



Características Técnicas de las Interfaces de TELEFONICA DE ESPAÑA, S.A.U.

Interfaz de Acceso para LMDS/WIMAX en la banda de 3,5 GHz



Interfaz de Acceso para LMDS/WIMAX en la banda de 3,5 GHz

ÍNDICE

1. DEFINICIONES DE TÉRMINOS Y ABREVIATURAS	5
1.1 ABREVIATURAS	5
2. OBJETO Y CAMPO DE APLICACIÓN	7
3. REFERENCIAS	8
4. CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE LA INTERFAZ.....	9
4.1 INTERFAZ DEL SISTEMA LMDS.....	9
4.1.1 INTERFAZ DEL SISTEMA LMDS DE 1MHz DE ANCHO DE BANDA DE CANAL.....	9
4.1.1.1 ARQUITECTURA AÉREA	9
4.1.1.2 BANDAS DE FRECUENCIA.....	9
4.1.1.3 CAPA FÍSICA AÉREA	10
4.1.1.4 PROCESAMIENTO DEL TRANSMISOR	11
4.1.1.5 PROCESAMIENTO DEL RECEPTOR	12
4.1.1.6 RECURSO DEL OFDMA.....	13
4.1.1.7 ALINEACIÓN DE TRAMAS TDMA	14
4.1.1.8 TRAMA TDMA	14
4.1.1.9 RECURSOS DE VOZ Y DE DATOS DE BANDA ANCHA.....	14
4.1.1.10 CANAL DEL TRÁFICO DESCENDENTE	15
4.1.1.11 CANAL DE TRÁFICO ASCENDENTE.....	15
4.1.1.12 TRÁFICO DE DATOS DE ALTA VELOCIDAD	16
4.1.1.13 DESCRIPCIONES DEL CANAL LÓGICO	17
4.1.1.14 CANAL PORTADOR DE VOZ	17
4.1.1.15 CANAL DE DATOS DE BANDA ANCHA.....	18
4.1.1.16 CANAL DE ACCESO DE LA RED.....	18
4.1.1.17 CANAL DE SINCRONIZACIÓN.....	18
4.1.1.18 DESCRIPCION DEL SERVICIO.....	19
4.1.1.19 SERVICIO DE DATOS DE BANDA ANCHA.....	19
4.1.1.19.1 Control de acceso al medio de datos.....	19
4.1.1.19.2 Capa de transporte de datos	20
4.1.1.19.3 Capa de aplicación de datos	20
4.1.1.20 FUNCIONALIDAD DE LA INTERFAZ AÉREA.....	21
4.1.1.21 GESTIÓN DE LA INTERFAZ AÉREA.....	21

Interfaz de Acceso para LMDS/WIMAX en la banda de 3,5 GHz

4.1.1.22	MODULACIÓN ADAPTABLE	22
4.1.1.23	ASIGNACIÓN DINÁMICA DE CANAL.....	22
4.1.1.24	CONTROL AUTOMÁTICO DE GANANCIA.....	23
4.1.1.25	CONTROL AUTOMÁTICO DE POTENCIA	23
4.1.1.26	CONTROL DE POTENCIA EN DATOS BANDA ANCHA	23
4.1.1.27	EFICIENCIA ESPECTRAL	23
4.1.1.28	PROCESAMIENTO DEL TRÁFICO DE ENLACES AÉREOS	24
4.1.1.29	TRÁFICO DE DATOS CONMUTADOS EN PAQUETES	24
4.1.1.30	RELACIÓN DE SOBRESUSCRIPCIÓN	24
4.1.1.31	LÍMITE DE VELOCIDADES Y CLASES DE GOS	25
4.1.2	INTERFAZ DEL SISTEMA LMDS DE 1,75 ó 3,5 MHz DE ANCHO DE BANDA DE CANAL.....	26
4.1.2.1	ARQUITECTURA AÉREA	26
4.1.2.2	BANDAS DE FRECUENCIA.....	26
4.1.2.3	CAPA FÍSICA AÉREA	27
4.1.2.4	RECURSO DEL OFDM	27
4.1.2.4.1	Control de Acceso al Medio	28
4.1.2.5	DESCRIPCIÓN DEL CANAL LÓGICO	30
4.1.2.5.1	Estructura de trama en sentido descendente	30
4.1.2.5.2	Estructura de trama en sentido ascendente	32
4.1.2.6	DESCRIPCIÓN DEL SERVICIO.....	33
4.1.2.7	FUNCIONALIDAD DE LA INTERFAZ AÉREA.....	34
4.1.2.8	GESTIÓN DE LA INTERFAZ AÉREA.....	34
4.1.2.9	EFICIENCIA ESPECTRAL	35
4.1.2.10	PROCESAMIENTO DEL TRÁFICO DE ENLACES AÉREOS	36
4.2	INTERFAZ DEL SISTEMA IEEE 802.16-2004	37

PREAMBULO

La presente información se facilita en cumplimiento de lo dispuesto en los artículos 7 a 9 del Reglamento que establece el procedimiento para la evaluación de la conformidad de los aparatos de telecomunicaciones, aprobado por el Real Decreto 1890/2000 [1], de 20 de noviembre, y con la finalidad y alcance establecidos en dicho Reglamento. Este Real Decreto corresponde a la trasposición al ordenamiento jurídico español de la Directiva 1999/5/CE [2] y por tanto la documentación técnica aquí facilitada cubre asimismo lo dispuesto en el artículo 4.2 de dicha Directiva.

Las interfaces aquí definidas cumplen los requisitos técnicos publicados en la Resolución de 22 de noviembre de 2005, de la Secretaría de Estado de Telecomunicaciones y para la Sociedad de la Información, mediante la cual se fijan los requisitos técnicos de la interfaz reglamentaria IR-13 relativa a los sistemas de acceso inalámbrico fijo (LMDS/FWA) en la banda de frecuencias de 3.400 a 3.600 MHz.

La información publicada por Telefónica de España, S.A.U. es copia del documento notificado por esta misma a la Secretaría de Estado de Telecomunicaciones y para la Sociedad de la Información del Ministerio de Industria, Turismo y Comercio. Cualquier desviación involuntaria entre la información publicada y la notificada será corregida tan pronto como sea detectada.

Telefónica de España, S.A.U. no se hace responsable de las manipulaciones realizadas por terceros, cualquiera que sea el medio utilizado.

Telefónica de España, S.A.U. se reserva el derecho de actualización de los requisitos y de su alineación con la normativa nacional o internacional de acuerdo con los procedimientos establecidos para ello.

Telefónica de España, S.A.U. tiene el Copyright de la información objeto de publicación y, por tanto, su contenido deberá utilizarse sin menoscabo de los derechos de Propiedad Intelectual que garantice la legislación vigente en cada momento. En tal sentido, queda prohibida su reproducción total o parcial por cualquier medio –ya sea mecánico o electrónico-, su distribución, comunicación pública y transformación –incluyendo en este concepto la traducción a idioma distinto del que figura publicada-, todo ello, salvo autorización expresa y por escrito de la propia Telefónica de España, S.A.U.

1. DEFINICIONES DE TÉRMINOS Y ABREVIATURAS

Los términos siguientes tienen un significado específico dentro de este documento. Otros términos técnicos no mencionados específicamente deben interpretarse de acuerdo a su significado generalmente aceptado.

Punto de Terminación de Red: Es la señal radioeléctrica (LMDS o WiMAX) originada o con destino a la Estación Base donde se presenta la Interfaz de Acceso en RadioFrecuencia en la banda de 3,5 GHz a la que se debe conectar la red o el equipo interior de usuario.

1.1 ABREVIATURAS

ACCH	Canal de control asociado
AGC	Control automático de ganancia
ARQ	Petición automática de retransmisión
BLER	Tasa de errores de bloque
BOE	Boletín Oficial del Estado
CE	Comunidad Europea
CFMA	Acceso múltiple sin colisión
CPE	Unidad de cliente
DCA	Asignación dinámica de canal
DCP	Piloto de compensación de retardo
DMAC	Control de acceso al medio de datos
FACCH	Canal de control asociado rápido
FDD	Duplexación por división en frecuencia
FEC	Forward error correction
FER	Tasa de error de trama
FFT	Transformada rápida de Fourier
FTR	Recurso frecuencia/tiempo
G	Giga (10^9)
GoS	Grado de servicio
HSD	Servicio de datos de alta velocidad
HTL	Capa de transporte de datos
Hz	Hertzio
IEEE	Institute of Electrical and Electronics Engineer

Interfaz de Acceso para LMDS/WIMAX en la banda de 3,5 GHz

IFFT	Inversa de la transformada rápida de Fourier
LMDS	Local Multipoint Distribution Service
MAC	Control de acceso al medio
MIMO	Múltiple entrada múltiple salida
NAC	Canal de acceso a la red
OFDMA	Acceso Múltiple por División de Frecuencias Ortogonales
OSI	Sistema de interconexión abierto
OSR	Relación de sobresuscripción
PTR	Punto de Terminación de Red
QAM	Modulación de amplitud en cuadratura
QoS	Calidad de servicio
QPSK	Modulación por desplazamiento de fase en cuadratura
RME	Entidad de gestión radio
RS	Reed Solomon
RSSI	Indicador de intensidad de señal recibida
SACCH	Canal de control asociado lento
TdE	Telefónica de España
TDMA	Acceso múltiple por división en el tiempo
WiMAX	World Interoperability for Microwave Access

2. OBJETO Y CAMPO DE APLICACIÓN

El presente documento especifica las características técnicas, físicas y eléctricas de la interfaz presentada en el Punto de Terminación de la Red para el Acceso en Radio Frecuencia para LMDS/WiMAX en la banda de 3,5 GHz.

Como quiera que TdE comenzó su despliegue de soluciones de acceso radioeléctrico con anterioridad a la existencia de equipos con marcado WiMAX, en la red de TdE coexisten dos tipos diferentes de soluciones: equipos con tecnología LMDS, y dentro de estos dos equipos diferentes, y equipos de tecnología WiMAX de acuerdo con el estándar IEEE 802.16-2004.

Por tanto, en el presente documento se especificarán las características de todas estas interfaces.

3. REFERENCIAS

- [1] Real Decreto 1890/200, de 20 de noviembre, por el que se aprueba el Reglamento que establece el procedimiento para la evaluación de la conformidad de los aparatos de telecomunicaciones (BOE número 289, de 2 de diciembre de 2000). (*Públicamente disponible en: <http://www.setsi.mcyt.es>*)
- [2] Directiva 1999/5/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 9 de marzo de 1999, sobre equipos radioeléctricos y equipos terminales de telecomunicación y reconocimiento mutuo de su conformidad. (*Públicamente disponible en: <http://www.setsi.mcyt.es>*)
- [3] IEEE 802.16-2004 Standard for Local and metropolitan area networks Part 16: Air Interface for Fixed Broadband Wireless Access Systems
- [4] ETSI EN 301 021 V1.6.1 (2003-07) Fixed Radio Systems; Point-to-multipoint digital radio systems in frequency bands in the range 3 GHz to 11 Ghz.
- [5] ETSI EN 301 753 V1.2.1 (2003-12) Fixed Radio Systems; Multipoint equipment and antennas; Generic harmonized standard for multipoint digital fixed radio systems and antennas covering the essential requirements under article 3.2 of the Directive 1999/5/EC

4. CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE LA INTERFAZ

La interfaz se ofrecerá en función de las zonas de cobertura del servicio de Acceso a Internet de Banda Ancha mediante sistemas de acceso radio eléctricos que operen en la banda de 3,5 GHz.

