se transmiten los datos desde una entidad de origen única a múltiples receptores. También podrá ampliar su capacidad para soportar otros servicios con dichas capacidades portadoras.

El modo multidifusión es interoperable con la multidifusión IP del IETF. Esto permitirá una óptima utilización de las plataformas de servicios IP para mejorar la disponibilidad de aplicaciones y contenidos para que los servicios actuales y futuros puedan entregarse más eficientemente desde el punto de vista de los recursos.

5 AMDF/AMDT IMT-2000¹⁰

La interfaz radioeléctrica IMT-2000 para tecnología AMDF/AMDT se denomina telecomunicaciones digitales mejoradas sin cordón (DECT).

Esta interfaz radioeléctrica especifica una interfaz radioeléctrica AMDT con DDT. Las velocidades de transmisión de canal para los tipos de modulación especificados son 1,152 Mbit/s, 2,304 Mbit/s, 3,456 Mbit/s, 4,608 Mbit/s y 6,912 Mbit/s. La norma soporta conexiones simétricas y asimétricas y transporte de datos con conexión y sin conexión. La utilización del funcionamiento multiportadora con, por ejemplo, tres portadoras permite velocidades binarias de hasta 20 Mbit/s. La capa de red contiene los protocolos para el control de llamadas, los servicios complementarios, el servicio de mensajes con conexión, el servicio de mensajes sin conexión y la gestión de movilidad, incluida los servicios para la seguridad y la confidencialidad.

⁹ Véase el § 5.4 de la Recomendación UIT-R M.1457.

¹⁰ Véase el § 5.5 de la Recomendación UIT-R M.1457.

Se definen los canales de frecuencias de acceso radioeléctrico así como una estructura temporal. La separación entre portadoras es de 1,728 MHz. Para acceder al medio a tiempo, se utiliza una estructura regular AMDT con una duración de trama de 10 ms. En esta trama se crean 24 intervalos completos, constituido cada uno de ellos por dos mitades de intervalo. Un intervalo doble tiene una longitud de dos intervalos completos y empieza con un intervalo completo.

La modulación puede ser modulación por desplazamiento de frecuencia gaussiana (MDFG), con un producto nominal de anchura de banda por periodo binario de 0,5, modulación por desplazamiento de fase diferencial (MDPD) o modulación de amplitud en cuadratura (MAQ). El equipo puede utilizar modulaciones de 4 niveles y/o 8, y/o 16 y/o 64 niveles, además de modulaciones de 2 niveles. Esto aumenta la velocidad binaria de un único equipo radioeléctrico por un factor de 2, 3, 4 ó 6. La modulación de 4 niveles será π /MDPD-4, la de 8 niveles será π /MDPD-8, la de 16 niveles será MAQ-16 y la de 64 niveles MAQ-64.

La capa MAC ofrece tres grupos de servicios a las capas superiores y a la entidad de gestión:

- control de mensajes de difusión (BMC);
- control de mensajes sin conexión (CMC);
- control multiportador (MBC).

El BMC proporciona un conjunto de servicios sin conexión punto a punto continuos. Se utilizan para transportar canales lógicos internos y también se ofrecen a las capas superiores. Estos canales funcionan en el sentido terminación fija (FT) a terminación transportable (PT) y están disponibles en todas las PT a su alcance.

El CMC proporciona un servicio punto a punto o punto multipunto sin conexión a las capas superiores. Estos servicios pueden funcionar en ambos sentidos entre una FT específica y una o más PT.

Cada instancia BMC proporciona a las capas superiores uno o varios servicios punto a punto con conexión. Un servicio BMC puede utilizar más de un portador para proporcionar un único servicio.

Se definen cuatro tipos de portadores MAC:

- Portador símplex: un portador símplex se crea para asignar un canal físico para transmisiones en un sentido.
- Portador dúplex: un portador dúplex se crea mediante un par de portadores símplex, que funcionan en sentidos opuestos en dos canales físicos.
- Portador símplex doble: se crea un portador símplex doble mediante un par de portadores símplex largos que funcionan en el mismo sentido en dos canales físicos.
- Portador dúplex doble: un portador dúplex doble está compuesto por un par de portadores dúplex que se refieren a la misma conexión MAC.

Un portador puede estar en uno de los tres estados de funcionamiento siguientes:

- Estado simulado: en el que hay normalmente transmisiones continuas (es decir, una transmisión en cada trama).
- Portador de tráfico: cuando existen transmisiones punto a punto continuas. Un portador de tráfico es un portador dúplex o un portador símplex doble o un portador dúplex doble.
- Portador sin conexión: cuando existen transmisiones discontinuas. Un portador sin conexión es un portador símplex o dúplex.

La capa MAC define una estructura lógica para los canales físicos. La velocidad binaria de usuario depende del tipo de intervalo seleccionado, del esquema de modulación, del nivel de protección, del número de intervalos y del número de portadoras.

Los mensajes y procedimientos de selección de canales dinámicos de instante obligatorios permiten la coexistencia efectiva de sistemas públicos y privados no coordinados en la banda de frecuencias designada común y hacen innecesaria la planificación de frecuencias tradicional. Cada dispositivo tiene acceso a todos los canales (combinaciones de tiempo y de frecuencia). Cuando se necesita una conexión, se selecciona el canal que en ese instante y en esa ubicación tiene menos interferencias de todos los canales de acceso comunes. Ello evita la planificación tradicional de frecuencias y simplifica en gran medida las instalaciones. Este procedimiento también proporciona cada vez mayor capacidad a las estaciones de base, situadas cada vez más próximas entre sí, y mantiene al mismo tiempo una calidad alta del enlace radioeléctrico. Al no necesitar distribuir las frecuencias entre diferentes servicios o usuarios, se hace un uso eficiente del espectro.

Las últimas especificaciones proporcionan una actualización al denominado «DECT de nueva generación» en el que el interés principal reside en el soporte de servicios basados en IP. La calidad del servicio de voz mejora aún más utilizando codificación de banda ancha. El códec obligatorio para interfuncionamiento en la interfaz aérea es el de la Recomendación UIT-T G.722. También se pueden negociar otros códecs opcionales. Además de voz por IP, el «DECT de nueva generación» puede proporcionar audio, vídeo y otros servicios basados en IP.

6 WMAN DDT con AMDFO IMT-2000¹¹

La interfaz radioeléctrica IMT-2000 para WMAN DDT con AMDFO se basa en la interfaz 802.16 del IEEE, desarrollada y mantenida por el Grupo de trabajo IEEE 802.16 sobre accesos inalámbricos de banda ancha. Es publicada por la Asociación de Normas del IEEE (IEEE-SA) del Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos (IEEE). La tecnología de la interfaz radioeléctrica de la norma IEEE 802.16 es flexible y puede utilizarse para una amplia gama de aplicaciones, frecuencias de funcionamiento y entornos reglamentarios. La IEEE 802.16 incluye varias especificaciones de la capa física, una de las cuales es conocida como MAN inalámbrica-AMDFO (*WirelessMAN-OFDMA*). La WMAN DDT AMDFO es un caso especial de MAN inalámbrica-AMDFO con una interfaz radioeléctrica interoperable específica. La WMAN DDT AMDFO descrita en este documento funciona en DDT y DDF.

La interfaz radioeléctrica WMAN DDT AMDFO incluye las dos capas inferiores, la capa física (PHY) y la capa de control del enlace de datos (DLC). El elemento más bajo de la DLC es el MAC; el elemento superior de la DLC es la capa de control del enlace lógico (LLC). La PHY está basada en AMDFO con canalizaciones flexibles en las bandas de 5 MHz, 7 MHz, 8,75 MHz y 10 MHz. El MAC se basa en un protocolo con conexión diseñado para ser utilizado en una configuración punto a multipunto. Está diseñada para poder transportar una amplia gama de servicios con conmutación de paquetes (típicamente basados en IP) y permitir simultáneamente un control fino e instantáneo de la atribución de recursos para poder diferenciar calidades de servicio (QoS) en un entorno de prestador de servicios con alto un nivel de exigencia y prestaciones (*carrier class*).

La interfaz radioeléctrica WMAN DDT AMDFO ha sido diseñada para transportar tráfico de paquetes, incluido tráfico IP. Es suficientemente flexible como para soportar una amplia gama de arquitecturas de red de alto nivel para uso fijo, nómada o plenamente móvil, con capacidad de traspaso. Soporta la funcionalidad adecuada para servicios de datos genéricos así como para servicios de voz y multimedia críticos en relación con el tiempo, servicios de difusión y multidifusión y servicios regulados obligatorios.

¹¹ Véase el § 5.6 de la Recomendación UIT-R M.1457.

La norma de la interfaz radioeléctrica especifica las capas 1 y 2; no está incluida la especificación de las capas de red de nivel superior. Ofrece la ventaja de flexibilidad y apertura en la interfaz entre las capas 2 y 3 y permite una amplia gama de infraestructuras de red. La interfaz radioeléctrica es compatible con las arquitecturas de red definidas en la Recomendación UIT-T Q.1701. En particular, en el documento «WiMAX End to End Network Systems Architecture Stage 2-3», del WiMAX Forum¹² se describe un diseño de arquitectura de red que optimiza la utilización de la Norma IEEE 802.16 y la interfaz radioeléctrica WMAN DDT AMDFO.

Anexo 3

Interfaces radioeléctricas terrenales de las IMT-Avanzadas

1 LTE-Avanzadas¹³

Las especificaciones de la interfaz radioeléctrica terrenal de las IMT-Avanzadas conocida como *LTE-Avanzada* basada en la LTE Versión 10 y sistemas posteriores, se elaboran en el 3GPP.

La *LTE-Avanzada* es un conjunto de RIT (tecnologías de la interfaz radioeléctrica) que consta de una RIT FDD y una RIT TDD diseñadas para funcionar en un espectro de frecuencias apareadas y no apareadas, respectivamente. Las RIT TDD se denominan asimismo TD-LTE Versión 10 y sistemas posteriores o *TD-LTE-Avanzada*. Las dos RIT han sido desarrolladas conjuntamente, por lo que poseen un alto grado de uniformidad, sin perjuicio de la optimización de cada RIT con respecto a su esquema específico de espectro/dúplex.

La RIT FDD y la RIT TDD representan la evolución de las primeras versiones de la LTE FDD y la LTE TDD, respectivamente. Ambas RIT comparten muchas de las estructuras subyacentes, lo que simplifica la implementación de los equipos de acceso radioeléctrico en modo dual. Se soportan anchuras de bandas de transmisión de hasta 100 MHz, obteniendo velocidades de datos de cresta de hasta 3 Gbit/s en el enlace descendente y 1,5 Gbit/s en el ascendente, aproximadamente.

El esquema de transmisión del enlace descendente utiliza MDFO convencional para conseguir un alto grado de robustez frente a la selectividad en frecuencia del canal sin perjuicio de la implementación de receptores de poca complejidad incluso en anchuras de banda muy grandes.

El esquema de transmisión del enlace ascendente utiliza MDFO con ensanchamiento DFT (DFTS-MDFO). La utilización de la transmisión DFTS-MDFO para el enlace ascendente se justifica por la menor relación potencia de cresta a potencia media (PAPR) de la señal transmitida frente a la MDFO convencional. Esto permite utilizar con mayor eficiencia el amplificador de potencia del terminal, lo que se traduce en un aumento de la cobertura y un menor consumo de energía del terminal. La numeración del enlace ascendente está alineada con la del descendente.

Al canal se le aplica una codificación turbo de velocidad-1/3 que viene complementada por ARQ híbrida con combinación blanda para resolver los errores de decodificación en el extremo receptor. La modulación de datos soporta MDP-4, MAQ-16 y MAQ-64 tanto para el enlace descendente como para el ascendente.