La interfaz se define por tanto como una emisión/recepción radioeléctrica según las características de los diferentes sistemas desplegados.

4.1 INTERFAZ DEL SISTEMA LMDS

En la red de TdE coexisten dos tipos diferentes de equipos con tecnología LMDS, y por tanto dos suministradores diferentes, en función del ancho de banda del canal: equipos con ancho de banda de 1 MHz y equipos con anchos de banda de 1,75 ó 3,5 MHz.

4.1.1 INTERFAZ DEL SISTEMA LMDS DE 1MHz DE ANCHO DE BANDA DE CANAL

La señal radioeléctrica está de acuerdo a la norma ETSI EN 301 021 tal y como se describe a continuación:

4.1.1.1 ARQUITECTURA AÉREA

La interfaz aérea OFDMA define el medio físico, los protocolos de transición, y los parámetros para la comunicación entre la estación base y el CPE sobre la banda de frecuencia asignada. La tecnología OFDMA provee un enlace punto a multipunto para transportar tráfico de voz y datos. El tráfico de voz y de datos comparten la misma interfaz aérea física. La interfaz aérea OFDMA incorpora las siguientes tecnológicas inalámbricas fijas:

- OFDMA para la eficiencia espectral
- Trayectos sin línea de vista NLOS
- Modulación adaptada: modulación por desplazamiento de fase en cuadratura (QPSK), 8 QAM, 16 QAM, y 64 QAM
- Trayecto de diversidad RF: entradas múltiples, salidas múltiples (MIMO)
- Recurso inteligente de transferencia de enlaces
- Asignación dinámica de canal (DCA)

4.1.1.2 BANDAS DE FRECUENCIA

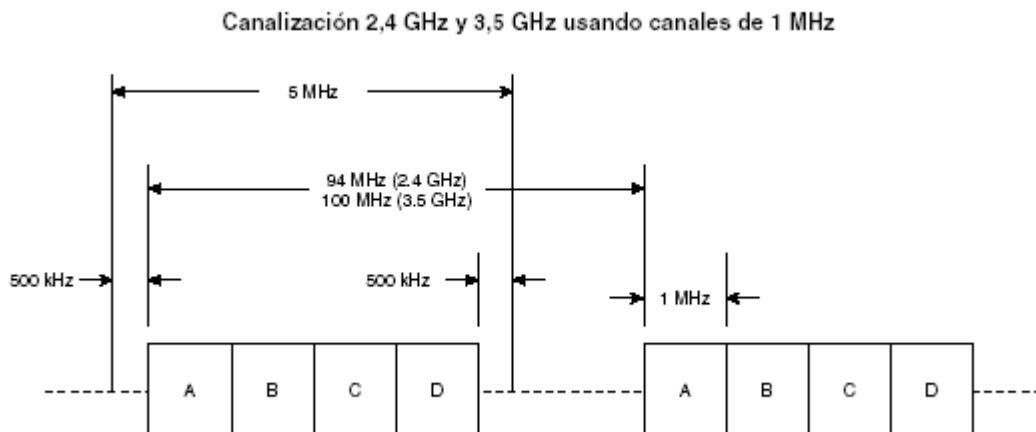
Las bandas de frecuencias soportadas por el sistema son las que se relacionan en la siguiente tabla:

Interfaz de Acceso para LMDS/WIMAX en la banda de 3,5 GHz

Banda de frecuencia	Rango de frecuencia descendente (TX)	Rango de frecuencia ascendente (RX)	Separación TX/RX	Espacio entre canales
2,4 GHz (Banda 1)	2306–2326 MHz	2400–2420 MHz	94 MHz	1 MHz
2,4 GHz (Banda 2)	2326–2346 MHz	2420–2440 MHz	94 MHz	1 MHz
2,4 GHz (Banda 3)	2346–2370 MHz	2440–2464 MHz	94 MHz	1 MHz
3,5 GHz (Banda 1)	3500–3530 MHz	3400–3430 MHz	100 MHz	1 o 1,75 MHz
3,5 GHz (Banda 2)	3525–3550 MHz	3425–3450 MHz	100 MHz	1 o 1,75 MHz
3,5 GHz (Banda 3)	3550–3575 MHz	3450–3475 MHz	100 MHz	1 o 1,75 MHz
3,5 GHz (Banda 4)	3575–3600 MHz	3475–3500 MHz	100 MHz	1 o 1,75 MHz

La interfaz proporcionada corresponderá a una frecuencia en la banda de 3,5 GHz, con un ancho de banda de canal de 1 MHz y con una separación duplex de 100 MHz y conforme a la interfaz reglamentaria IR-13 citada en el preámbulo. La frecuencia en concreto dependerá de la ubicación elegida y estará en función de la planificación de frecuencias realizada.

En la siguiente figura se muestra la canalización empleada:



4.1.1.3 CAPA FÍSICA AÉREA

La capa física aérea es la base de la comunicación por aire sobre las cuales todas las señales de control, como también los tráficos de voz y datos son transmitidos. La capa física provee lo siguiente:

- La transmisión y recepción de tráfico de voz y datos y señales de control

Interfaz de Acceso para LMDS/WIMAX en la banda de 3,5 GHz

- Esquemas de modulación adaptada
- Codificación con corrección de errores sin canal de retorno (FEC) y detección de mensajes alterados durante el proceso de transmisión o recepción
- La trama del CPE y la sincronización a nivel de bits a efecto de uniformizar las referencias de los tiempos transmitidos por una estación base asignada
- Control de potencia de transmisión para minimizar interferencias en el mismo canal
- Medida y almacenaje de la métrica de rendimiento de la capa física tanto en la estación base como en los CPEs para respaldar la asignación de canales, la optimización de la red y la validación del rendimiento

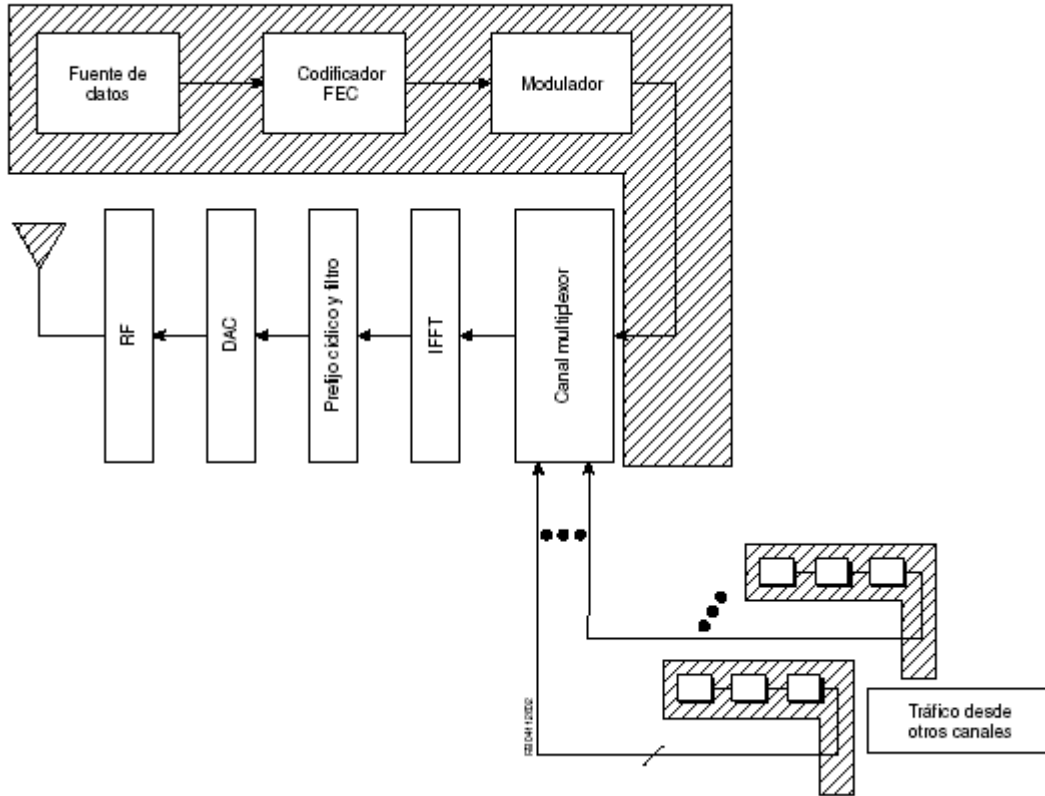
La capa física aérea está basada sobre una forma de onda OFDMA consistente de múltiples canales en el dominio de frecuencia, como también de múltiples ranuras en el dominio tiempo, por canal de frecuencia.

Las transmisiones entre la estación base y el CPE son efectuadas en un modo de duplexión por división de frecuencia (FDD) usando separadamente la transmisión en el enlace descendente (estación base al CPE) y el ascendente (CPE a la estación base).

4.1.1.4 PROCESAMIENTO DEL TRANSMISOR

En el transmisor, el dato es codificado y modulado en portadoras de banda estrecha o tonos, los que son multiplicados con tonos desde otros canales de tráfico. El código FEC es un bloque en código optimizado Reed-Solomon para proporcionar la mejor ganancia para el tipo de canal lógico y modulación. Una transformada rápida de Fourier inversa (IFFT) produce una forma de onda en el dominio tiempo con un prefijo cíclico el cual es transmitido sobre el canal, como se muestra en la siguiente figura:

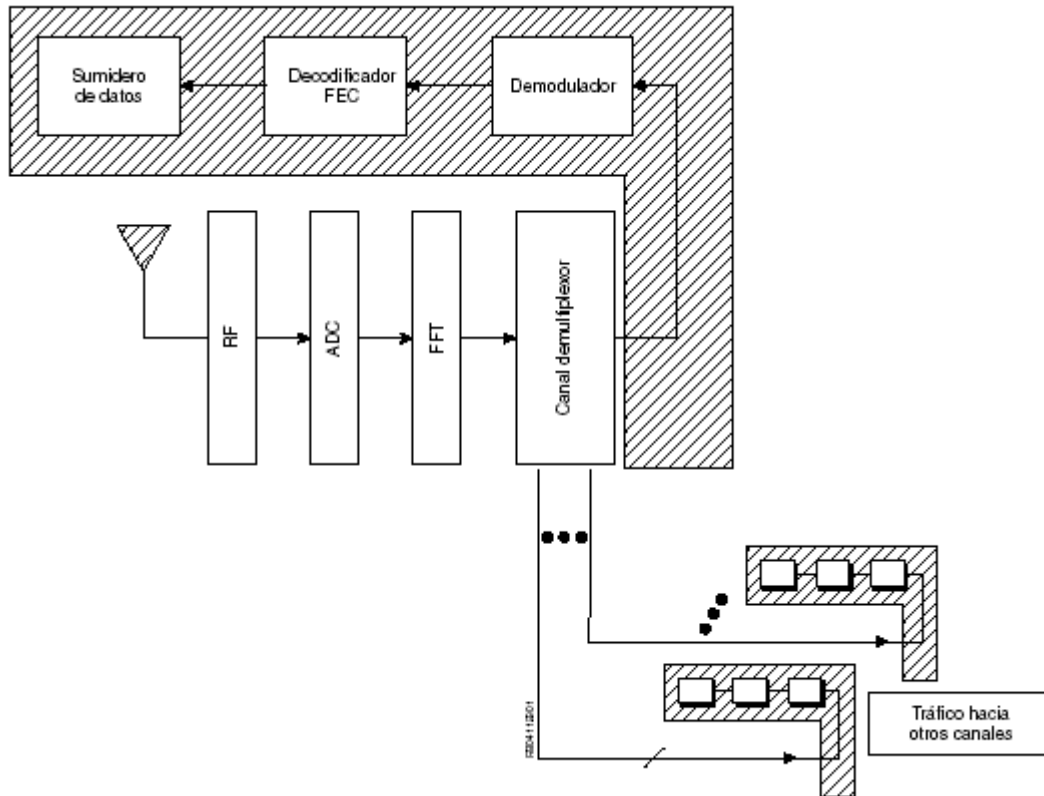
Interfaz de Acceso para LMDS/WIMAX en la banda de 3,5 GHz



4.1.1.5 PROCESAMIENTO DEL RECEPTOR

En el receptor, una transformada rápida de Fourier (FFT) convierte la forma de onda en tonos que son demultiplexados en canales de tráfico. Cada canal es demodulado y decodificado para producir el dato transmitido, como se muestra en la siguiente figura:

Interfaz de Acceso para LMDS/WIMAX en la banda de 3,5 GHz



4.1.1.6 RECURSO DEL OFDMA

Cada canal de 1 MHz (sub-banda) es dividido en 320 portadoras consecutivas de frecuencias uniformemente espaciadas referidas como contenedor de tonos. El grupo de tonos que ocupa una ranura de frecuencia en una ranura de tiempo es referido como un recurso de tiempo y frecuencia (FTR).

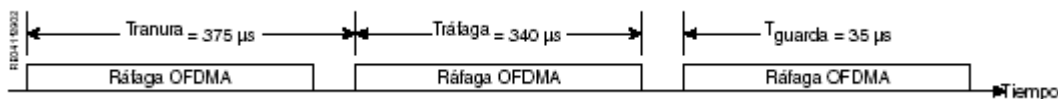
El número de tonos de tráfico difiere entre los servicios de voz y de datos de banda ancha. Para voz, 297 tonos son asignados para el uso de canal de tráfico (tonos portadores) y 18 tonos son asignados para el canal de sincronización. Para datos de banda ancha, también referidos como servicios de datos de alta velocidad (HSD), hay 288 tonos portadores y los 32 tonos restantes usados para control y sincronización.

Una ranura de tiempo en la estructura de la trama aérea es dedicada o bien a voz o a datos. Las ranuras de tiempo para voz son contiguas y no son entrecaladas con las ranuras de tiempo de los datos, los cuales ocupan el remanente de la trama de acceso por división de tiempo (TDMA). El número de ranuras de tiempo dedicado al servicio de voz es configurable para acomodar la densidad de abonados a la calidad de servicio especificada.

4.1.1.7 ALINEACIÓN DE TRAMAS TDMA

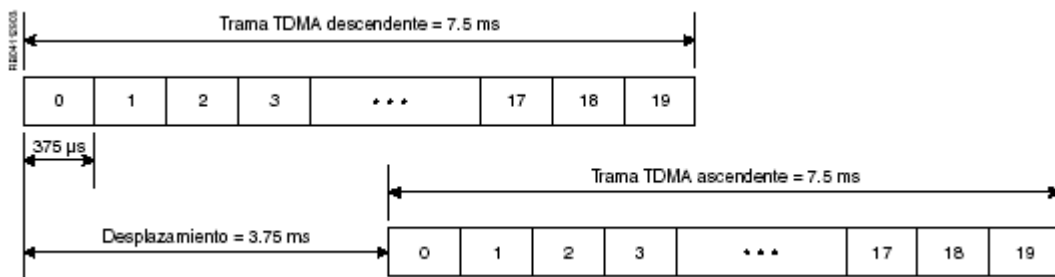
Una ráfaga OFDMA en el dominio tiempo incluye la forma de onda y su extensión cíclica, lo cual es una copia de los primeros milisegundos (ms) de la forma de onda añadida al final de la misma. La extensión cíclica minimiza la distorsión de la señal debido a una sincronización imperfecta y a los efectos de multitrayectos.

En transmisión, un periodo de guarda de duración $T_{guard}=35$ microsegundos es insertado después de cada ráfaga OFDMA de dominio tiempo, tal y como se muestra en la siguiente figura. Una ráfaga y un período de guarda constituyen una ranura TDMA con una duración de $T_{ranura}=375$ microsegundos.



4.1.1.8 TRAMA TDMA

Veinte ranuras de TDMA constituyen una trama TDMA con una duración de $T_{trama}=7,5$ ms, mostrada en la siguiente figura. Hay un desplazamiento de 3,75 ms (media trama) entre las tramas TDMA ascendente y descendente, lo cual se diseña para mejorar el caudal de tráfico HSD: la estación base no necesita esperar para que una trama completa responda al CPE.



4.1.1.9 RECURSOS DE VOZ Y DE DATOS DE BANDA ANCHA

Los recursos de canal pueden configurarse para acomodar la capacidad de voz y las velocidades de transferencia de datos para varios escenarios de instalaciones. La correlación tiempo-frecuencia para datos, voz y canales lógicos de la red de acceso en un formato de dos dimensiones en un periodo de tiempo de la trama TDMA se muestra en los siguientes apartados.

Sobre cada canal de sub-banda de 1 MHz, N ranuras son previstas para servicio de HSD (datos banda ancha) en las ranuras ts_0 - ts_{N-1} , y las ranuras remanentes están previstas para los servicios de voz (ranuras ts_N - ts_{19}), donde $N=10, 12, \dots, 18$. El número de ranuras de tiempo

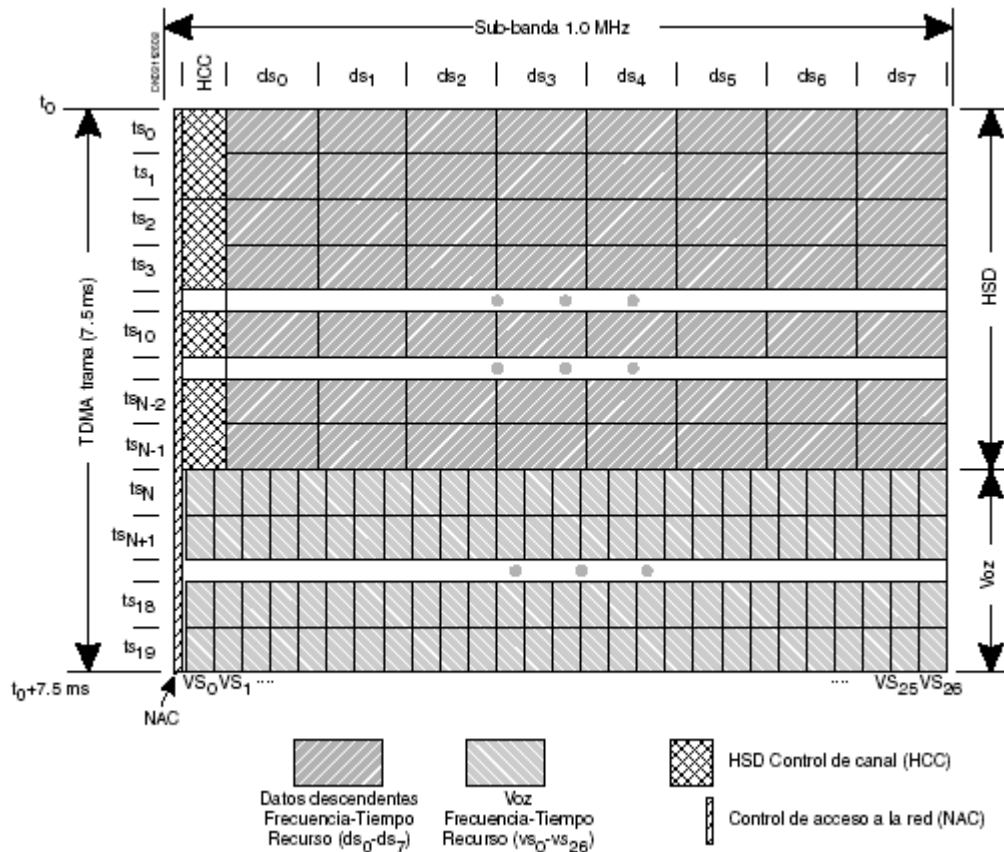
Interfaz de Acceso para LMDS/WIMAX en la banda de 3,5 GHz

previstas para el servicio de datos puede aumentarse de diez hasta un máximo de 18 en múltiplos de dos, mientras que el número de ranuras de tiempo previstas para el servicio de voz pueden ser reducidas de diez a dos.

Los canales de acceso a la red (NACs) ocupan la trama entera TDMA, mientras que los canales de control solamente ocupan las ranuras TDMA asignadas al servicio HSD (datos banda ancha).

4.1.1.10 CANAL DEL TRÁFICO DESCENDENTE

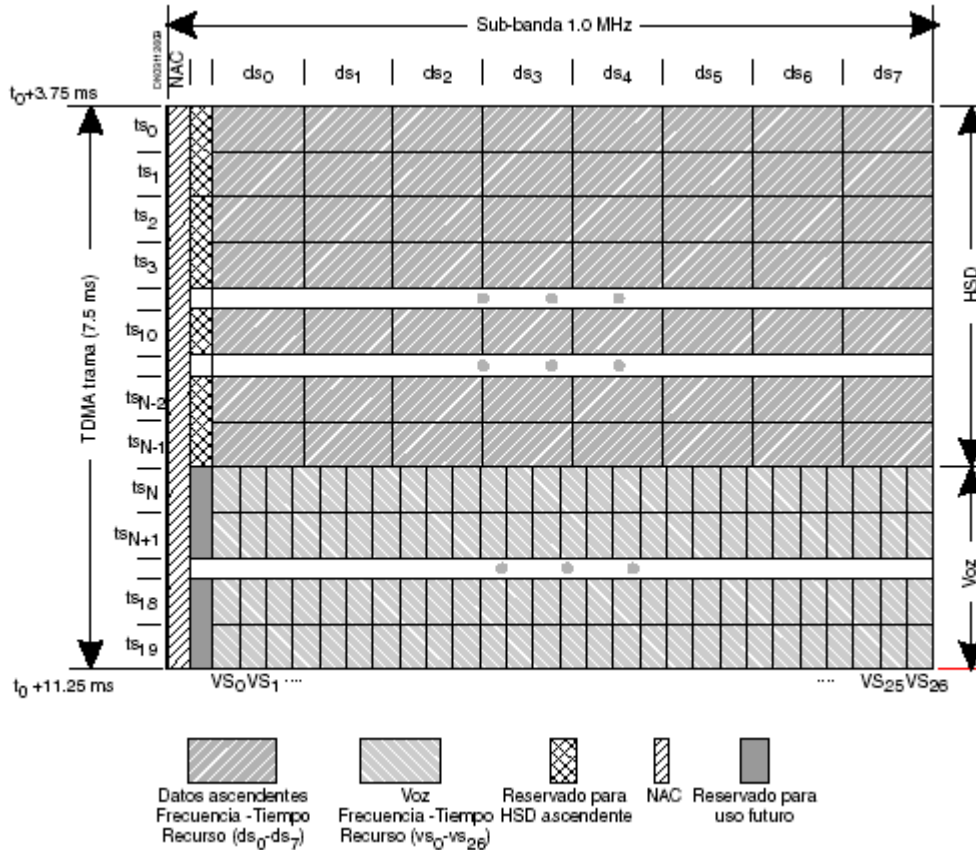
El canal descendente de tráfico, mostrado en la siguiente figura, es una conexión punto a multipunto en la cual un solo sector de estación base puede proveer hasta 3,1 Mbps a múltiples CPE simultáneamente.