¹² <http://www.wimaxforum.org/resources/technical-specifications>.

¹³ Véase el Anexo 1 a la Recomendación UIT-R M.2012.

Las RIT FDD y TDD soportan anchuras de banda de entre 1,4 MHz y 100 MHz, aproximadamente. Se recurre a la agregación de portadoras, es decir la transmisión simultánea de varias portadoras componentes en paralelo hacia/desde el mismo terminal, para soportar anchuras de banda superiores a 20 MHz. Las portadoras componentes no tienen por qué ser adyacentes en frecuencia e incluso pueden estar situadas en distintas bandas de frecuencias a fin de poder explotar atribuciones espectrales fragmentadas por medio de la agregación de espectro.

Se soporta la planificación dependiente del canal, tanto en el dominio del tiempo como en el de la frecuencia, y tanto para el enlace descendente como para el ascendente. El planificador de la estación base se encarga de seleccionar (dinámicamente) el recurso de transmisión y la velocidad de datos. La operación básica es la planificación dinámica. El planificador de la estación de base se encarga de adoptar una decisión en cada intervalo de tiempo de transmisión (TTI) de 1 ms. aunque existe también la posibilidad de la planificación tenga carácter semipermanente. La planificación semipermanente permite realizar una atribución semiestática de los recursos de transmisión y de las velocidades de datos a un determinado equipo de usuario (UE) durante un periodo de tiempo superior a un TTI para reducir la tara de la señalización de control.

Los esquemas de transmisión multiantena forman parte integral de ambas RIT. La precodificación multiantena con adaptación dinámica de rango soporta tanto la multiplexación espacial (MIMO de un solo usuario) como la de conformación de haz. Se soporta la multiplexación espacial de un máximo de ocho capas en el enlace descendente y de cuatro en el ascendente. También se soporta la MIMO de varios usuarios, de modo que se asignan los mismos recursos de tiempo-frecuencia a una pluralidad de usuarios. Por último, se soporta también la diversidad de transmisión con arreglo a la codificación de bloques de espacio-frecuencia (SFBC) o una combinación de SFBC y diversidad de transmisión por conmutación de frecuencias (FSTD).

Las RIT soportan la coordinación de interferencias entre células (ICIC), que consiste en el intercambio de información entre células vecinas para ayudar a la planificación a reducir las interferencias. Puede utilizarse la ICIC en instalaciones homogéneas de células no solapadas con potencias de transmisión semejantes, así como en instalaciones heterogéneas en las que una célula de mayor potencia se superponga a uno o varios nodos de menor potencia.

2 MAN Inalámbrica-Avanzada¹⁴

La especificación de la interfaz radioeléctrica *MAN Inalámbrica-Avanzada* es un desarrollo del IEEE. El sistema completo extremo a extremo basado en la *MAN Inalámbrica-Avanzada* se denomina WiMAX 2 y es un desarrollo del WiMAX Forum.

La *MAN Inalámbrica-Avanzada* utiliza AMDFO como esquema de acceso múltiple en el enlace descendente (DL) y el ascendente (UL). Además soporta los esquemas de dúplex FDD y TDD y en particular el funcionamiento en H-FDD de las estaciones móviles (MS) en las redes FDD. Los atributos de la estructura de trama y el procesamiento de la banda base son comunes en ambos esquemas dúplex. La *MAN Inalámbrica-Avanzada* también soporta mayores anchuras de banda de canal, que alcanzan los 160 MHz, con agregación de portadoras.

La *MAN Inalámbrica-Avanzada* utiliza el código turbo convolucional (CTC) con velocidad de código de 1/3. El esquema del CTC se amplía para soportar tamaños adicionales del bloque FEC. Además, los tamaños del bloque FEC pueden aumentarse periódicamente con resoluciones predeterminadas del tamaño del bloque.

¹⁴ Véase el Anexo 2 a la Recomendación UIT-R M.2012.

Se soportan las constelaciones de modulación MDP-4, MAQ-16 y MAQ-64. La correspondencia de los bits con los puntos de la constelación dependen de la versión de reordenación de la constelación (CoRe) utilizada para la retransmisión HARQ descrita y depende además del esquema MIMO. Los símbolos MAQ se asignan a la entrada del codificador MIMO. Los tamaños comprenden la CRC añadida (por ráfaga y bloque FEC), en su caso. Otros tamaños requieren de relleno hasta alcanzar el siguiente tamaño de ráfaga. La velocidad de códigos y la modulación dependen del tamaño de la ráfaga y de la atribución de recursos.

En la *MAN Inalámbrica-Avanzada* se utiliza la HARQ de redundancia incremental (HARQ-IR) con determinación de la posición de comienzo de la selección de bits en las retransmisiones HARQ. También se soporta la HARQ con combinación de repetición (HARQ-CC) que se considera como un caso especial de HARQ-IR.

La realimentación CQI ofrece información sobre las condiciones del canal desde el punto de vista de la MS. Esta información la utiliza la BS en la adaptación del enlace, la atribución del recurso, el control de potencia, etc. La medición de la calidad del canal comprende las efectuadas en banda estrecha y en banda ancha. La tara de realimentación del CQI puede reducirse mediante realimentación diferencial u otras técnicas de compresión. Como ejemplos de CQI se pueden citar la relación de portadora efectiva a interferencia más ruido (CINR), la selección de banda, etc.

La realimentación MIMO proporciona las características espaciales del canal en banda ancha y/o banda estrecha que son necesarias para el funcionamiento en MIMO. El modo MIMO, el índice de la matriz preferida (PMI), la información de adaptación de rango, los elementos de la matriz de covarianza del canal, y el índice de la mejor subbanda son ejemplos de la información de realimentación MIMO.

El mecanismo de control de potencia está soportado para el DL y el UL. Utilizando el control de potencia del DL, el terminal con nivel de potencia controlado recibe información específica del usuario con piloto dedicado. Las MAP avanzadas del DL pueden controlarse en potencia con arreglo a la realimentación de calidad del canal UL del terminal.

Se soporta el control de potencia del UL para compensar la pérdida del trayecto, el sombreado, el desvanecimiento rápido y las pérdidas de la implementación así como para mitigar la interferencia entre células y en el interior de éstas. La BS puede transmitir la información necesaria mediante el canal de control o enviando un mensaje a los terminales para que soporten el control de potencia del UL. La BS optimiza los parámetros del algoritmo de control de potencia para todo el sistema y los difunde periódicamente.

La *MAN Inalámbrica-Avanzada* soporta varias técnicas avanzadas multiantena entre ellas la de MIMO sencillo y multiusuario (multiplexación espacial y conformación del haz) así como varios esquemas con diversidad de transmisión. En el esquema de MIMO de un solo usuario (SU-MIMO) sólo puede programarse un usuario por unidad de recurso (tiempo, frecuencia o espacio). Sin embargo, en la MIMO multiusuario (MU-MIMO) se pueden planificar varios usuarios por unidad de recurso.

La configuración mínima de la antena en el DL y en el UL es de 2×2 y 1×2 , respectivamente. Para la multiplexación espacial en bucle abierto y la SU-MIMO en bucle cerrado, el número de trenes se restringe al mínimo número de antenas transmisoras o receptoras. La MU-MIMO puede soportar hasta 2 trenes con 2 antenas transmisoras, hasta 4 trenes para 4 antenas transmisoras y hasta 8 trenes para 8 antenas transmisoras.

Anexo 4

Normas armonizadas de interfaces radioeléctricas IEEE y ETSI para sistemas de acceso inalámbrico de banda ancha (BWA) incluidas aplicaciones móviles y nómadas en el servicio móvil

1 Visión general de la interfaz radioeléctrica

La norma IEEE 802.16-2009 y las normas ETSI HiperMAN definen interfaces radioeléctricas armonizadas para las capas físicas MDFO y AMDFO y la capa MAC/DLC. Sin embargo la ETSI BRAN HiperMAN sólo tiene por objeto aplicaciones nómadas, mientras que la norma IEEE 802.16-2009 también se destina a aplicaciones integradas en vehículos.

El uso de bandas de frecuencias inferiores a 6 GHz facilita que el sistema de acceso se construya de conformidad con esta interfaz radioeléctrica normalizada para soportar una variedad de aplicaciones, incluidas aplicaciones empresariales y residenciales con movilidad total en zonas urbanas, suburbanas y rurales. La interfaz está optimizada para canales radioeléctricos móviles dinámicos y permite la aplicación de métodos de traspaso optimizados y un conjunto completo de modos de ahorro de energía. La especificación podría soportar fácilmente tanto datos de tipo Internet genéricos como datos en tiempo real, incluidas aplicaciones como voz y videoconferencia.

Este tipo de sistema se conoce como red inalámbrica de área metropolitana (WirelessMAN en IEEE e HiperMAN en ETSI BRAN). La palabra «metropolitana» no se refiere a la aplicación sino a la escala. La arquitectura para este tipo de sistema es fundamentalmente punto a multipunto, con una estación de base que da servicio a abonados en una celda con un tamaño de hasta unos pocos kilómetros. Los usuarios pueden acceder a diversos tipos de terminales, por ejemplo, teléfonos inalámbricos, teléfonos inteligentes, PDA y PC portátiles en un entorno móvil. La interfaz radioeléctrica soporta diversas anchuras de canal, tales como 1,25; 3,5; 5; 7; 8,75; 10; 14; 15; 17,5 y 20 MHz para frecuencias de funcionamiento por debajo de 6 GHz. El uso de MDFO y acceso múltiple por división de frecuencia ortogonal (AMDFO) mejora la eficiencia de la anchura de banda, debido a la programación y flexibilidad combinadas en tiempo y frecuencia cuando se gestionan diferentes dispositivos de usuario con diversos tipos de antena y factores de forma. Aporta una reducción de la interferencia para los dispositivos de usuario con antenas omnidireccionales y capacidades mejoradas en condiciones sin visibilidad directa (NLoS), fundamentales cuando se presta servicio a abonados móviles. La subcanalización define subcanales que se pueden asignar a diferentes abonados en función de las condiciones del canal y de sus necesidades de datos. Esto ofrece a los proveedores de servicio más flexibilidad en la gestión de la anchura de banda y de la potencia transmitida y conduce a un uso más eficiente de los recursos, incluido el espectro.

La interfaz radioeléctrica soporta diversas anchuras de canal y frecuencias de funcionamiento que aportan una eficiencia espectral máxima de hasta 3,5 bit/s/Hz en una única configuración de antena receptora y transmisora (SISO).