4.1.1.11 CANAL DE TRÁFICO ASCENDENTE

El canal de tráfico ascendente, mostrado en la figura es una conexión punto a multipunto donde múltiples CPE se conectan simultáneamente a una sola estación base. La capa física se basa en multiplexación de frecuencia y tiempo para servir a múltiples abonados en las direcciones ascendente y descendente.

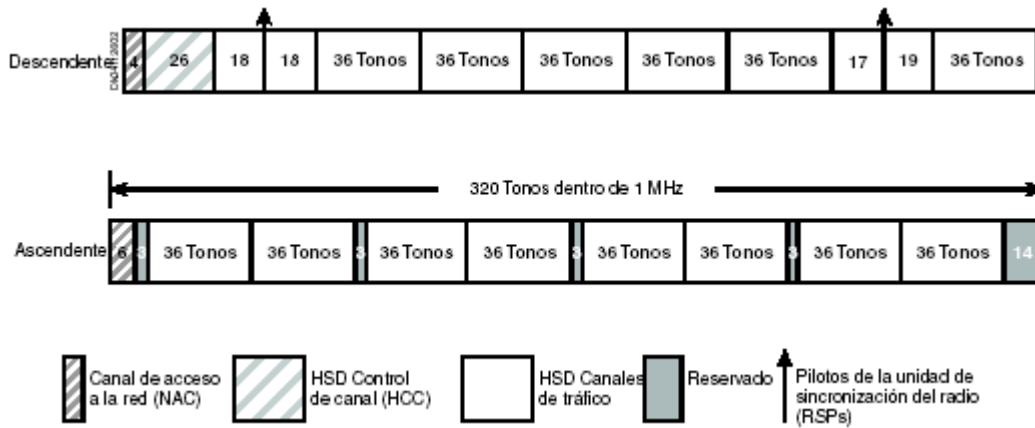
Interfaz de Acceso para LMDS/WIMAX en la banda de 3,5 GHz



4.1.1.12 TRÁFICO DE DATOS DE ALTA VELOCIDAD

Para el tráfico de datos de alta velocidad (HSD), hay ocho HSD FTRs designados para el uso del tráfico en ambas direcciones ascendente y descendente como se muestra en la siguiente figura. En la dirección descendente, un grupo de datos de 30 contenedores de tono es asignado para el uso del canal de control del HSD (HCC) y el canal NAC. En la dirección ascendente hay 6 tonos para el canal NAC y 26 tonos se reservan para uso futuro.

Interfaz de Acceso para LMDS/WIMAX en la banda de 3,5 GHz



4.1.1.13 DESCRIPCIONES DEL CANAL LÓGICO

En una sub-banda de 1 MHz, la mayoría de los tonos son asignados para canales de voz y para datos de banda ancha. Los tonos y 20 ranuras de tiempo conforman los recursos de los canales de voz y datos; sin embargo, los recursos se configuran diferentemente para el tráfico de voz y de datos, como se muestra en los siguientes apartados. Las definiciones para los canales de voz y datos varían para distintas modulaciones.

Cada canal lógico es caracterizado como uno de los siguientes:

4.1.1.14 CANAL PORTADOR DE VOZ

Para mejorar la capacidad de la interfaz aérea, se utiliza un codec de 11,8 Kbps (G.729E) en la compresión de los datos de voz para la transmisión sobre el enlace aéreo. Los datos del canal de control asociado (ACCH) son también transmitidos como datos de voz.

El ACC transmite la capa física y la información del control de tratamiento de llamadas, y consiste de dos tipos de control de mensajes:

- Bloque de canal de control asociado rápido (FACCH), una ráfaga de canal que reemplaza la trama de voz cada vez que ésta es transmitida
- Bloque de canal de control asociado lento (SACCH), un canal continuo que es un canal de señalización.

El portador de los datos de voz hace interfaz directamente con las capas de telefonía y de interfaz de la red, soportando esquemas de modulación 64 QAM, 16 QAM, 8 QAM y QPSK. Los recursos de los enlaces aéreos son automáticamente configurados y mantenidos por la duración de la llamada en el esquema de modulación soportado por el canal para mantener un calidad de servicio especificada. Si ocurren degradaciones de las condiciones del canal debido a interferencias o desvanecimientos, la modulación se corre una orden de constelación para continuar con una calidad de voz aceptable.

4.1.1.15 CANAL DE DATOS DE BANDA ANCHA

Los canales múltiples, dedicados, duplex completos, son asignados para el tráfico de datos banda ancha dentro del área de cobertura de una célula. Todos los CPEs dentro de un sector de una célula usan un protocolo de acceso múltiple sin colisión (CFMA) para acceder a los canales de datos asignados. El CPE es dinámicamente asignado a tonos específicos ascendentes sobre el canal de datos cuando se requiere prioridad de acceso y de señalización si transmiten paquetes de datos a la estación base.

El canal descendente es un canal de radiodifusión sin colisión transportando transmisiones en bloque desde la estación base, los cuales son recibidos por todos los CPEs sobre el canal en forma simultánea. El canal ascendente es compartido por todos los CPEs.

Los datos de banda ancha son transmitidos usando modulaciones 64 QAM, 16 QAM, 8 QAM, o QPSK codificados Reed-Solomon para propósitos de FEC. La velocidad del dato agregado depende de la división de voz y del HSD. Para una velocidad de datos máxima, 18 ranuras de tiempo son dedicadas al servicio de datos de banda ancha y a una velocidad del caudal de tráfico descendente de 3,1 Mbps es alcanzable cuando todos los canales de datos son modulados a 64 QAM.

4.1.1.16 CANAL DE ACCESO DE LA RED

El canal de acceso a la red (NAC) es un recurso compartido entre el CPE y las estaciones base asociadas. La estación base y el CPE usan NAC para solicitar, negociar y asignar recursos de interfaz aérea del portador. El NAC es usado para transmitir datos de aprovisionamiento de las células desde las estaciones base a sus CPEs.

El canal descendente lleva la difusión de datos y los mensajes de control de llamadas, mientras que el canal ascendente lleva canales de argumentos no solicitados y solicitados para configurar nuevas conexiones. El canal NAC es modulado QPSK.

4.1.1.17 CANAL DE SINCRONIZACIÓN

El canal de sincronización descendente consiste de un conjunto de 19 tonos piloto. Estos tonos sirven como los pilotos de sincronización que el CPE usa como una referencia para la frecuencia y la sincronización de tiempo con la estación base.

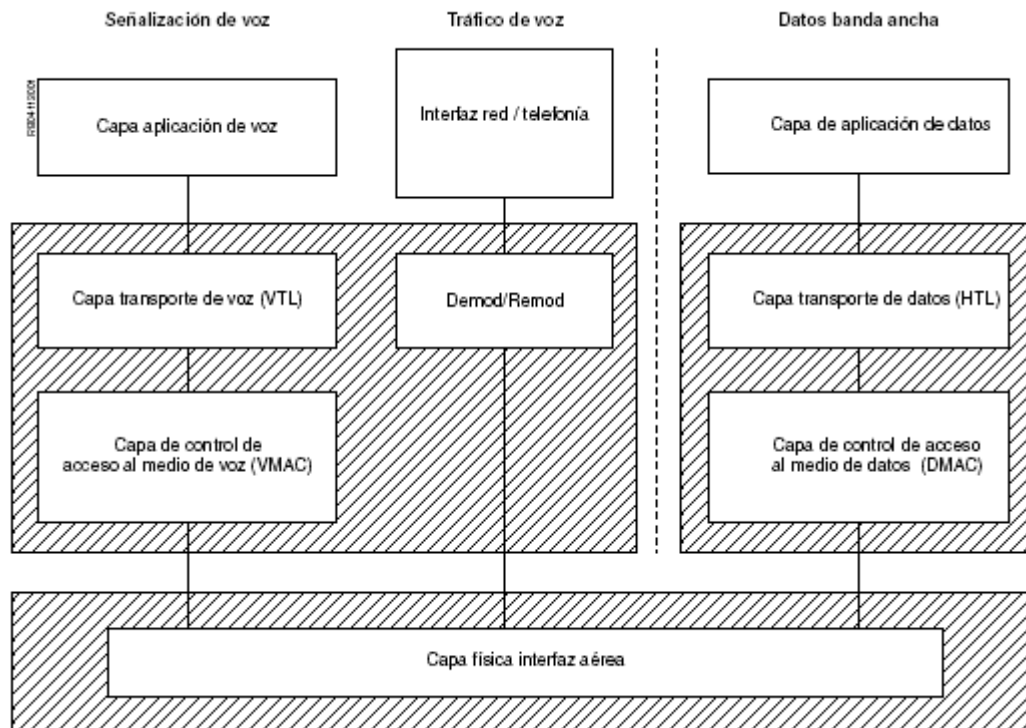
El canal de sincronización consiste en 16 tonos. Es usado para alinear las señales CPE en la estación base. Los tonos del canal de sincronización ascendente son referidos como los pilotos de compensación de retardo (DCPs) activados por un CPE durante la configuración de llamadas o cuando requerido por la estación base.

La estación base aplica un algoritmo a los DCPs para estimar el retardo de propagación, e informa al CPE cuánto ajustar su tiempo de transmisión para alinear su señal dentro de la ventana de recepción de la estación base.

4.1.1.18 DESCRIPCION DEL SERVICIO

La arquitectura del sistema del enlace aéreo está basada en los modelos de interconexión de sistema abierto (OSI). Los protocolos usados para datos son independientes del conjunto usado para voz.

Los perfiles de capa para voz y datos se muestran en la siguiente figura. Toda la información es primero procesada a través de la capa física. La señalización de control de voz es transmitida a través del conjunto de protocolo de voz y la señalización de control de voz es transmitida a través del conjunto de protocolos de datos.



4.1.1.19 SERVICIO DE DATOS DE BANDA ANCHA

El servicio de datos banda ancha es un servicio 'siempre conectado' que proporciona conexión de conmutación de paquetes al ISP. Los protocolos de datos banda ancha consisten en las siguientes tres capas físicas:

4.1.1.19.1 Control de acceso al medio de datos

La capa de control de acceso al medio de datos (DMAC) provee el uso eficiente y ordenado de la capa física para la capa de transporte de datos (HTL). con el objeto de transportar la información a través de la interfaz aérea, la capa DMAC provee lo siguiente:

Interfaz de Acceso para LMDS/WIMAX en la banda de 3,5 GHz

- Inicialización de canal. Durante el arranque de la estación base, la entidad de gestión de datos banda ancha sule el DMAC con un perfil de configuración de la interfaz aérea que active el canal físico de datos.
- Control de acceso de canal. El control de acceso no se realiza necesariamente en la dirección de canal descendente; sin embargo, en la dirección ascendente, CFMA, se reserva un protocolo basado en el control de acceso medio (MAC) para el acceso al canal en la dirección ascendente. Esto permite una mejor compartición del canal ascendente entre múltiples CPE y mejora la utilización del canal.
- Control de flujo implementado para ambos: el CPE y la estación base para salvaguardar los datos entrantes hasta que puedan ser procesados.
- Segmentación de trama y detección y corrección de errores llevado a cabo por el DMAC para segmentar y reensamblar las tramas de datos transmitidos sobre la interfaz aérea por medio de bloques en palabra de código, codificados RS.

4.1.1.19.2 Capa de transporte de datos

La capa de transporte de datos (HTL) provee conexiones de datos, en conmutación de paquetes, fiables, orientados en sesiones. En la interfaz de la capa superior, el HTL se multiplexan paquetes de aplicaciones en una sola conexión de enlace de datos y se demultiplexan en la dirección inversa. En la interfaz de la capa más baja, el HTL usa el servicio provisto por el DMAC para entregar y recibir paquetes hacia y desde la interfaz aérea.

El HTL provee lo siguiente:

- Transmisión de datos fiable usando un sistema RQ con almacenamiento de n bloques adaptivo (adaptive Go-Back-N) y petición automática de retransmisión selectiva (ARQ)
- Abastecimiento y soporte de múltiples CPE para un acceso compartido en un medio físico simple
- Detección y recuperación de error
- Control de flujo
- Control de secuencia
- Tipos múltiples de servicio, incluyendo la aceptación y la no aceptación de los servicios de unidifusión y difusión
- Segmentación, ensamble y re-ensamble (SAR)

4.1.1.19.3 Capa de aplicación de datos

La capa de aplicación de datos gestiona el procesamiento IP y soporta las entidades OAM&P.

La capa de aplicación de datos provee lo siguiente:

- Una interfaz entre el HTL y la capa IP para direccionar el tráfico IP
- El procesamiento de arranque del CPE
- La creación de un registro de llamada, su procesamiento y entrega a la estación base

- Gestión de mensaje en el canal de difusión
- Actividades de aprovisionamiento, configuración y mantenimiento
- Establecimiento y re-establecimiento de la conectividad de datos banda ancha

4.1.1.20 FUNCIONALIDAD DE LA INTERFAZ AÉREA

Se proporciona en esta interfaz una tecnología OFDMA avanzada para proveer una cobertura predecible de 95% en un sector dado. La interfaz aérea OFDMA mejora el diseño estimado del enlace en un medio NLOS para ofrecer un enlace de calidad superior, de capacidad de red y de rango de cobertura.

La interfaz aérea usa las técnicas siguientes para aumentar la capacidad del abonado y las tasas de caudal de tráfico:

- La forma de onda OFDMA provee unas tasas de caudales de tráfico de datos más altos mediante la eliminación de interferencias inter-símbolos (ISI), y localizando desvanecimientos selectivos introducidos por mayores despliegues NLOS en los tiempos de propagación
- La transmisión en verdaderos NLOS que aumenten las opciones de despliegue y el número de abonados dentro de un área de cobertura mediante la transmisión de una señal por un trayecto directo, trayectos múltiples reflejados, como también en trayectos con difracción y dispersos
- Modulación adaptada permitiendo a la estación base maximizar su capacidad, mantener la calidad de voz y estabilidad en el enlace usando 64 QAM cuando un enlace de radio es de alta calidad, y ajustándose a un esquema de modulación inferior, tal como 16 QAM, 8 QAM, o QPSK
- Diversidad de trayectos RF para mitigar las condiciones de desvanecimiento de canal, explotando multitrayectos y reflexiones que ocurren en los ambientes NLOS para mejorar la propagación de los enlaces
- Asignación dinámica de canal (DCA) que permita a la estación base de asignar un canal de tráfico con una calidad de señal más alta e interferencia más baja, como también efectuar una transferencia de canal que asegure un servicio de alta calidad si la señal se degrada durante una llamada

4.1.1.21 GESTIÓN DE LA INTERFAZ AÉREA

Una red de acceso usa un conjunto de funciones de gestión de la interfaz aérea, incluyendo control de potencia, asignación dinámica de canal (DCA), modulación adaptable para maximizar la eficiencia espectral y mantener la calidad del enlace.

Una funcionalidad de gestión de interfaz es la métrica del enlace aéreo para asegurar el uso eficiente de los recursos del enlace aéreo. Las métricas incluyen el indicador de la intensidad de señal recibida (RSSI) y medidas de desempeño de tráfico, tal como el bloque Reed-Solomon (RS) y la tasa de errores de bloques (BLER) y el error cuadrático medio de la señal recibida (MSE).

Interfaz de Acceso para LMDS/WIMAX en la banda de 3,5 GHz

La entidad de gestión de radio (RME) administra los recursos de los enlaces aéreos, tales como los canales de voz (ranuras de tiempo y frecuencia), control de potencia TX, y esquemas de modulación.

Ambos, los CPE y la estación base soportan la funcionalidad RME, sin embargo, la estación base soporta todas las actividades para una área de servicio, tal como una célula o un sector. El RME provee lo siguiente:

- Supervisa el nivel de interferencia sobre cada canal
- Asignación y de canales en direcciones ascendentes y descendentes y suspender la asignación para ajustes y cambios de llamada o de modulación QPSK (función DCA)
- Procesamiento en el control de la potencia Tx
- Modo de modulación adaptativo en el enlace descendente si la función de control de potencia falla en el mantenimiento de su desempeño

4.1.1.22 MODULACIÓN ADAPTABLE

Para maximizar la eficiencia espectral en la interfaz se adapta la modulación a lo que las condiciones de canal soportan, asignando 64 QAM para una sesión de voz y datos cuando las condiciones de canales inalámbricos lo permitan. Si las condiciones de canal no pueden soportar 64 QAM, el sistema asigna la modulación de mayor orden permitida para que prevalezcan las condiciones de canal: 16 QAM, 8 QAM, o QPSK respectivamente. Si el transmisor está ya a una potencia máxima y un enlace establecido se degrada debido a una interferencia o a un desvanecimiento, el enlace aéreo también se corre aun orden de modulación más bajo para mantener el enlace a la calidad de servicio requerida (QoS).

La modulación de voz es simétrica en los canales ascendente y descendente. Si ésta cae a QPSK, la conexión de voz permanece en esta última. Un traslado a modulación de orden más bajo para servicio de voz, no reduce el caudal de tráfico de voz puesto que es fijo a la tasa de voz del codificador; sin embargo, se requiere FTRs adicionales por llamada. Cuando la conexión termina y una nueva llamada inicia, el sistema revierte a 64 QAM bajo condiciones aceptables de canal. Para datos, un paso a un nivel de modulación inferior, reduce el caudal de tráfico del sistema pero permite al CPE continuar operando en desvanecimiento momentáneo. El tráfico de datos revierte a una modulación de mayor orden si las condiciones prevalecen.

4.1.1.23 ASIGNACIÓN DINÁMICA DE CANAL

La asignación dinámica de canal (DCA) asegura un servicio de calidad de voz configurando o manejando llamadas solamente cuando los recursos de llamadas tengan muy poca interferencia en el mismo canal. DCA asegura la selección de un canal fiable, aún cuando hay reuso de frecuencia. Los canales de voz son supervisados y un grupo de canales con baja interferencia se selecciona para formar un grupo de canales. Cuando un CPE intenta establecer una llamada, requiere un canal de voz desde la EB al NAC, como también los parámetros para estimar el nivel del ruido del canal candidato a la EB. La EB asigna un canal

adecuado del grupo de canales. Cuando una conexión de voz se corre a una modulación inferior, requiere 11 tonos FTRs adicionales, se seleccionan más canales del grupo.

4.1.1.24 CONTROL AUTOMÁTICO DE GANANCIA

La gestión total de la potencia Tx del sistema es provista por intermedio del control automático de potencia (AGC) y por las funciones de control de potencia. La función AGC ajusta los atenuadores del radio receptor del CPE para prevenir los cortes de la forma de onda del OFDMA y maximizar la relación señal a ruido (SNR). Cuando el AGC cambia los ajustes del atenuador del receptor en respuesta a la condición lenta de desvanecimiento, el CPE transmite la potencia de acuerdo a la compensación por desvanecimiento en la dirección ascendente.

4.1.1.25 CONTROL AUTOMÁTICO DE POTENCIA

La función de control de potencia gestiona los niveles de potencia de transmisión de la estación base y de los CPEs para proveer la calidad del enlace, mientras que se maximiza la capacidad entera del sistema. La función de control de potencia hace lo siguiente:

- Normaliza la potencia recibida desde el CPE por toda el área de servicio
- Reduce la interferencia en el mismo canal minimizando la potencia Tx de la EB y el CPE
- Mitiga la propagación de canal a larga distancia en pérdidas de trayectos promedio

Un algoritmo de control de potencia de bucle cerrado opera en las dos direcciones ascendente y descendente para voz y datos. Los controles de potencia a bucle abierto está en función para los NAC de dirección ascendente.

4.1.1.26 CONTROL DE POTENCIA EN DATOS BANDA ANCHA

El control de potencia en datos banda ancha es también un mecanismo de bucle cerrado en ambas direcciones descendente y ascendente. Cada receptor de la EB y del CPE supervisa la tasa de error de trama (FER), requiriendo cambios de potencia en el transmisor para mantener un FER aceptable. El transmisor adapta la potencia para el tráfico de datos como parte del proceso de modulación para las transmisiones descendentes.

4.1.1.27 EFICIENCIA ESPECTRAL

La capacidad de red depende las configuraciones de voz y datos soportadas para cada sector. Una estación base puede soportar hasta seis sectores usando bloques de frecuencia tan pequeños como de 1 MHz que pueden ser asignados entre los servicios de conmutación de circuitos o de conmutación de paquetes. Una estación base simple puede soportar hasta 6000 líneas de voz o una red agregada de caudal de tráfico de 18,6 Mbps para servicios de datos de banda ancha.

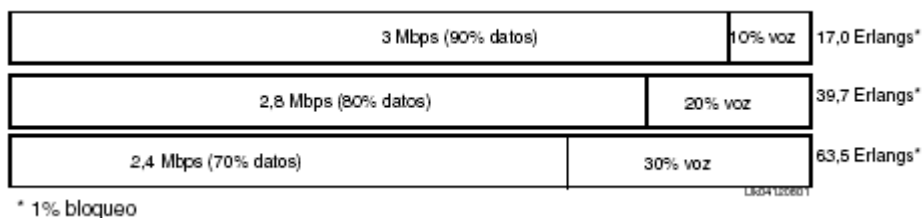
Cada sector de estación base configurado soporta un caudal de tráfico de hasta 3,1 Mbps que pueden ser asignados a servicios de conmutación de circuitos o conmutación de paquetes. Canales separados aéreos son abastecidos para los servicios de voz y datos banda ancha

Interfaz de Acceso para LMDS/WIMAX en la banda de 3,5 GHz

para asegurar la calidad de voz inter-urbana como también para maximizar la capacidad de tráfico, sobre el enlace aéreo.

En una red de acceso, hasta 50% de los recursos de enlaces aéreos pueden ser aprovisionados por el servicio de circuitos conmutados. En la siguiente figura se muestran ejemplos de distribución de voz 10%, 20%, y 30% que suponen un 1% de bloqueo y 100% 64 QAM. Cada 10% bloque de espectro corresponde a sean 26 troncales de voz o 343 Kbps datos banda ancha de canal de tráfico. P.ej.: una distribución de 70% datos y 30% de voz, como en la figura, provee lo siguiente:

- 2,4 Mbps de capacidad de datos banda ancha por sector (7 * 343 Kbps) corresponden a 12 FTRs
- 78 llamadas de voz por sector (3 * 26 circuitos troncales de voz) corresponden a 162 FTRs



4.1.1.28 PROCESAMIENTO DEL TRÁFICO DE ENLACES AÉREOS

La interfaz aérea OFDMA ofrece a los proveedores de servicio un tráfico flexible y herramientas de ingeniería para maximizar la capacidad de tráfico en el enlace aéreo.