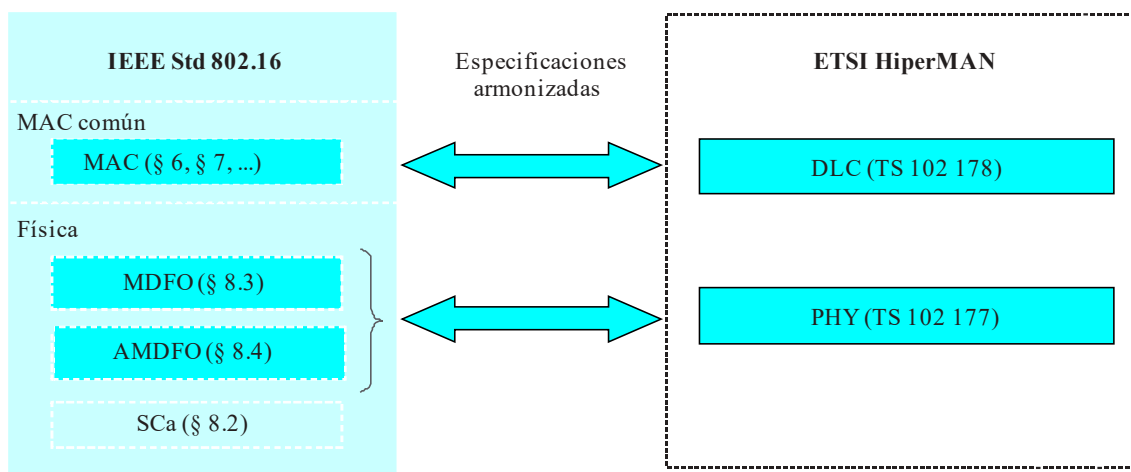
La interfaz radioeléctrica incluye PHY así como MAC/DLC. El MAC/DLC se basa en un acceso múltiple asignado por demanda en el que se programan las transmisiones en función de la prioridad y de la disponibilidad. Este diseño tiene su origen en la necesidad de soportar un acceso con alto nivel de exigencia y prestaciones (*carrier-class*) a redes públicas, soportando diversas subcapas de convergencia, tales como el protocolo IP y Ethernet con una oferta completa de QoS.

El MAC/DLC armonizado soporta los modos de PHY MDFO y AMDFO.

La Fig. 1 muestra de forma esquemática las especificaciones de interfuncionamiento armonizado de las normas IEEE WirelessMAN y ETSI HiperMAN, que incluyen especificaciones para las capas físicas MDFO y AMDFO así como para la toda la capa MAC, incluida la seguridad.

FIGURA 1

Normas BWA armonizadas para el interfuncionamiento
para frecuencias inferiores a 6 GHz



M.1801-4

El WiMAX ForumTM, IEEE 802.16 y ETSI HiperMAN definen perfiles para los parámetros de interfuncionamiento recomendados. Los perfiles IEEE 802.16 se incluyen en el documento normativo principal mientras que los perfiles HiperMAN se incluyen en un documento separado. La TTA (*Telecommunications Technology Association*) define un perfil para el servicio WiBro que está basado en el perfil 1A¹⁵ del WiMAX Forum. Aunque no está explícitamente incluido en el Anexo 2, el contenido de esta norma, TTAK.KO-06.0082/R2, incluida la canalización de 8,75 MHz, es idéntica a una de las opciones que figuran en § 6 del Anexo 2.

2 Especificación detallada de la interfaz radioeléctrica

2.1 IEEE 802.16

Norma IEEE para redes de área metropolitana y local Parte 16: interfaz aérea para sistemas móviles y fijos de acceso inalámbrico de banda ancha

La norma IEEE 802.16 es una norma de interfaz aérea para acceso inalámbrico de banda ancha (BWA). Soporta sistemas fijos, nómadas y móviles y permite el funcionamiento combinado fijo y móvil en bandas de frecuencias autorizadas por debajo de 6 GHz. La actual norma IEEE 802.16-2009 está diseñada para redes radioeléctricas de datos por paquetes de gran capacidad capaces de soportar diversos tipos de aplicaciones y servicios IP, basadas en diferentes modelos de uso, de movilidad y de modelo de negocio. Para permitir dicha diversidad, la interfaz aérea IEEE 802.16 está diseñada con un alto grado de flexibilidad y un amplio conjunto de opciones.

La tecnología móvil inalámbrica de banda ancha, basada en la norma IEEE 802.16, permite el despliegue flexible de redes y servicios. A continuación se describen algunas características importantes de la norma:

¹⁵ <http://www.wimaxforum.org/resources/technical-specifications>.

Caudal, eficiencia espectral y cobertura

La señalización AMDFO es compatible con técnicas de antenas múltiples avanzadas para maximizar la capacidad y cobertura del sistema. La señalización MDFO convierte un canal de banda ancha con desvanecimiento selectivo en frecuencia en múltiples subportadoras de banda estrecha con desvanecimiento constante y, por lo tanto, es posible la utilización de antenas inteligentes con subportadoras de vector constante. Se enumeran a continuación las principales características de la técnica de antena múltiple:

- MIMO de segundo, tercer y cuarto orden y multiplexación espacial (SM) en los enlaces ascendente y descendente;
- conmutación MIMO adaptativa entre la multiplexación espacial y la codificación de bloques en espacio y tiempo para maximizar la eficiencia espectral sin reducir la zona de cobertura;
- multiplexación espacial colaborativa UL (en el enlace ascendente) para dispositivos con una única antena transmisora;
- formación de haz avanzada y generación de nulos.

Tanto en el enlace ascendente como en el descendente se soportan órdenes de modulación MDP-4, MAQ-16 y MAQ-64. Los esquemas de codificación avanzados, incluyendo codificación convolucional, CTC, BTC y LDPC, junto la técnica de combinación de paquetes («*chase combining*») con ARQ híbrida de redundancia incremental y combinada, y mecanismos de modulación y codificación adaptativas, permiten a esta tecnología ofrecer enlaces aéreos robustos de altas prestaciones.

Soporte de movilidad

La norma soporta traspaso definitivo optimizado, iniciado por estación de base y por estación móvil para un uso eficiente de la anchura de banda con un retardo reducido para lograr un retardo de traspaso inferior a 50 ms. La norma también soporta la conmutación rápida en la estación de base (FBSS) y el traspaso de diversidad Marco (MDHO) como opciones para reducir aún más el retardo por traspaso.

Se soportan diversos modelos de ahorro de energía, incluidos múltiples tipos de clases de ahorro de energía en modo espera y en modo reposo.

Oferta de servicios y clases de servicios

Se dispone de un conjunto de opciones de QoS tales como concesión de servicio no solicitada (UGS, *unsolicited grant service*), velocidad variable en condiciones de tiempo real, velocidad variable en condiciones distintas a tiempo real, sin garantías (*best effort*) y velocidad variable en condiciones de tiempo real ampliadas y optimizada con supresión de silencios (principalmente para VoIP) para permitir niveles de servicio garantizados incluida velocidad de información máxima y comprometida, velocidad mínima reservada, velocidad máxima sostenida, tolerancia máxima al retardo, tolerancia a la fluctuación de fase y prioridad de tráfico para diversos tipos de aplicaciones de internet y de tiempo real tales como VoIP.

La asignación variable de subtramas en los enlaces ascendente y descendente permite un tráfico de datos asimétrico por definición.

La utilización de múltiples modos de asignación de subportadoras AMDFO diversificadas y adyacentes permite establecer mediante esta tecnología un equilibrio entre movilidad y capacidad en la red y entre usuarios. El AMDFO con permutación de subportadoras adyacentes permite asignar un subconjunto de subportadoras a usuarios móviles en función de la intensidad relativa de la señal.

Los esquemas de señalización de subcanalización y basados en MAP, proporcionan un mecanismo para la programación óptima de los recursos de espacio, frecuencia y tiempo para controlar y al mismo tiempo asignar datos (multidifusión, difusión y unidifusión) a través de la interfaz aérea para cada trama.

Escalabilidad

La norma IEEE 802.16 está definida para tener en consideración diferentes anchuras de banda de canal entre 1,25 y 28 MHz y cumplir así diversos requisitos en todo el mundo.

La capa física escalable basada en el concepto de AMDFO escalable permite a esta tecnología optimizar las características en un entorno móvil con desvanecimiento multitrayecto, caracterizado por la dispersión de los valores de retardo debidos al ensanchamiento y al desplazamiento Doppler con una tara mínima en una amplia gama de anchuras de banda de canal. La escalabilidad se logra ajustando el tamaño del FFT a la anchura de banda del canal y fijando la separación entre las frecuencias de subportadoras.

Planificación de reutilización

La PHY AMDFO IEEE 802.16 soporta diversos modos de asignación de subportadoras y estructuras de trama tales como la subcanalización parcial (PUSC), la subcanalización total (FUSC) y la modulación y codificación avanzada (AMC). Estas opciones permiten a los proveedores de servicio realizar de forma flexible su planificación de reutilización de las redes inalámbricas para los casos de despliegue de uso eficiente del espectro, factor de utilización 1, de reutilización resistente a las interferencias, factor de reutilización 3, y reutilización fraccional óptima.

En el caso del factor de reutilización 1, aunque la capacidad del sistema puede normalmente mejorar, los usuarios en el borde de la celda pueden sufrir una baja calidad de conexión debido a las interferencias. Puesto que en AMDFO los usuarios utilizan subcanales que sólo ocupan una pequeña fracción de la anchura de banda del canal, el problema de las interferencias en el borde de la celda puede resolverse fácilmente mediante la reconfiguración del uso de los subcanales y el factor de reutilización en las tramas (de ahí la noción de reutilización fraccional) sin recurrir a la planificación tradicional de frecuencias. En esta configuración, se mantiene el factor de reutilización de frecuencias 1 para usuarios¹⁶ centrales que disponen de una conexión de enlace mejor para maximizar el uso eficiente del espectro, mientras que la reutilización de frecuencia fraccional se usa para usuarios en el borde¹⁷ para mejorar la calidad de su conexión y su capacidad.

La planificación de reutilización de subcanales puede optimizarse de forma adaptativa en sectores o celdas basándose en la carga de la red, la distribución de diversos tipos de usuario (estacionarios y móviles) y las condiciones de interferencia para cada trama. Todas las celdas/sectores pueden funcionar en el mismo canal de frecuencia RF y no se requiere la planificación de frecuencia convencional.

Subcapa de seguridad

IEEE 802.16 soporta la gestión de privacidad y de claves – PKMv1 RSA, HMAC, AES-CCM y PKMv2 – EAP, CMAC, AES-CTR, MBS.

Norma

La norma IEEE está disponible en formato electrónico en la dirección siguiente:

<http://standards.ieee.org/getieee802/download/802.16-2009.pdf>.

¹⁶ Usuarios que están ubicados cerca del centro de un sector, lejos de los sectores adyacentes.

¹⁷ Usuarios que están ubicados cerca del borde de un sector, cerca de los sectores adyacentes.

2.2 Normas ETSI

Las especificaciones incluidas en este punto contienen las últimas versiones disponibles de las normas BWA siguientes:

- ETSI TS 102 177 v1.3.2: Broadband Radio Access Networks (BRAN); HiperMAN; Physical (PHY) Layer.
- ETSI TS 102 178 v1.3.2: Broadband Radio Access Networks (BRAN); HiperMAN; Data Link Control (DLC) Layer.
- ETSI TS 102 210 v1.2.1: Broadband Radio Access Networks (BRAN); HiperMAN; system profiles.

Resumen: La norma HiperMAN abarca el interfuncionamiento entre sistemas BWA en frecuencias inferiores a 11 GHz que permiten mayores tamaños de celda cuando no hay visibilidad directa (NLoS). La norma facilita el soporte de DDF y DDT, alta eficiencia espectral y altas velocidades de datos, modulación adaptativa, grandes tamaños de celda, sistemas de antenas avanzados y algoritmos de cifrado de alta seguridad. Los perfiles existentes tienden a unas separaciones de canales de 1,75 MHz, 3,5 MHz y 7 MHz que son adecuadas para la banda de 3,5 GHz.

Las principales características de las normas HiperMAN, que están completamente armonizadas con IEEE 802.16, son:

- todas las mejoras de PHY relativas a los modos MDFO y AMDFO, incluido MIMO para el modo AMDFO;
- canalización flexible, incluido tamaños de FFT de 3,5 MHz, 7 MHz y 10 MHz (hasta 28 MHz);
- AMDFO escalable, incluidos tamaños de FFT de 512, 1 024 y 2 048 puntos, que se utilizan en función de la anchura del canal, de forma que la separación entre subportadoras se mantiene constante;
- AMDFO ascendente y descendente (subcanalización) para los modos MDFO y AMDFO;
- soporta las antenas adaptativas para los modos MDFO y AMDFO.