4.1.1.29 TRÁFICO DE DATOS CONMUTADOS EN PAQUETES

El servicio de datos conmutado en paquetes es transmitido en ráfagas cortas desiguales y a intervalos irregulares y es tolerante a retardos en la transmisión, requiriendo recursos de ancho de banda solamente cuando los datos son transmitidos. Durante los períodos inactivos, el ancho de banda es dinámicamente asignado a otros servicios de datos.

Para el tráfico de conmutación de paquetes, los proveedores del servicio reservan una porción de los recursos del enlace aéreo para asegurar que los recursos de ancho de banda estén siempre disponibles para las conexiones de servicio de datos activos de banda ancha. Dividiendo los recursos totales del enlace aéreo entre los servicios de conmutación de circuitos y conmutación de paquetes, los proveedores de servicio pueden controlar la relación de sobresuscripción (OSR) para las conexiones de datos banda ancha, como también garantizar un mínimo hasta el máximo límite de caudal de tráfico sobre una base de suscriptor unitario.

4.1.1.30 RELACIÓN DE SOBRESUSCRIPCIÓN

La relación de sobresuscripción (OSR) es definida como la relación entre el número de suscriptores compartiendo el canal del enlace aéreo en relación al número de abonados

activos usando simultáneamente el mismo canal. Un abonado es definido como un cliente conectado a una unidad de suscripción provista para el servicio de banda ancha.

En la red de acceso, los proveedores de servicio tienen la flexibilidad de lograr un rango de requerimientos y de definiciones de servicio. Dependiendo del servicio ofrecido, un proveedor de servicio puede operar de manera conservadora con el OSR durante las condiciones de período de ocupación pico (peak busy conditions) fijado a 10, 20, a aún 50 para aplicaciones residenciales y SOHO. Como solamente una fracción de abonados totales están en línea en forma simultánea, y de aquellos, solo una fracción son datos transferidos a un tiempo dado. Típicamente, un proveedor de servicio puede abastecer un OSR de 10 parra abonados comerciales y 25 para abonados residenciales. Como el servicio de datos banda ancha es por ráfagas, un gran número de abonados pueden compartir un canal de datos sin experimentar una declinación en el desempeño de la red. Mientras más grande el grupo de abonados, más pronunciado la ganancia estadística de multiplexaje.

4.1.1.31 LÍMITE DE VELOCIDADES Y CLASES DE GOS

El aspecto velocidad primaria limitada permite a un proveedor de servicio limitar las velocidades hasta un máximo de caudal de tráfico por abonado. Una red de acceso puede soportar un máximo de unidades de abonados con tasas comunes y un grupo de unidades de abonados con límites de velocidades comunes en clases GoS. Los proveedores de servicio pueden usar las clase GoS para diferenciar ofertas de servicio de datos de banda ancha; por ejemplo, oro, plata o bronce.

Los límites de velocidades pueden ajustarse independientemente en las direcciones ascendente y descendente. El acceso a la velocidad primaria limitada y las clases de GoS tienen la intención de ofrecer a los proveedores de servicio los servicios de datos banda ancha para sus clientes. Un operador puede decidir ofrecer y poner precio diferente a los servicios de velocidad de información concertada (CIR), velocidad de transmisión típica (TIR), y a la velocidad máxima de información (MIR) para los abonados.

- El CIR es el caudal de tráfico mínimo garantizado de transferencia de una conexión de datos banda ancha y es calculado dividiendo la porción del ancho de banda del enlace aéreo por el número de abonados para una clase específica de servicio
- El TIR asume un OSR dado para proveer una ganancia de capacidad de abonado considerable y es calculado dividiendo la porción de ancho de banda del enlace aéreo por el número de abonados activos que están conectados y usando ancho de banda del enlace aéreo, para una clase específica de servicio (definido por un OSR definido)
- El MIR se aplica a una tasa de caudal pico que los abonados pueden esperar durante períodos de no congestión, es un límite de velocidad predeterminada para un abonado específico y puede definirse entre el TIR y la capacidad física máxima, el MIR es típicamente el mismo para las unidades de abonado para una clase específica de servicio.

4.1.2 INTERFAZ DEL SISTEMA LMDS DE 1,75 ó 3,5 MHz DE ANCHO DE BANDA DE CANAL

La interfaz cumple con las normas ETSI EN 301 021 V.1.6.1 y ETSI EN 301 753 V.1.2.1.

4.1.2.1 ARQUITECTURA AÉREA

La interfaz aérea define el medio físico, los protocolos de transmisión, y los parámetros para la comunicación entre la estación base y el CPE para la banda de frecuencia asignada. La tecnología de acceso al medio TDMA/FDD provee un enlace punto a multipunto para transportar tráfico de voz y datos. El tráfico de voz y de datos comparte la misma interfaz aérea física.

El sistema utiliza la tecnología radio OFDM, la cual ofrece robustez en condiciones de canal adversas y permite trabajar en trayectos sin línea de vista (NLOS). Esto permite una instalación sencilla y mejora la cobertura, manteniendo a la vez un alto nivel de eficiencia espectral. La modulación y codificación pueden adaptarse dinámicamente, permitiendo conseguir en todo momento un balance entre robustez y eficiencia, de acuerdo a las condiciones del enlace.

4.1.2.2 BANDAS DE FRECUENCIA

Las bandas de frecuencias soportadas por el sistema son las que se muestran en la siguiente tabla.

Bandas de frecuencia en 3,5 GHz				
Banda	Separación Rx/Tx	Frecuencia Ascendente	Frecuencia Descendente	Espaciamiento entre canales
3,5 GHz (Banda a)	-100 MHz	3399.5 - 3453.5 MHz	3499.5 - 3553.5 MHz	1,75 o 3,5 MHz
3,5 GHz (Banda b)	-100 MHz	3450 - 3500 MHz	3550 - 3600 MHz	1,75 o 3,5 MHz

El equipamiento de abonado (CPE) soporta el rango completo en 3,5 GHz, mientras que la estación base soportará bien la banda *a*, o bien la banda *b* en 3,5 GHz. La frecuencia en concreto dependerá de la ubicación elegida y será asignada por el operador en función de la planificación de frecuencias realizada.

4.1.2.3 CAPA FÍSICA AÉREA

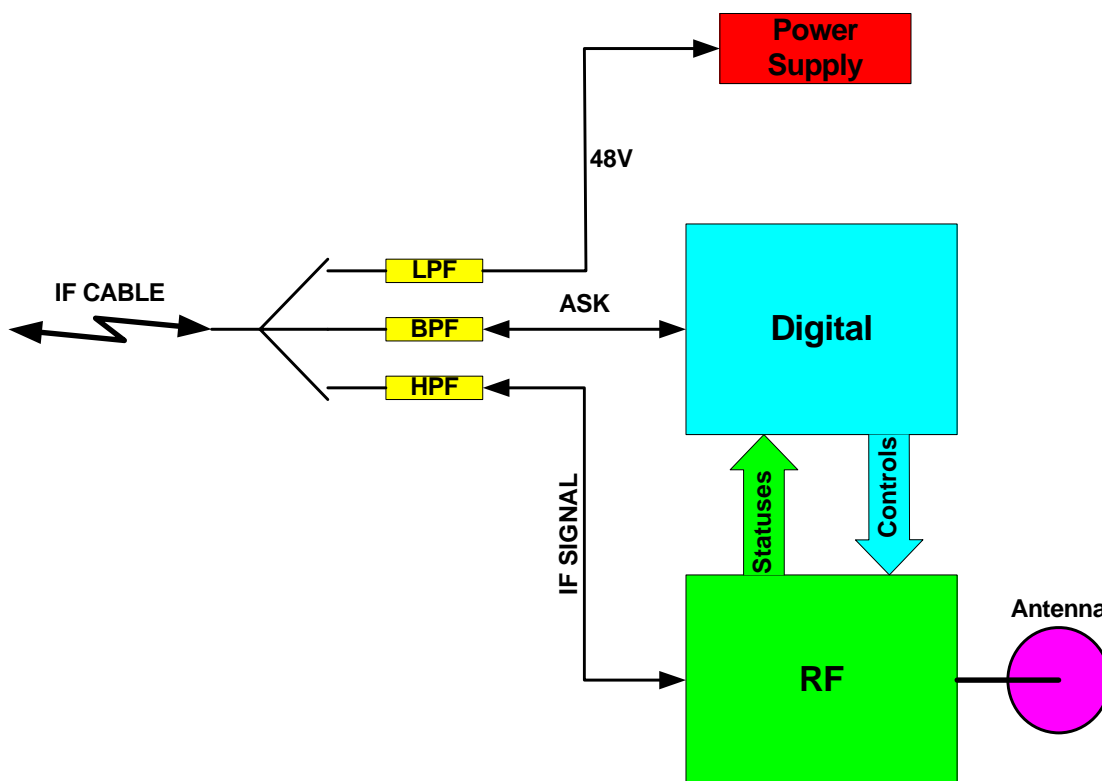
La capa física aérea consiste en una unidad de radio de portadora múltiple dúplex completo conectada a una antena externa, en el caso de la Estación Base. Para las Unidades de Abonado, la unidad de radio trabaja en modo dúplex medio y puede trabajar con una antena integrada o bien ir conectada a una antena externa.

La capa física está diseñada para proporcionar una alta ganancia de sistema y robustez frente a interferencias, usando una alta potencia de transmisión y una baja figura de ruido.

Soporta un ancho de banda en la Estación Base de hasta 14 MHz, permitiendo opciones futuras de capacidad superior, mediante el uso de un multiplexor o canales más anchos (7 ó 14 MHz).

La potencia de salida (en el puerto de la antena) es de hasta 28 ± 1 dBm (en el rango de 13 a 28 dBm), o hasta 34dB con la unidad de alta potencia.

A continuación se presenta un diagrama del sistema:



4.1.2.4 RECURSO DEL OFDM

El sistema utiliza la tecnología OFDM. Para aplicaciones de acceso inalámbrico de banda ancha en la frecuencia de 3,5 GHz, las características del canal favorecen la tecnología OFDM, dado que ésta permite despliegues más flexibles ya que no sufre de algunas de las

restricciones de otros sistemas, tales como distancias de enlace cortas, requisito de línea de vista (LOS) y limitaciones de la antena. El funcionamiento en condiciones sin línea de vista (NLOS) facilita la instalación y mejora la cobertura.

La tecnología OFDM es robusta en condiciones de canal adversas y permite el funcionamiento en condiciones de NLOS, manteniendo un alto nivel de eficiencia espectral. Esta tecnología mitiga de manera efectiva la degradación del rendimiento debida al trayecto múltiple, y es capaz de combatir desvanecimientos profundos en una parte del espectro. La modulación de las subportadoras OFDM puede modificarse dinámicamente para ajustarse a las variaciones temporales del canal, y permite una operación eficiente con preámbulos muy cortos o inexistentes.