Normas: todas las normas ETSI están disponibles en formato electrónico en: <http://pda.etsi.org/pda/queryform.asp> especificando en la casilla de búsqueda el número de la norma.

Anexo 5

Normas de interfaz radioeléctrica ATIS WTSC para sistemas de acceso inalámbrico de banda ancha (BWA) en el servicio móvil

1 Acceso a Internet inalámbrico de banda ancha ATIS WTSC y otras normas

El Comité sobre sistemas y tecnologías inalámbricos (WTSC) de la *Alliance of Telecommunications Industry Solutions* (ATIS), una organización de normalización acreditada por la *American National Standards Institute* (ANSI), ha desarrollado una norma nacional americana, que se adhieren a los requisitos adoptados para los sistemas de acceso inalámbrico de banda ancha a Internet (WWINA). La norma de interfaz aérea WWINA permite servicios de abonado con portabilidad inalámbrica y con itinerancia nómada que complementan los mercados DSL y de módem de cable. Este sistema está optimizado para servicios de datos por paquetes de alta velocidad que funcionan en un canal separado optimizado para datos. Los requisitos WWINA especifican una interfaz aérea a Internet inalámbrica sin visibilidad directa (NLoS) para dispositivos multimedios de pantalla completa y altas prestaciones.

Esta interfaz aérea sirve para dispositivos portátiles de terminal de acceso (AT) con prestaciones mejoradas cuando se compara a otros sistemas orientados a dispositivos de usuarios de alta movilidad. En particular, la interfaz aérea WWINA optimiza los siguientes atributos de calidad:

- velocidades de datos del sistema;
- cobertura/alcance del sistema;
- capacidad de red;
- mínima complejidad de la red;
- gestión del grado de servicio y de la calidad del servicio.

2 Acceso múltiple por división espacial de alta capacidad (AMDE-AC) ATIS-0700004.2005

2.1 Visión general de la interfaz radioeléctrica

La norma de AMDE-AC especifica la interfaz radioeléctrica para un sistema de banda ancha móvil de amplia cobertura. El AMDE-AC utiliza DDT y tecnologías de antenas adaptativas (AA) junto con algoritmos de procesamiento espacial con antenas múltiples para generar un sistema de comunicaciones móvil eficiente desde el punto de vista del espectro que puede proporcionar un servicio de banda ancha móvil desplegado en una única banda de frecuencias tan pequeña como 5 MHz (no emparejada) en el espectro atribuido a los servicios móviles. Los sistemas AMDE-AC están diseñados para funcionar en frecuencias autorizadas por debajo de 3 GHz, que son las que mejor se adaptan a las aplicaciones móviles y las que ofrecen movilidad total y una amplia zona de cobertura. Puesto que se basa en tecnología DDT y no requiere bandas simétricas emparejadas separadas por un intervalo adecuado o una separación de duplexor, los sistemas basados en la norma AMDE-AC pueden fácilmente cambiar de frecuencia para su funcionamiento en diferentes bandas de frecuencias. La tecnología AMDE-AC consigue una velocidad de transmisión de canal de 20 Mbit/s en una banda autorizada de 5 MHz. Con un factor de reutilización de frecuencias $N = 1/2$, en un despliegue que utilice 10 MHz de espectro autorizado, se dispone en estas redes de una velocidad de transmisión de 40 Mbit/s en cada celda, lo que constituye una eficiencia espectral de 4 bit/s/Hz/celda.

2.2 Especificaciones detalladas de la interfaz radioeléctrica

La interfaz aérea AMDE-AC tiene una estructura DDT/AMDT cuyas características físicas y lógicas se han elegido para el transporte eficaz de datos IP de usuario y para conseguir el mayor beneficio posible del uso de antenas adaptativas. Los aspectos físicos del protocolo tienen por objetivo proporcionar datos de acondicionamiento espacial y entornos de interferencias de enlace ascendente y descendente correlacionadas para canales lógicos dispuestos para la transmisión y recepción directiva, tales como canales de tráfico. Por el contrario, los canales a los que no resulta aplicable el procesamiento directivo, tales como los canales de mensajería y de difusión, tienen cabidas útiles más pequeñas y obtienen un mayor grado de protección contra errores para equilibrar sus enlaces con los de los canales procesados de forma directiva. Los enlaces ascendente y descendente incorporan modulación y codificación de canales adaptativas, junto con el control de potencia, para proporcionar transmisiones fiables a través de una amplia gama de condiciones de enlace. La modulación, la codificación y el control de potencia están complementados con un ARQ rápido para proporcionar un enlace fiable. También se soporta un traspaso rápido entre celdas con tara reducida. La autenticación, autorización y privacidad para el enlace de acceso radioeléctrico se consigue mediante autenticación mutua de los terminales y de la red de acceso y mediante cifrado.

La interfaz aérea AMDE-AC tiene tres capas designadas como L1, L2 y L3.

El Cuadro 1 describe la funcionalidad de la interfaz aérea que corresponde a cada capa. Se describe brevemente la característica de cada capa; en apartados posteriores de este Anexo se describen con más detalle aspectos fundamentales.

CUADRO 1
Capas de la interfaz aérea

Capa	Propiedades definidas
L1	Estructuras de trama y de ráfaga, modulación y codificación de canal, avance de temporización
L2	Transmisión fiable, correspondencia de canales lógicos a físicos, cifrado en bloque
L3	Gestión de sesión, gestión de recursos, gestión de movilidad, fragmentación, control de potencia, adaptación de enlace, autenticación

El Cuadro 2 resume los elementos fundamentales de una interfaz aérea AMDE-AC.

CUADRO 2

Resumen de los elementos básicos de la interfaz aérea AMDE-AC

Cantidad	Valor
Método dúplex	DDT
Método de acceso múltiple	AMDF/AMDT/AMDE
Esquema de acceso	Sentido de colisión/evitación, programación centralizada
Separación de portadoras	625 kHz
Periodo de trama	5 ms
Asimetría de la velocidad de datos de usuario	3:1 asimetría de abajo a arriba de velocidades máximas
Intervalos de tiempo de enlace ascendente	3
Intervalos de tiempo de enlace descendente	3
Alcance	> 15 km
Velocidad de símbolos	500 kbaudio/s
Conformación del pulso	Raíz cuadrada del coseno alzado
Anchura de banda de canal en exceso	25%
Modulación y codificación	– selección de trama a trama independiente para constelación + codificación de enlace ascendente y de enlace descendente – constelación de 8 enlaces ascendentes + clases de codificación – constelación de 9 enlaces descendentes + clases de codificación – módulo constante y constelaciones rectangulares
Control de potencia	Bucle abierto y cerrado de trama a trama de enlace ascendente y de enlace descendente
ARQ rápido	Sí
Agregación de portadora e intervalo de tiempo	Sí
QoS	Especificación de política DiffServ (servicios diferenciados), soporta la limitación de velocidad, prioridad, participación, etc.
Seguridad	AT mutua y autenticación BSR, cifrado para privacidad
Traspaso	Dirigido a terminal de acceso
Asignación de recursos	Anchura de banda dinámica bajo demanda

Todas las normas referenciadas en este Anexo están disponibles en formato electrónico en: <https://www.atis.org/docstore/default.aspx>.

Anexo 6

«Plataforma Global eXtendida: XGP» para sistemas de acceso inalámbrico de banda ancha (BWA) en el servicio móvil

1 Visión general de la interfaz radioeléctrica

El XGP Forum, previamente conocido como grupo MoU PHS, que es una organización de normalización, ha desarrollado la «eXtended Global Platform: XGP» («Plataforma Global eXtendida: XGP») como uno de los sistemas de acceso inalámbrico de banda ancha (BWA). La «Plataforma Global eXtendida» también conocida como «PHS de próxima generación» logra una alta eficiencia en el uso del espectro principalmente porque utiliza microceldas cuyos radios son mucho menores que los de las celdas típicas de telefonía móvil y del sistema PHS original.

XGP es el sistema BWA móvil que utiliza AMDFO/SC-AMDF/AMDT-DDT, y algunas características más avanzadas que se describen a continuación:

- Realización de un entorno siempre conectado a nivel IP
Es fundamental la sesión siempre conectada a nivel IP que permita a los usuarios iniciar inmediatamente la transmisión a alta velocidad teniendo en cuenta la conveniencia del entorno siempre conectado proporcionado por los módem de cable, etc.
- Alta velocidad de datos de transmisión
También resulta importante mantener el caudal en cierta medida por razones prácticas, incluso en el caso de que se produzca una concentración grave de tráfico.
- Alta velocidad de datos de transmisión para el enlace ascendente
Cuando se considera la demanda futura de comunicaciones de banda ancha bidireccionales, tales como videoconferencia, se estima muy importante utilizar velocidades de datos de transmisión de enlace ascendente superiores a 10 Mbit/s.
- Alta eficiencia en el uso del espectro
Es necesaria una mayor eficiencia en el uso del espectro para evitar la interrupción de las aplicaciones de servicio por la falta de frecuencias debido a una grave congestión de tráfico concentrada en zonas empresariales o urbanas.

Además, logra un uso espectral muy eficiente al adoptar las últimas tecnologías tales como la de grupos de antenas, acceso múltiple por división en el espacio y control descentralizado. Estas tecnologías también contribuyen a hacer innecesaria la planificación de designación de celdas y, por lo tanto, se consiguen radios de celda inferiores a 100 m.

Los sistemas inalámbricos móviles requieren generalmente un alto nivel de exactitud de la posición de la instalación a fin de evitar interferencias con otras celdas. En el caso de redes basadas en macroceldas, un desplazamiento de la estación base de un edificio/posición a otro adyacente debido a una negociación infructuosa con el propietario del edificio sólo causa interferencias entre celdas que pueden calificarse como un error marginal.

Sin embargo, en el caso de redes basadas en microceldas, como tal desplazamiento no puede ignorarse como errores marginales, en algunos casos es necesario el reajuste de las celdas adyacentes.

Este problema se resuelve actualmente con el sistema XGP, que tiene una estructura resistente a la interferencia que no requiere una precisión estricta de la posición de las estaciones base, constituyendo una forma menos problemática de construcción de redes basadas en microceldas.

XGP es uno de los sistemas de acceso inalámbricos de banda ancha (BWA), pero que posee la característica diferenciadora de una utilización flexible en el caso de redes basadas en microceldas así como en el caso de macroceldas para resolver situaciones de congestión grave en zonas densamente pobladas.

El método de control descentralizado autónomo de XGP demuestra sus ventajas en la construcción de redes de microceldas. Su utilización también permite el despliegue de una red basada en picoceldas y femtoceldas sin que aparezcan problemas de interferencia. Además, puesto que hace innecesario un diseño estricto de las celdas para la construcción de una red de macroceldas, permite aplicar un método sencillo de operación y, con independencia de que se trate de microceldas o macroceldas, aplicar un método sencillo para la instalación en la red de estaciones base adicionales.

De la versión 2 de las especificaciones del XGP, además del modo original XGP, se ha añadido el Modo Global que se refiere a la especificación 3GPP (LTE TDD) para alcanzar la escala de méritos proporcionada por LTE. Por tanto, XGP pasó a ser sustancialmente compatible con LTE TDD y puede considerarse como parte de la comunidad LTE que comparte un ecosistema común.

La versión 2 de las especificaciones de XGP también incluye algunos requisitos específicos que cumplen con la regulación regional o local.

2 Especificación detallada de la interfaz radioeléctrica

La interfaz radioeléctrica de XGP permite dos métodos de acceso múltiple, a saber, AMDFO, SC-AMDF (controlado a lo largo del eje de frecuencias) y AMDT (controlado a lo largo del eje de tiempo). AMDFO es una técnica AMDF que divide un canal de comunicaciones en un pequeño número de bandas de frecuencia equiespaciadas cada una de las cuales incorpora una porción de la señal radioeléctrica en paralelo. A continuación estas subportadoras se transmiten simultáneamente hacia el receptor con diferentes frecuencias. AMDFO se ha convertido en un esquema popular para las comunicaciones digitales de banda ancha.

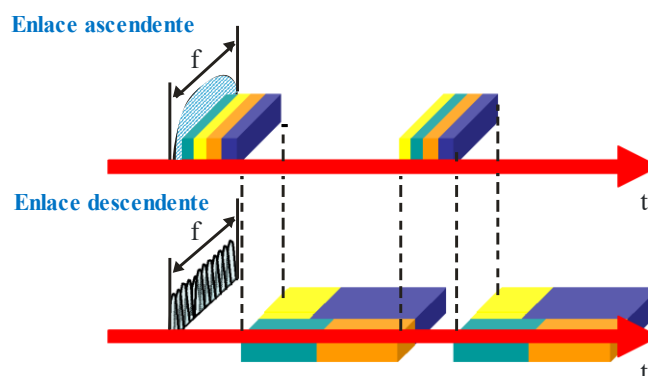
El método dúplex es DDT, que no es necesario para los canales de espectro emparejado y permite dedicar recursos a los enlaces ascendente y descendente de manera asimétrica, liberando capacidad para aplicaciones de gran cantidad de datos en los enlaces ascendente y descendente.

Las anchuras de banda del canal de funcionamiento soportadas por XGP son de 1,25 MHz; 2,5 MHz; 5 MHz; 10 MHz; 20 MHz; 22,5 MHz; 25 MHz y 30 MHz, y su esquema de modulación soporta MDP-2, MDP-4, MAQ-16, MAQ-64 y MAQ-256. La separación entre las frecuencias de las subportadoras es de 15 kHz y 37,5 kHz. La trama temporal tiene 4, 8, 10, 16 y 20 intervalos de 2,5 ms, 5 ms y 10 ms. Cada intervalo puede usarse por separado o de forma continua por un solo usuario y además de manera continua en una estructura de trama asimétrica.

En la Fig. 2 se muestra la imagen de la estructura de trama de XGP.

FIGURA 2

Imagen de la estructura de trama de XGP



M.1801-02

XGP consigue una utilización del espectro eficiente para algunas funciones tales como los sistemas de antenas adaptativas, AMDE y MIMO.

El sistema de antenas adaptativas es una técnica que construye un haz adaptativo de una EB/EM a una EM/EB combinando señales de las antenas respectivas. Este sistema hace uso de múltiples antenas y combina sus señales: 1) para formar de manera adaptativa un haz orientado hacia las direcciones deseadas para evitar la interferencia perjudicial procedente de fuentes interferentes; y 2) para enviar las ondas/señales radioeléctricas más adecuadas a un terminal específico utilizando el haz formado. En el sistema XGP que utiliza esquemas AMDFO SC-AMDF/AMDT-DTT, esta tecnología de antenas es adecuada y puede aplicarse de manera eficiente al transmisor y al receptor. Tiene la posibilidad de incrementar la eficiencia espectral del XGP y de hacer posible la cobertura de una zona más extensa a un menor coste.

Las especificaciones principales de la interfaz radioeléctrica se muestran en el Cuadro 3.

CUADRO 3

Especificaciones principales de XGP

Método de acceso múltiple	AMDFO/AMDT
Método dúplex	TDD
Anchura de banda del canal de funcionamiento	1,25 MHz, 2,5 MHz, 5 MHz, 10 MHz, 20 MHz, 22,5 MHz, 25 MHz, 30 MHz
Separación entre frecuencias de subportadoras	15 kHz, 37,5 kHz
Duración de trama	2,5 ms, 5 ms, 10 ms
Número de intervalos	4, 8, 10, 16, 20 intervalos
Esquema de modulación	MDP-2, MDP-4, MAQ-16, MAQ-32, MAQ-64, MAQ-256
Tecnologías de uso eficiente del espectro	Conjunto de antenas adaptativas, AMDE, MIMO
Velocidad de transmisión de canal máxima/ 20 MHz (en caso de SISO, UL: DL=1:3)	Enlace ascendente: 15 Mbit/s Enlace descendente: 55 Mbit/s

Normas

Las especificaciones de la «Plataforma Global eXtendida» del XGP Forum están disponibles en formato electrónico en su sitio web:

«A-GN4.00-02-TS: eXtended Global Platform Specifications» <http://www.xgpforum.com>.

La ARIB (*Association of Radio Industries and Businesses*) también ha normalizado la «Plataforma Global eXtendida» para su uso por la industria japonesa.

La norma de ARIB de la «Plataforma Global eXtendida» también está disponible en la dirección web de la ARIB:

«ARIB STD-T95: OFDMA/TDMA TDD Broadband Access System ARIB STANDARD»
<http://www.arib.or.jp/english/index.html>.

La norma «ARIB STD-T95» incluye las especificaciones propias de la reglamentación japonesa así como las especificaciones originales del sistema.

Anexo 7

IEEE 802.20: Norma de la interfaz aérea para el acceso inalámbrico de banda ancha móvil para movilidad asociada a vehículos

La norma IEEE 802.20 está diseñada para proporcionar acceso inalámbrico de banda ancha basado en IP (Internet) en un entorno móvil. Incluye un modo de banda amplia y un modo multiportadora-625k (625k-MC). Ambos modos soportan DDT; el modo de banda amplia soporta DDF.

1 Aspectos relevantes del sistema

La norma 802.20 especifica requisitos que garantizan la compatibilidad entre un terminal de acceso y un nodo de acceso o una estación base que sean conformes con la misma, de conformidad con modos de la norma adecuadamente seleccionados.

La norma 802.20 tiene por objetivo permitir una estructura jerárquica fija de enlaces de conexión (tradicional del entorno celular) o una estructura más dinámica no jerárquica. La arquitectura de la especificación 802.20 se ha elaborado de forma que proporcione un marco de retrocompatibilidad para ulteriores adiciones de servicio y de cara a la ampliación de las capacidades del sistema sin que ello suponga pérdida de retrocompatibilidad ni de soporte de la tecnología preexistente.

El modo de banda amplia se basa en técnicas AMDFO y está diseñado para funcionar con DDF y DDT con anchuras de banda desde 5 MHz a 20 MHz. En el caso de sistemas con más de 20 MHz disponibles, el modo de banda amplia define un modo multiportadora que puede acomodar anchuras de banda superiores.

El modo 625k-MC es una interfaz aérea DDT desarrollada para extraer el máximo beneficio del procesamiento de señal adaptativo con múltiples antenas. Permite el acceso inalámbrico de banda ancha mediante múltiples portadoras de radiofrecuencia con una separación entre portadoras de 625 kHz que típicamente se despliegan en bloques de canales de 5 MHz y mayores. El modo 625k-MC soporta la agregación de múltiples portadores de radiofrecuencia DDT para aumentar las velocidades máximas de datos disponibles por usuario.

1.1 Modo de banda amplia – características de la capa física

El modo de banda amplia de la norma 802.20 proporciona una capa física basada en AMDFO para los enlaces directo e inverso. Se soportan despliegues DDF y DDT, y la capa física (PHY) utiliza una forma de onda de banda de base similar para ambos, reduciendo por tanto el número de tecnologías

que los suministradores deben implementar. La especificación ofrece esquemas de modulación de hasta MAQ-64 con HARQ síncrono para los enlaces directo e inverso que mejoran los caudales en entornos dinámicos. Para hacer frente a distintos entornos, los esquemas de codificación soportados incluyen códigos convolucionales, turbocódigos y un esquema LDPC opcional que ofrece unas prestaciones comparables o mejores que los turbocódigos en todas las terminaciones HARQ.

Aunque la capa física del enlace inverso está basada en AMDFO, parte de la señalización desde el terminal de acceso hasta el nodo de acceso se cursa sobre un segmento de control AMDC integrado en determinadas subportadoras de la forma de onda MDFO. Esta característica singular permite que la señalización entre terminal y nodo de acceso sea robusta y continua, pudiéndose utilizar técnicas de traspaso flexible y otras técnicas desarrolladas para la transmisión celular AMDC. El resultado es una mayor robustez de la señalización en el enlace inverso y la continuidad del canal de señalización incluso durante las transiciones como las que se producen en el acceso y en el traspaso. Dado que el segmento AMDC «salta» por todo el canal de banda ancha, el nodo de acceso puede realizar fácilmente medidas de banda ancha para mejorar la interferencia y la gestión de los recursos.

1.2 Modo de banda amplia – técnicas de antenas múltiples

Desde un punto de vista del sistema, la tecnología 802.20 especifica diversas técnicas de antenas múltiples que pueden utilizarse en el enlace de ida. Pueden soportarse simultáneamente usuarios SISO y MIMO, optimizándose la experiencia de usuario de forma que ésta sea la mejor posible en las condiciones del canal. Para usuarios que se encuentren cerca del punto de acceso, MIMO permite velocidades de datos muy elevadas. La conformación de haces aumenta la velocidad de datos del usuario al concentrar la potencia de transmisión en la dirección del usuario y permitir una SINR de recepción más elevada en el terminal. El AMDE aumenta la capacidad de un sector al permitir la transmisión simultánea hacia usuarios separados espacialmente utilizando los mismos conjuntos de subportadoras. Por tanto, la conformación de haces combinada con MIMO y AMDE proporciona velocidades de datos de usuario superiores en zonas con SINR alta y con SINR baja.

1.3 Modo 625k-MC – características de la interfaz aérea

El proyecto de especificación del Modo 625k-MC de IEEE 802.20 es una mejora de las especificaciones básicas incluidas en la norma de la interfaz radioeléctrica de acceso múltiple por división espacial de alta capacidad (AMDE-AC) (ATIS.0700004.2005) y es plenamente retrocompatible con los sistemas desplegados comercialmente basados en las especificaciones AMDE-AC.

El Modo 625k-MC, con un diseño singular basado en múltiples antenas con procesamiento espacial y AMDE, permite la transferencia de tráfico IP, incluyendo datos IP de alta velocidad en base a un modelo de referencia estratificado como se muestra en la Fig. 2. Las capas física (PHY) y del enlace de datos (MAC y LLC) se ajustan de forma óptima para obtener el máximo beneficio de las tecnologías de procesamiento espacial: procesamiento de antena adaptativa y AMDE, eficiencia y capacidad espectral mejorada y una cobertura mayor, con un funcionamiento económico incluso cuando el espectro disponible sea tan pequeño como 625 kHz. En segundo lugar, las capas física y del enlace de datos soportan velocidades de datos y caudales superiores mediante la agregación de múltiples portadoras de 625 kHz, de lo que se deriva el nombre de «modo 625k-MC» (MC, *multi-carrier*).

[https://sbwsweb.ieee.org/ecustomer/me_enu/start.swe?SWECmd=GotoView&SWEView=Catalog+View+\(eSales\)_Standards_IEEE&mem_type=Customer&SWEHo=sbwsweb.ieee.org&SWETS=192713657](https://sbwsweb.ieee.org/ecustomer/me_enu/start.swe?SWECmd=GotoView&SWEView=Catalog+View+(eSales)_Standards_IEEE&mem_type=Customer&SWEHo=sbwsweb.ieee.org&SWETS=192713657).