4.1.2.4.1 Control de Acceso al Medio

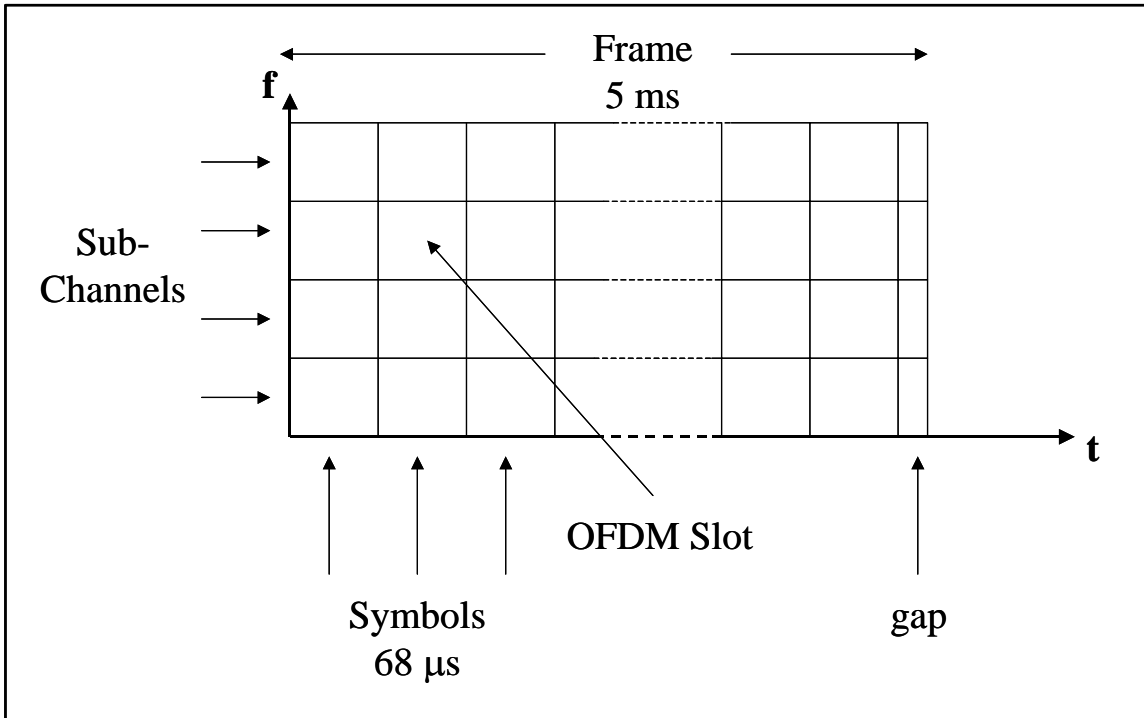
El Control de Acceso al Medio (MAC) del sistema está diseñado para aplicaciones punto a multipunto de acceso inalámbrico de banda ancha. Soporta tasas de bit elevadas, tanto en el sentido ascendente (hacia la Estación Base) como en el descendente (desde la Estación Base), admitiendo cientos de Unidades de Abonado por canal, que pueden ser compartidas por múltiples usuarios finales.

El protocolo orientado a conexión soporta una amplia variedad de tipos de servicio, habilitando múltiples conexiones por Unidad de Abonado, con la Calidad de Servicio (QoS) apropiada asignada a cada conexión, de acuerdo al tipo de servicio. Mediante la asignación de esquemas de modulación y codificación para cada ráfaga, se consigue una alta eficiencia en el transporte. El perfil de ráfaga se ajusta de forma adaptativa para cada Unidad de Usuario. De este modo, el MAC puede usar un perfil de ráfaga eficiente en ancho de banda en condiciones favorables del enlace, pasando a usar perfiles que favorecen la disponibilidad, aunque sean menos eficientes bajo condiciones menos favorables del canal, para maximizar la disponibilidad global del enlace.

El sistema trabaja en modo Dúplex por División en Frecuencia, con Estaciones Base trabajando en modo dúplex completo y Unidades de Abonado en modo dúplex medio, soportando anchos de banda de bien 3,5 MHz o 1,75 MHz por canal.

Las transmisiones se dividen en tramas de 5 milisegundos. La estructura general de la trama se muestra a continuación.

Interfaz de Acceso para LMDS/WIMAX en la banda de 3,5 GHz



Cada trama consta de 73 símbolos, donde la longitud de cada símbolo es de 68 microsegundos, y una separación entre tramas (gap) de 36 microsegundos.

En el dominio de la frecuencia existen múltiples subportadoras, según se indica en la siguiente tabla.

Tipo de Subportadora	Canal de 3.5 MHz	Canal de 1.75 MHz
Datos	192	96
Piloto	16	8
Guarda	48	24
Total	256	128
Número de subcanales	4	2

Los pilotos se usan para la sincronización del módem en recepción.

Las subportadoras de guarda se sitúan a ambos extremos del canal para garantizar una mínima separación entre canales adyacentes.

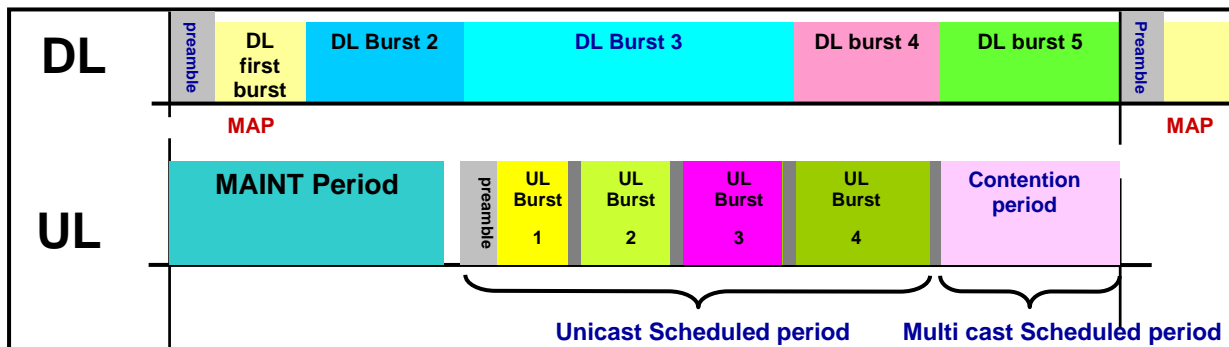
Cada subcanal contiene 48 subportadoras de datos y 4 pilotos, distribuidos a lo largo de todo el ancho de banda del canal.

Se define un Slot OFDM como los símbolos OFDM (subportadoras) pertenecientes a cierto subcanal que se transmiten/reciben durante la duración de un único símbolo.

4.1.2.5 DESCRIPCIÓN DEL CANAL LÓGICO

A través del MAC, cada estación base asigna anchos de banda en el enlace ascendente y descendente para satisfacer de forma casi instantánea los requisitos de prioridad de ancho de banda de los abonados. El protocolo de MAC controla el medio de forma que las unidades de abonado transmiten sólo en las ventanas de transmisión asignadas.

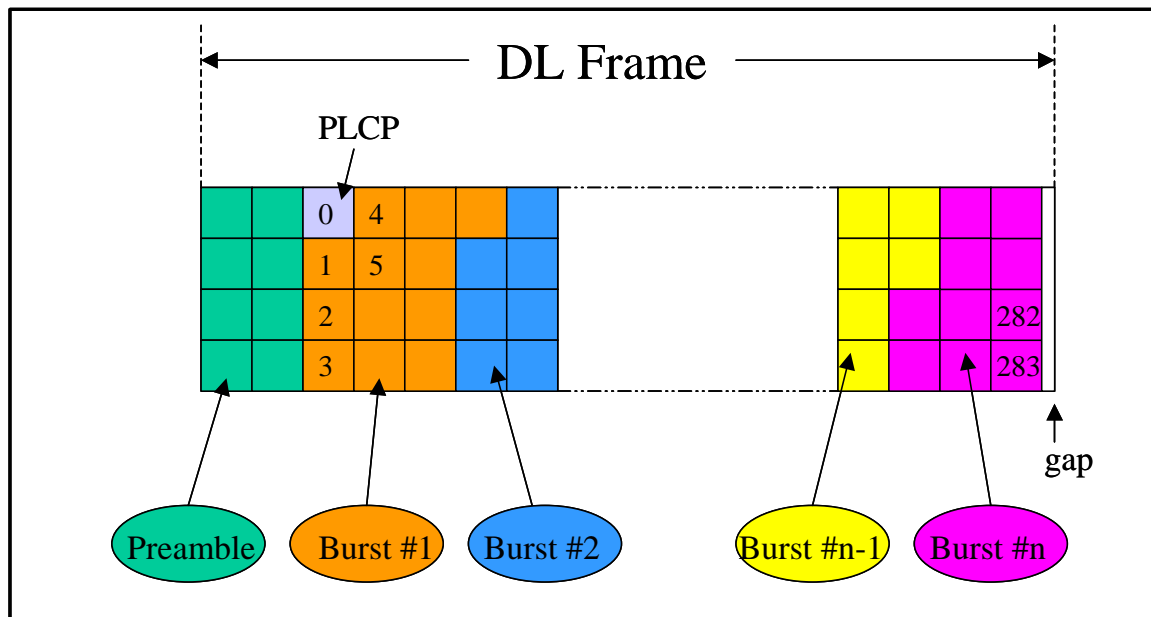
Este método de MAC se basa en mensajes MAP que se envían en modo broadcast desde la estación base tras cada intervalo de tiempo (trama), y definen la temporización y los perfiles de las ráfagas en los sentidos descendente y ascendente.



El protocolo de MAC está diseñado para transportar cualquier tipo de datos o tráfico multimedia, soportando de forma altamente flexible la Calidad de Servicio (QoS). Para proporcionar de forma eficiente esta variedad de servicios, el protocolo soporta tanto tráfico continuo como en ráfagas. El protocolo es orientado a conexión, permitiendo una definición flexible de atributos QoS para cada conexión. La capacidad de negociación permite soportar una amplia variedad de terminales.

4.1.2.5.1 Estructura de trama en sentido descendente

Interfaz de Acceso para LMDS/WIMAX en la banda de 3,5 GHz



En el sentido descendente del enlace, el elemento básico de transmisión (granularidad) es un Slot OFDM. Para cada Slot OFDM se puede utilizar un nivel de modulación y un esquema de codificación distintos.

Cada trama en sentido descendente incluye un preámbulo con una cabecera PLCP (Protocolo de Convergencia de Capa Física) y un número variable de ráfagas.

El preámbulo tiene una longitud fija de dos símbolos, y va seguido de una cabecera PLCP (un slot) que incluye información acerca de la siguiente ráfaga, la cual es la ráfaga MAP (que define la longitud, modulación y tasa de codificación de la siguiente trama). La cabecera PLCP se transmite usando modulación BPSK y tasa de codificación de 1/2.

Cada ráfaga incluye un número de slots OFDM. Todos los slots pertenecientes a la misma ráfaga utilizan la misma modulación y codificación. Cada ráfaga termina con un CRC de 32 bits. El plan de numeración de los slots, tal como se indica en la figura, indica el orden de transmisión de la información.