Anexo 8

Interfaz aérea de la norma del sistema de acceso inalámbrico de banda ancha AMDC síncrono

1 Visión general de la interfaz radioeléctrica

La interfaz radioeléctrica normalizada define la capa física DDT/AMDFO de espectro ensanchado mediante código (CS-AMDFO) y la capa de control de acceso al medio (MAC)/control del enlace de datos (DLC). En el contexto de los datos basados en paquetes, los sistemas de banda ancha móviles contruidos de conformidad con la interfaz radioeléctrica normalizada soportan una amplia gama de aplicaciones, incluidos servicios de datos sin garantías (*best-effort*) datos multimedia con características de tiempo real (*real-time*), o voz y datos simultáneos.

La interfaz radioeléctrica se ha optimizado para servicios de voz altamente eficientes, servicios de voz y datos con movilidad total y para una elevada eficiencia en despliegues de frecuencia única. La interfaz radioeléctrica incluye técnicas basadas en antenas múltiples, tales como conformación de haces, gestión de nulos y diversidad de transmisión a fin de conseguir una mejor cobertura, prestaciones en movilidad y mitigación de la interferencia para despliegues con una factor de reutilización de frecuencias de $N = 1$.

La interfaz radioeléctrica admite una anchura de banda del canal en múltiplos de 1 MHz hasta 5 MHz. La subcanalización y el ensanchamiento de espectro por código, especialmente dentro de cada anchura de banda de 1 MHz, proporciona diversidad en frecuencia y capacidad de observación de la interferencia para la asignación de recursos radioeléctricos con una granularidad de anchura de banda de 8 kbit/s. La canalización también permite la asignación dinámica de canales de forma coordinada entre celdas para evitar la interferencia mutua de forma eficiente. Un sistema que utilice una anchura de banda de 5 MHz soporta una concurrencia de 120 usuarios. Por tanto, la subcanalización y la asignación de potencia para múltiples usuarios se realizan en base a las condiciones de propagación y los niveles de interferencia de los enlaces.

La interfaz radioeléctrica soporta las modulaciones MDP-4, MDP-8, MAQ-16 y MAQ-64 en los enlaces ascendente y descendente, consiguiendo una eficiencia espectral de 3 bit/s/Hz para una configuración de antena única en transmisión y en recepción. El sistema utiliza DDT para separar la transmisión ascendente y descendente. La relación entre el caudal ascendente y descendente puede ajustarse de forma flexible cambiando el punto de conmutación de los enlaces ascendente y descendente.

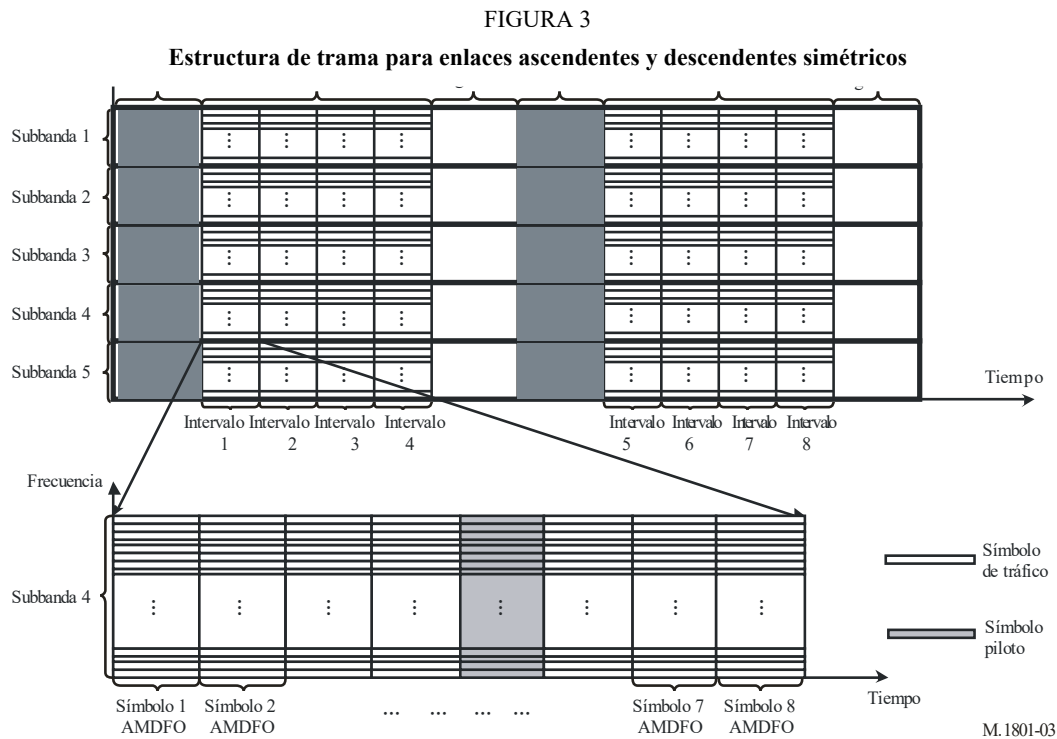
La capa MAC/LDC realiza el control de acceso del usuario, la gestión de sesión y la recuperación de errores ARQ. También realiza las asignaciones de anchura de banda, las atribuciones de canales y la gestión y planificación de paquetes para comunicaciones de varios usuarios, de acuerdo con las solicitudes de anchura de banda, prioridades de los usuarios, requisitos de QoS/GoS y condiciones del canal.

2 Aspectos generales de la interfaz radioeléctrica

2.1 AMDFO-CS y estructura de trama

La norma de la interfaz radioeléctrica utiliza AMDFO-CS (acceso múltiple por división de frecuencia ortogonal con ensanchamiento por código) como técnica fundamental de transmisión de la señal y de acceso múltiple. La técnica AMDFO-CS está basada en AMDFO y, al igual que ésta, a cada usuario se le asigna un conjunto dedicado de componentes tiempo-frecuencia de la rejilla de referencia de

forma que no se produzca interferencia de acceso múltiple ni interferencia multitrayecto. Sin embargo, a diferencia de AMDFO en que cada símbolo de código corresponde a un componente tiempo-frecuencia de la rejilla, se genera un vector de señal AMDFO-CS mediante la precodificación de un vector de símbolos codificados. Se establece entonces una correspondencia entre el vector de la señal AMDFO-CS resultante y múltiples componentes tiempo-frecuencia distribuidos en el tiempo y la frecuencia. De esta forma, las señales se transmiten con una diversidad inherente de tiempo y frecuencia. La representación de la estructura de trama de la Fig. 3 ilustra el uso de AMDFO-CS y acceso múltiple.



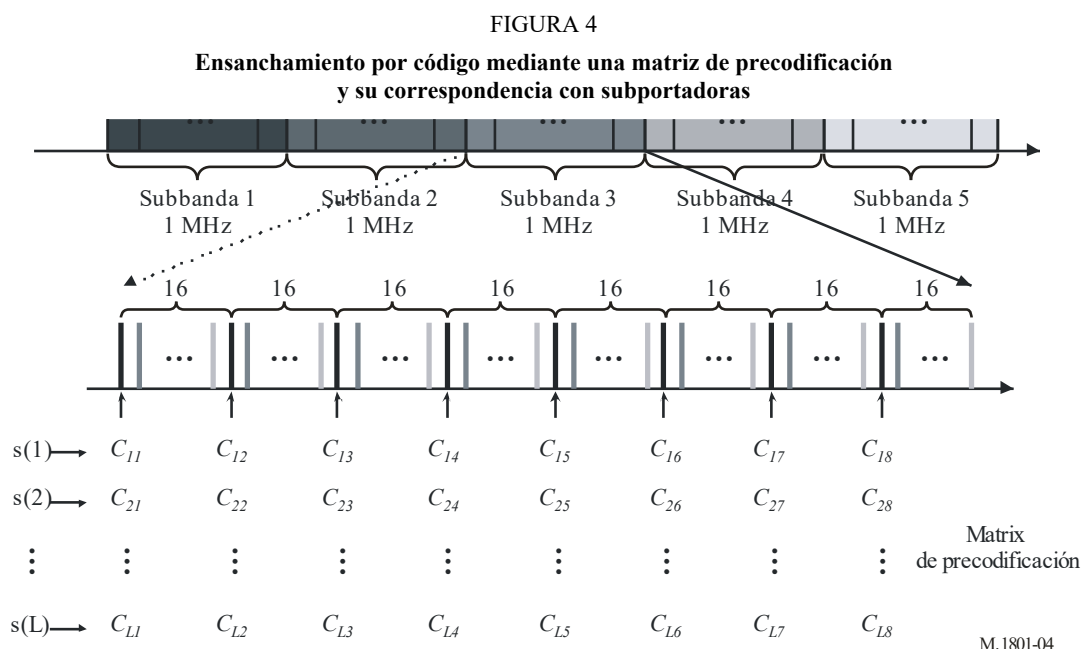
En la Fig. 3 la banda de 5 MHz se divide en cinco subbandas de 1 MHz cada una. Cada subbanda consta de 128 subportadoras que se dividen en 16 subcanales y cada subcanal incluye ocho subportadoras distribuidas. La trama DDT del AMDFO-CS tiene una duración de 10 ms y consta de un intervalo preámbulo, un intervalo sobre el alcance, ocho intervalos de tráfico y dos intervalos de guarda. La relación entre intervalos dedicados al enlace ascendente y descendente es configurable. Cada intervalo incluye 8/10 símbolos AMDFO consecutivos. Los parámetros básicos de la señal AMDFO se enumeran en el Cuadro 4.

CUADRO 4

Parámetros básicos de la señal AMDFO-CS

Parámetro	Valor
Tamaño de FFT	1 024
Separación entre subportadoras	7,8125 kHz
Duración de los símbolos AMDFO-CS	137,5 μ s
Duración del prefijo cíclico	9,5 μ s
Anchura de banda ocupada por la BS	5 MHz
Número de subportadoras de guarda	32

Todas las subportadoras dentro de una subbanda y un intervalo forman un bloque de recursos que contiene 128 subportadoras mediante ocho símbolos AMDFO. El ensanchamiento por código se realiza sobre ocho subportadoras seleccionadas de cada bloque de recursos, estando las ocho subportadoras distribuidas uniformemente a lo largo de la subbanda de 1 MHz. Se genera un vector de señal AMDFO-CS de tamaño 8×1 mediante la multiplicación de un vector de símbolos codificados de $L \times 1$ por una matriz de precodificación de tamaño $8 \times L$. Las señales resultantes se hacen corresponder entonces con las ocho subportadoras. L es el factor de carga del ensanchamiento por código y es una variable que toma un valor entero menor de 8. La Fig. 4 ilustra este esquema.



2.2 Características esenciales de la norma de la interfaz radioeléctrica

La norma de la interfaz radioeléctrica proporciona un marco optimizado para la integración de técnicas de gestión de capas PHY/MAC/DLC tales como antenas múltiples avanzadas, factor de carga y modulación adaptativos, atribución dinámica de canales, traspaso antes de interrupción del servicio y control de QoS/GoS. El sistema móvil de banda ancha basado en la norma de la interfaz radioeléctrica ofrece flexibilidad en el despliegue para satisfacer diversos requisitos de cobertura, capacidad y servicio.

2.2.1 Técnica de antenas múltiples

La estructura de trama DDT/AMDFO-CS permite la aplicación de diversas técnicas de antenas múltiples. La conformación de haces del enlace ascendente y descendente mejora de forma significativa la calidad del enlace y la cobertura, al tiempo que reduce la interferencia entre celdas. La técnica de generación de nulos espaciales permite que el sistema trabaje en condiciones de intensa interferencia. La transmisión de una señal basada en la conformación de haces múltiples mejora la robustez de la comunicación en el enlace descendente.

2.2.2 DDT

La estructura de trama DDT/AMDFO-CS permite relaciones de caudal flexibles entre el enlace ascendente y descendente de 1:7, 2:6, 3:5, 4:4, 5:3, 6:2 y 7:1. DDT permite utilizar el espectro no apareado para servicios de acceso de banda ancha. La norma de la interfaz radioeléctrica es inmune a la interferencia entre estaciones base debido a la distancia entre ellas y al mismo tiempo ofrece una cobertura entre estación base y terminal superior a 80 km.

2.2.3 Factor de carga y modulación adaptativos

La interfaz radioeléctrica soporta los esquemas de modulación siguientes para los enlaces ascendente y descendente: MDP-4, MDP-8, MAQ-16 y MAQ-64. La corrección de errores en recepción (FEC) utiliza una codificación Reed-Solomon acortada (31, 29) con una relación de código fija 96/106. El control de velocidad de cada canal se realiza ajustando conjuntamente el orden de la modulación y el factor de carga del ensanchamiento por código, de acuerdo con la pérdida del trayecto, condiciones del canal, anchura de banda requerida y grado de servicio (GoS) del usuario para que la eficiencia espectral sea óptima en todo el sistema.

2.2.4 Atribución dinámica de canales

La interfaz radioeléctrica ha incorporado un mecanismo inteligente de detección y evitación de interferencia. La estación base asigna canales a cada terminal en función de la distribución de la interferencia real observada por todos los terminales en los sentidos ascendente y descendente. De esta forma, cada terminal puede establecer una comunicación en todo momento utilizando los subcanales que presentan el menor nivel de interferencia. Esta técnica, combinada con la generación adaptativa de nulos permite el despliegue con un factor de reutilización de frecuencias igual a uno.

2.2.5 QoS/GoS

La interfaz radioeléctrica proporciona un mecanismo de control de la QoS/GoS que permite satisfacer los requisitos de calidad de diversas clases de servicio. Dicho mecanismo utiliza la adaptación del enlace en función de la QoS, la gestión o programación (*scheduling*) de paquetes y la gestión de la anchura de banda en función del GoS. La interfaz radioeléctrica define ocho niveles de QoS y ocho niveles de GoS.

2.2.6 Movilidad

La estructura de trama DDT/AMDFO-CS permite la asignación dinámica de señales piloto en función de las características de movilidad del terminal. Se asignan más señales pilotos a los subcanales atribuidos a terminales de elevada movilidad para permitir el seguimiento de canales con variaciones rápidas. La interfaz radioeléctrica soporta el traspaso sin corte permitiendo que el terminal se comunique simultáneamente con la estación base a la que está conectado y con la estación base objetivo como forma de verificar la fiabilidad de la conexión antes de la eventual conmutación a la estación base objetivo.

Referencias

Los requisitos técnicos de la interfaz aérea del sistema de acceso inalámbrico de banda ancha AMDCE (YD/T 1956-2009) pueden encontrarse en:

<http://www.ccsa.org.cn/worknews/content.php3?id=2393>.

Anexo 9

Características fundamentales de las normas

El Cuadro 5 proporciona un resumen de las características fundamentales de cada norma.

CUADRO 5

Parámetros técnicos fundamentales

Norma	Anchura de banda del canal RF nominal	Modulación/velocidad de codificación ⁽¹⁾ – en sentido ascendente – en sentido descendente	Soporte de codificación	Velocidad de transmisión de canal de pico por canal de 5 MHz (salvo cuando se indica)	Soporta formación de haz (sí/no)	Soporta MIMO (sí/no)	Método dúplex	Método de acceso múltiple	Duración de trama	Capacidad de movilidad (nómada/móvil)
IEEE 802.16 WirelessMAN / ETSI HiperMAN (Anexo 4)	Flexible desde 1,25 MHz hasta 28 MHz Anchuras de banda típicas: 3,5; 5; 7; 8,75; 10 y 20 MHz	Ascendente: – MDPQ-1/2, 3/4 – MAQ-16-1/2, 3/4 – MAQ-64-1/2, 2/3, 3/4, 5/6 Descendente: – MDP-4-1/2, 3/4 – MAQ-16-1/2, 3/4 – MAQ-64-1/2, 2/3, 3/4, 5/6	CC/CTC Otras opciones: BTC/LDPC	Hasta 17,5 Mbit/s con SISO Hasta 35 Mbit/s con (2 × 2) MIMO Hasta 70 Mbit/s con (4 × 4) MIMO	Sí	Sí	DDT/ DDF/ HFDD	AMDFO AMDT	5 ms Otras opciones: 2; 2,5; 4; 8; 10; 12,5 y 20 ms	Móvil
ATIS- 0700004.2005 acceso múltiple por división espacial de alta capacidad (AMDE-AC) (Anexo 5)	0,625 MHz	Ascendente: – MDP-2, MDP-4, MDP-8, MAQ-12, MAQ-16 3/4 Descendente: – MDP-2, MDP-4, MDP-8, MAQ-12, MAQ-16, MAQ-24 8/9	Código convolucional y de bloque	Ascendente: 2,866 Mbit/s × 8 subcanales × 4 canales espaciales = 91,7 Mbit/s Descendente: 2,5 Mbit/s × 8 subcanales × 4 canales espaciales = 80 Mbit/s	Sí	Sí	DDT	AMDT/ AMDF/ AMDE	5 ms	Móvil
Plataforma Global eXtendida: XGP (Anexo 6)	1,25 MHz 2,5 MHz 5 MHz 10 MHz 20 MHz	Ascendente y descendente: MDP-2 MDP-4 MAQ-16 MAQ-64 MAQ-256	Código convolucional Código Turbo (opcional)	Ascendente: 15 Mbit/s Descendente: 55 Mbit/s (en caso de 20 MHz SISO, UL:DL=1:3)	Sí (opción)	Sí (opción)	DDT	AMDFO, AMDF-SC AMDT	2,5 ms 5 ms 10 ms	Móvil

CUADRO 5 (continuación)

Norma	Anchura de banda del canal RF nominal	Modulación/velocidad de codificación ⁽¹⁾ – en sentido ascendente – en sentido descendente	Soporte de codificación	Velocidad de transmisión de canal de pico por canal de 5 MHz (salvo cuando se indica)	Soporta formación de haz (sí/no)	Soporta MIMO (sí/no)	Método dúplex	Método de acceso múltiple	Duración de trama	Capacidad de movilidad (nómada/móvil)
IEEE 802.11-2012 subcláusula 17, (anteriormente 802.11b) (Anexo 1)	22 MHz	Ascendente y descendente: MDPD-4 CCK MDP-2 PBCC – 1/2 MDP-4 PBCC – 1/2	Sin codificar/CC	2,5 Mbit/s	No	No	DDT	CSMA/CA	Duración de trama variable	Nómada
IEEE 802.11-2012 subcláusula 18 (anteriormente 802.11a, 802.11j y 802.11y) (Anexo 1)	5 MHz 10 MHz 20 MHz	Ascendente y descendente: MAQ-64 MDFO – 2/3, 3/4 MAQ-16 MDFO – 1/2, 3/4 MDP-4 MDFO – 1/2, 3/4 MDP-2 MDFO – 1/2, 3/4	CC	13,5 Mbit/s	No	No	DDT	CSMA/CA	Duración de trama variable	Nómada
IEEE 802.11-2012 subcláusula 19, (anteriormente 802.11g) (Anexo 1)	20 MHz	Ascendente y descendente: MAQ-64 MDFO 2/3, 3/4 MAQ-16 MDFO – 1/2, 3/4 MDP-4 MDFO – 1/2, 3/4 MDP-2 MDFO – 1/2, 3/4 MDP-8 PBCC – 2/3 MAQ-64 DSSS-MDFO – 2/3, 3/4 MAQ-16 DSSS-MDFO – 1/2, 3/4 MDP-4 DSSS-MDFO – 1/2, 3/4 MDP-2 DSSS-MDFO – 1/2, 3/4	CC	13,5 Mbit/s	No	No	DDT	CSMA/CA	Duración de trama variable	Nómada
IEEE 802.11-2012 Modificada por IEEE 802.11n (subcláusula 20) (Anexo 1)	20 MHz 40 MHz	Ascendente y descendente: MAQ-64 MDF- 2/3, 3/4, 5/6 MAQ-16 MDFO – 1/2, 3/4 MDP-4 MDFO – 1/2, 3/4 MDP-2 MDFO – 1/2	CC y LDPC	75 Mbit/s	Sí	Sí	DDT	CSMA/CA	Duración de trama variable	Nómada

CUADRO 5 (continuación)

Norma	Anchura de banda del canal RF nominal	Modulación/velocidad de codificación ⁽¹⁾ – en sentido ascendente – en sentido descendente	Soporte de codificación	Velocidad de transmisión de canal de pico por canal de 5 MHz (salvo cuando se indica)	Soporta formación de haz (sí/no)	Soporta MIMO (sí/no)	Método dúplex	Método de acceso múltiple	Duración de trama	Capacidad de movilidad (nómada/móvil)
ETSI BRAN HiperLAN 2 (Anexo 1)	20 MHz	Ascendente y descendente MAQ-64-MDFO MAQ-16-MDFO MDP-4-MDFO MDP-2-MDFO	CC	6, 9, 12, 18, 27, 36 y 54 Mbit/s en canales de 20 MHz (sólo se soportan canales de 20 MHz)	No	No	DDT	AMDT	2 ms	Nómada
ARIB HiSWANa (Anexo 1)	4 × 20 MHz (5,15-5,25 GHz) 4 × 20 MHz (4,9-5,0 GHz)	– MDP-2 1/2 – MDP-2 3/4 – MDP-4 1/2 – MDP-4 3/4 – MAQ-16 9/16 – MAQ-16 3/4 – MAQ-64 3/4	Convolucional	6-54 Mbit/s en 20 MHz	No	No	DDT	AMDT	2 ms	Nómada
IMT-2000 AMDC Ensanchamiento directo (Anexo 2)	5 MHz (E-UTRAN) flexible 1,4 MHz, 3 MHz, 5 MHz, 10 MHz, 15 MHz, 20 MHz agregación de portadora hasta 100 MHz	Ascendente: MDP-4 MAQ-16 Descendente: MDP-4 MAQ-16 MAQ-64 (E-UTRAN) MDP-4, MAQ-16, MAQ-64 Velocidad de codificación plenamente variable con ARQ híbrida y redundancia incremental	Turbo convolucional Código turbo para datos: códigos convolucional y de bloques para algunos canales de control	Ascendente: 11,5 Mbit/s Descendente: 42 Mbit/s (E-UTRAN) Ascendente: 300 Mbit/s / 20 MHz ⁽³⁾ Descendente: 600 Mbit/s / 20 MHz ⁽³⁾ Ascendente: 1,5 Gbit/s en 100 MHz ⁽⁴⁾ agregados Descendente: 3 Gbit/s en 100 MHz ⁽⁴⁾ agregados	Sí	Sí	DDF HD-DDF	AMDC (E-UTRAN) MDFO en el enlace descendente AMDF-SC-FDMA en el enlace ascendente	2 ms y 10 ms (E-UTRAN) 10 ms Duración de subtrama 1 ms	Móvil

CUADRO 5 (continuación)

Norma	Anchura de banda del canal RF nominal	Modulación/velocidad de codificación ⁽¹⁾ – en sentido ascendente – en sentido descendente	Soporte de codificación	Velocidad de transmisión de canal de pico por canal de 5 MHz (salvo cuando se indica)	Soporta formación de haz (sí/no)	Soporta MIMO (sí/no)	Método dúplex	Método de acceso múltiple	Duración de trama	Capacidad de movilidad (nómada/móvil)
IMT-2000 CDMA Multiportadora (Anexo 2)	1,25 MHz y 3,75 MHz (cdma2000) 1,25-20 MHz (cdma2000 HRPD) granularidad en 1,25-20 MHz; 153,6 kHz (UMB)	Ascendente: MDP-2, MDP-4, MDP-8 Descendente: MDP-4, MDP-8, MAQ-16, (cdma2000) MDP-4, MDP-8, MAQ-16, MAQ-64 (cdma2000 HRPD) MDP-4, MDP-8, MAQ-16, MAQ-64 (UMB)	Convolucional/turbo (cdma2000 y cdma2000 HRPD) Convolucional/turbo/LDPC (opcional) (UMB)	Ascendente: 1,8 Mbit/s por canal de 1,25 MHz Descendente 3,1 Mbit/s Por 1,25 MHz (cdma2000) Ascendente: 4,3 Mbit/s por canal de 1,25 MHz Descendente: 18,7 Mbit/s por canal de 1,25 MHz (cdma2000 HRPD) Ascendente: 75 Mbit/s por 20 MHz Descendente: 228 Mbit/s por 20 MHz (UMB)	No (cdma2000) Sí (cdma2000 HRPD-UMB)	No (cdma2000) Sí (cdma2000 HRPD-UMB)	DDF (cdma2000 y cdma2000 HRPD) DDF/DDT (UMB)	AMDC (cdma2000) y AMDC MDFO Y MDFOA (cdma2000 HRPD) AMDC y AMDFO (UMB)	Descendente: 1,25; 1,67; 2,5; 5; 10; 20; 40; 80 ms Ascendente: 6,66; 10; 20; 26,67; 40; 80 ms (cdma2000) Descendente: 1,67; 3,33; 6,66; 13,33; 26,67 Ascendente: 1,67; 6,66; 13,33; 20; 26,67 (cdma2000 HRPD) Descendente: 0,911 ms Ascendente: 0,911 ms (UMB)	Móvil

CUADRO 5 (continuación)

Norma	Anchura de banda del canal RF nominal	Modulación/velocidad de codificación ⁽¹⁾ – en sentido ascendente – en sentido descendente	Soporte de codificación	Velocidad de transmisión de canal de pico por canal de 5 MHz (salvo cuando se indica)	Soporta formación de haz (sí/no)	Soporta MIMO (sí/no)	Método dúplex	Método de acceso múltiple	Duración de trama	Capacidad de movilidad (nómada/móvil)
IMT-2000 DDT AMDC (Anexo 2)	1,28 Mchip/s DDT opción: Menor que 1,6 MHz 3,84 Mchip/s DDT opción: Menor que 5 MHz 7,68 Mchip/s DDT opción: Menor que 10 MHz (E-UTRAN) flexible 1,4 MHz, 3 MHz, 5 MHz, 10 MHz, 15 MHz y 20 MHz; agregación de portadora hasta 100 MHz	1,28 Mchip/s DDT opción: Ascendente: MDP-8, MDP-4, MAQ-16, Descendente: MDP-8, MAQ-16, MDP-4 3,84 Mchip/s DDT opción: Ascendente: MAQ-16, MDP-4 Descendente: MAQ-16, MDP-4 7,68 Mchip/s DDT opción: Ascendente: MAQ-16, MDP-4 Descendente: MAQ-16, MDP-4 (E-UTRAN) MDP-4, MAQ-16, MAQ-64 Velocidad de codificación plenamente variable en ARQ híbrida y redundancia incremental	Convolucional turbo (E-UTRAN) Código turbo para datos: códigos convolucional y de bloques para algunos canales de control	1,28 Mchip/s TDD opción: Ascendente: 2,2 Mbit/s/ 1,6 MHz ⁽²⁾ Descendente: 2,8 Mbit/s/ 1,6 MHz ⁽²⁾ 3,84 Mchip/s DDT opción: Ascendente: 9,2 Mbit/s Descendente: 10,2 Mbit/s 7,68 Mchip/s opción TDD: Ascendente: 17,7 Mbit/s/ 10 MHz Descendente: 20,4 Mbit/s/ 10 MHz (E-UTRAN) Ascendente: 300 Mbit/s/ 20 MHz ⁽³⁾ Descendente: 600 Mbit/s/ 20 MHz ⁽³⁾ Ascendente: 1,5 Gbit/s en 100 MHz ⁽⁴⁾ agregados Descendente: 3 Gbit/s en 100 MHz ⁽⁴⁾ agregados	Sí	No (E-UTRAN) Sí	TDD	AMDT/ AMDC (E-UTRAN) MDFO en el enlace descendente AMDF-SC en el enlace ascendente	1,28 Mchip/s DDT opción: 10 ms Duración de la subtrama: 5 ms 3,84 Mchip/s DDT opción: 10 ms 7,68 Mchip/s DDT opción: 10 ms (E-UTRAN) 10 ms Duración de la subtrama: 1 ms	Móvil

CUADRO 5 (continuación)

Norma	Anchura de banda del canal RF nominal	Modulación/velocidad de codificación ⁽¹⁾ – en sentido ascendente – en sentido descendente	Soporte de codificación	Velocidad de transmisión de canal de pico por canal de 5 MHz (salvo cuando se indica)	Soporta formación de haz (sí/no)	Soporta MIMO (sí/no)	Método dúplex	Método de acceso múltiple	Duración de trama	Capacidad de movilidad (nómada/móvil)
IMT-2000 AMDT – Portadora única (Anexo 2)	2 × 200 kHz 2 × Dual 200 kHz 2 × 1,6 MHz	Ascendente: – GMSK – MDP-8 – MDP-4, – MAQ-16 – MAQ-32 – B-MAQO – Q-MAQO 0,329 – 1/1 Descendente: – GMSK – MDP-8 – MDP-4, – MAQ-16, – MAQ-32 – B-MAQO – Q-MAQO 0,329 – 1/1	Código convolu- cional perforado Código turbo	Ascendente: 16,25 Mbit/s 20,312 Mbit/s 40,625 Mbit/s Descendente: 16,25 Mbit/s 20,312 Mbit/s 40,625 Mbit/s	No explícita aunque no excluida	No explícita aunque no excluida	DDF	AMDT	4,6 ms 4,615 ms	Móvil
IMT-2000 AMDF/AMDT (Anexo 2)	1,728 MHz	Ascendente y descendente: GFSK $\pi/2$ -MDPD-2 $\pi/4$ -MDPD-4 $\pi/8$ -MDPD-8 MAQ-16, MAQ- 64	En función del servicio: CRC, BCH, Reed-Solomon, turbo	20 Mbit/s	Parcial	Parcial	DDT	AMDT	10 ms	Móvil
IMT-2000 WMAN DDT AMDFO (Anexo 2)	5 MHz, 7 MHz, 8,75 MHz, 10 MHz	Ascendente: – MDP-4-1/2, 3/4 – MAQ-16-1/2, 3/4 – MAQ-64-1/2, 2/3, 3/4, 5/6 Descendente: – MDP-4 -1/2, 3/4 – MAQ-16 -1/2, 3/4 – MAQ-64 -1/2, 2/3, 3/4, 5/6	CC/CTC Otras opciones: BTC/ LDPC	Hasta 17,5 Mbit/s con SISO Hasta 35 Mbit/s con (2 × 2) MIMO Hasta 70 Mbit/s con (4 × 4) MIMO	Sí	Sí	DDT DDF	AMDFO	5 ms	Móvil

CUADRO 5 (continuación)

Norma	Anchura de banda del canal RF nominal	Modulación/velocidad de codificación(1) – en sentido ascendente – en sentido descendente	Soporte de codificación	Velocidad de transmisión de canal de pico por canal de 5 MHz (salvo cuando se indica)	Soporta formación de haz (sí/no)	Soporta MIMO (sí/no)	Método dúplex	Método de acceso múltiple	Duración de trama	Capacidad de movilidad (nómada/móvil)
LTE-Avanzado (Anexo 3)	Flexible 1,4 MHz, 3 MHz, 5 MHz, 10 MHz, 15 MHz, 20 MHz; agregación de portadora hasta 100 MHz	MDP-4, MAQ-16, MAQ-64. Velocidad de codificación plenamente variable con ARQ híbrida y redundancia incremental	Código turbo para datos: códigos convolucional y de bloques para algunos canales de control	Ascendente: 300 Mbit/s en 20 MHz ⁽³⁾ Descendente: 600 Mbit/s en 20 MHz ⁽³⁾ Ascendente: 1,5 Gbit/s en 100 MHz ⁽⁴⁾ agregados Descendente: 3 Gbit/s en 100 MHz ⁽⁴⁾ agregados	Sí	Sí	DDF DDT H-DDF	MDFO en el enlace descendente SC-AMDF en el enlace ascendente	10 ms duración de subtrama 1 ms	Móvil
IEEE 802.20 (Anexo 7)	Flexible desde 625 kHz, hasta 20 MHz	Modo banda ampliada: Ascendente: MDP-4, 8-PSK, MAQ-16, MAQ-64 Descendente: MDP-4, MDP-8, MAQ-16 MAQ-64 Modo 625 kHz: $\pi/2$ MDP-4, MDP-4, MDP-8, MAQ-12, MAQ-16, MAQ-24, MAQ-32, MAQ-64-	Convolucional, turbo, código LDPC, código de verificación de paridad, código de Hamming ampliado	Velocidades máximas de 288 Mbit/s en enlace descendente y 75 Mbit/s en enlace ascendente en 20 MHz	Sí: AMDE, y soporte de conformación de haz en enlaces directo e inverso	Sí: Soporta MIMO con palabra código única y múltiples palabras código	DDT DDF DDFH	AMDFO AMDT/AMDF/AMDE	Modo banda amplia: 0,911 ms Modo 625 kHz: 5 ms	Móvil

CUADRO 5 (*fin*)

Norma	Anchura de banda del canal RF nominal	Modulación/velocidad de codificación ⁽¹⁾ – en sentido ascendente – en sentido descendente	Soporte de codificación	Velocidad de transmisión de canal de pico por canal de 5 MHz (salvo cuando se indica)	Soporta formación de haz (sí/no)	Soporta MIMO (sí/no)	Método dúplex	Método de acceso múltiple	Duración de trama	Capacidad de movilidad (nómada/móvil)
YD/T 1956-2009 Interfaz aérea de la norma del sistema de acceso inalámbrico de banda ancha AMDC sincronizada (Anexo 7)	Múltiplos de 1 MHz hasta 5 MHz	QPSK, MDP-8, MAQ-16, MAQ-64	Reed-Solomon	15 Mbit/s en 5 MHz	Sí	Sí	DDT	AMDFO-CS	10 ms	Móvil

⁽¹⁾ Incluyendo todos los modos aplicables, o al menos el máximo y el mínimo.

⁽²⁾ En 5 MHz pueden desplegarse tres portadoras DDT de 1,28 Mchip/s.

⁽³⁾ E-UTRAN soporta el funcionamiento con anchura de banda escalable hasta 20 MHz en el enlace ascendente y descendente.

⁽⁴⁾ E-UTRAN soporta agregación de portadora con anchura de banda hasta 100 MHz.