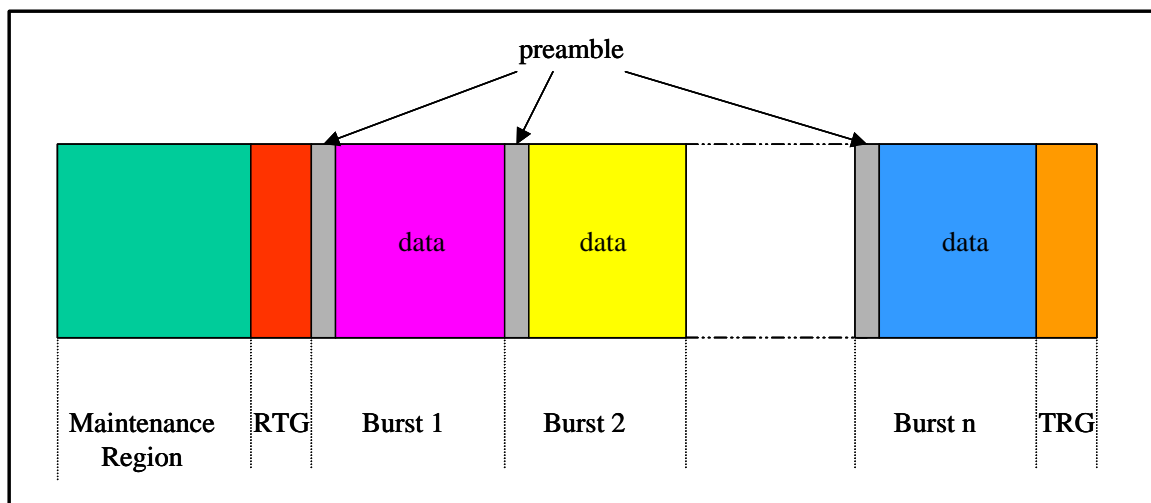
La primera ráfaga (#1) de cada trama es la ráfaga MAP, que proporciona información en la estructura de las siguientes tramas en sentido ascendente y descendente. Una vez cada cinco segundos aproximadamente, el mensaje Descriptor de Canal Ascendente (UCD) se incluye también en la ráfaga MAP. La ráfaga MAP se transmite usando la modulación y tasa de codificación definidas por el parámetro configurable Downlink Basic Rate (Tasa Básica para el sentido Descendente).

Siguiendo a la ráfaga MAP (y a la ráfaga de Broadcast en caso de existir), se transmiten las ráfagas de información. Cada ráfaga de información se corresponde con una Unidad de Abonado específica, o a varias Unidades de Abonado capaces de recibir a la velocidad de dicha ráfaga. La ráfaga de información se transmite usando una tasa (modulación y

codificación) asignada por el algoritmo de tasa múltiple, de acuerdo a las capacidades del enlace con las Unidades de Abonado.

El final de la trama puede incluir una ráfaga “vacía” de relleno (Padding), usada cuando no hay información a transmitir en los slots restantes.

4.1.2.5.2 Estructura de trama en sentido ascendente



En el sentido ascendente, el elemento más pequeño (granularidad) es un Símbolo. La trama en sentido ascendente incluye los siguientes elementos:

- La Región de Mantenimiento, es un período al principio de la trama reservado para las nuevas Unidades de Abonado que intenten unirse a la celda. Durante este tiempo, nuevas Unidades de Abonado pueden transmitir el primer mensaje de Petición de Rango (RNG-REQ), comenzando el proceso de registro en red.
- RTG, o Gap de Rx/Tx, es el tiempo requerido por las Unidades de Abonado para poder conmutar del modo de recepción al de transmisión. Tras el RTG, las Unidades de Abonado pueden comenzar a transmitir según la provisión de ancho de banda proporcionada en el MAP previo. Esta es la región de transmisiones programadas, en la cual la precisión en la sincronización es crítica. En cualquier caso, pueden existir gaps de tiempo entre las transmisiones. Cada ráfaga incluye dos símbolos de preámbulo y al menos un símbolo de datos.
- TRG, o Gap de Tx/Rx, al final de cada trama, asegura que las Unidades de Abonado pasan al modo de recepción antes del principio de la siguiente trama en sentido descendente.

4.1.2.6 DESCRIPCIÓN DEL SERVICIO

Se soportan cuatro clases de servicio, atendiendo a los diferentes requisitos de Calidad de Servicio (QoS):

- El servicio **Continuous Grant (CG)** está diseñado para transportar servicios de tiempo real con tasa de bits constante (CBR), caracterizados por la transmisión periódica de paquetes de datos de tamaño fijo, tales como voz sobre IP (VoIP) o E1/T1. La Estación Base programa regularmente, de forma apropiativa, reservas de ancho de banda del tamaño definido en el establecimiento de la conexión, sin una petición expresa de la Unidad de Abonado. Esto elimina la carga y la latencia de las peticiones de ancho de banda, permitiendo cumplir con los requisitos de retardo y de variación de retardo del servicio transportado. Los parámetros del servicio incluyen Tamaño del Paquete (tamaño de la reserva de ancho de banda no solicitada) y Tasa de Muestreo (intervalo de la reserva de ancho de banda).
- El servicio **Real-Time (RT)** está diseñado para cubrir las necesidades de los servicios de Tiempo Real con tasa de bits variable, caracterizados por requerir una tasa de bits y un retardo garantizados, tales como transmisión de video o audio en tiempo real (streaming). Estos servicios son dinámicos por naturaleza, pero ofrecen oportunidades de peticiones dedicadas periódicas para cumplir con los requisitos de tiempo real. Dado que la Unidad de Abonado manda peticiones explícitas, la carga del protocolo y la latencia aumentan, pero la capacidad está garantizada sólo de acuerdo a las necesidades reales de la conexión. Los parámetros del perfil QoS incluyen la Tasa de Información Comprometida (Committed Information Rate: CIR) y el Tiempo Comprometido (Committed Time: CT)
- El servicio **Non-Real-Time (NRT)** es muy similar al servicio de Tiempo Real. Estos servicios de tasa de bit variable Non-Real-Time, tales como la transferencia de archivos o el acceso a Internet con una tasa mínima garantizada, se caracterizan por requerir una tasa de bits garantizada, pero pueden tolerar retardos mayores y son más bien inmunes al jitter. Los parámetros del Perfil QoS incluyen el Committed Information Rate (CIR), Committed Time (CT) y Maximum Information Rate (MIR), que limita la tasa de bits para que los servicios que consumen un gran ancho de banda no se expandan hasta ocupar el ancho de banda total del canal.
- El servicio **Best Effort (BE)** se destina a aquellos servicios en los cuales no se proporciona garantía ni sobre la tasa de transferencia ni sobre el retardo. Las Unidades de Abonado envían peticiones de ancho de banda bien en slots de acceso aleatorios o en oportunidades de transmisión dedicadas. La ocurrencia de oportunidades dedicadas está sujeta a la carga de la red, y la Unidad de Abonado no puede contar con su existencia. Los parámetros del servicio incluyen el Committed Time (CT) y el Maximum Information Rate (MIR).

4.1.2.7 FUNCIONALIDAD DE LA INTERFAZ AÉREA

La interfaz aérea dispone de las siguientes funcionalidades, que permiten aumentar las tasas de transferencia y la calidad del servicio:

- Cobertura en condiciones de NLOS: la tecnología avanzada OFDM mejora el rendimiento en condiciones sin línea de vista (NLOS), mejorando la inmunidad frente a interferencias y conflictos de trayecto múltiple típicos en entornos de alta densidad de población tales como las áreas urbanas.
- Tecnología de modulación adaptada: permite maximizar el ancho de banda y la tasa de transferencia, ajustando el tipo de modulación y la tasa de codificación para responder a diferentes calidades del enlace.

4.1.2.8 GESTIÓN DE LA INTERFAZ AÉREA

Se emplea un algoritmo de Control Remoto de Potencia de Transmisión (RTPC) para adaptar de forma dinámica la potencia de transmisión de cada Unidad de Abonado (SU), de forma que se recibe en la estación base con un nivel de potencia óptimo. El algoritmo se gestiona en la Unidad de Acceso (AU) de la estación base y los valores óptimos se calculan de forma separada para cada Unidad de Abonado basándose en el nivel actual de recepción en la AU. Los mensajes MAP transmitidos a las Unidades de Abonado incluyen información acerca del cambio requerido en el nivel de potencia de subida o bajada para conseguir un nivel de potencia de transmisión óptimo.

Se utiliza un algoritmo de tasa múltiple para adaptar de forma dinámica el esquema de modulación y la codificación de FEC a las condiciones del enlace en cada momento. El algoritmo se gestiona desde la Unidad de Acceso, teniendo en cuenta también la información recibida de las Unidades de Abonado conectadas. Los valores óptimos se calculan de forma separada para los enlaces en sentido ascendente y descendente para cada Unidad de Abonado, teniendo en cuenta también los requisitos de QoS aplicables. Los mensajes MAP transmitidos a las Unidades de Abonado incluyen información en la tasa de bits en sentido ascendente que deberá usar la Unidad de Abonado en su próxima transmisión.

La Tasa Básica es la tasa de bits mínima que deberá utilizar el algoritmo de tasa múltiple. Esta es también la tasa de bits que se utiliza para las transmisiones broadcast y multicast en el enlace en sentido descendente. Los mensajes broadcast y multicast no son reconocidos (ACK), así que el mecanismo de retransmisión automática (ARQ) no puede usarse y no hay forma de garantizar que todos los destinatarios deseados los recibirán correctamente. Además, los mensajes multicast y broadcast se envían a múltiples destinatarios con calidades de enlace diferentes. Por lo tanto, es preferible usar una tasa relativamente baja para estas transmisiones, reduciendo así la probabilidad de error y aumentando la probabilidad de que todos los destinatarios los reciban correctamente.

Interfaz de Acceso para LMDS/WIMAX en la banda de 3,5 GHz
4.1.2.9 EFICIENCIA ESPECTRAL

La tecnología OFDM avanzada de este sistema permite obtener la mayor eficiencia espectral disponible en cada caso.

La siguiente tabla muestra el cálculo de la tasa bruta de información que se puede obtener con cada esquema de modulación y codificación:

Tipo de Modulación	Tasa de codificación	Nº de bits/ Subportadora/ Símbolo	Bits de información/Slot	Bits de información/seg	
				3,5 MHz	1,75 MHz
BPSK	1/2	1	24	1,401,600	700,800
	3/4	1	36	2,102,400	1,051,200
QPSK	1/2	2	48	2,803,200	1,401,600
	3/4	2	72	4,204,800	2,102,400
QAM16	1/2	4	96	5,606,400	2,803,200
	3/4	4	144	8,409,600	4,204,800
QAM64	2/3	6	192	11,212,800	5,606,400
	3/4	6	216	12,614,400	6,307,200

El número de bits por subportadora y por símbolo viene definido por la modulación utilizada. La tasa de codificación define el número de bits de información.

$$\text{Tasa de codificación} = \text{Bits de información} / \text{Bits totales}$$

El número de bits de información por Slot OFDM (bits de información/subcanal/símbolo) se calcula usando la fórmula siguiente:

$$\text{Bits de información/Slot OFDM} = B * C * 48$$

B = Número total de bits/subportadora/símbolo

C = Tasa de codificación

48 = Número de subportadoras en cada subcanal.

La tasa total de información disponible se calcula usando la fórmula:

Interfaz de Acceso para LMDS/WIMAX en la banda de 3,5 GHz

*Bits de información/segundo = (Bits de información/Slot OFDM)*S*73*200.*

S = Número de subcanales por símbolo. S = 4 para canales de 3,5 MHz y S=2 para canales de 1,75 MHz.

73 = Número de símbolos por trama.

200 = Número de tramas por segundo

La tasa de transferencia neta depende de la modulación y tipo de tráfico usados en cada caso.

4.1.2.10 PROCESAMIENTO DEL TRÁFICO DE ENLACES AÉREOS

Se permite la configuración de sobresuscripción (OSR). En caso de exceso de demanda, en primer lugar se disminuirá el MIR de los servicios de tipo NRT y BE. A continuación, si es necesario se disminuirá el CIR de los servicios NRT, siguiendo con la disminución del CIR de los servicios RT, y en último lugar se reducirá la tasa de transferencia de los servicios CG.

Para cada tipo de servicio, se reducirán todos los servicios de abonado en el mismo grado (se disminuirá en el mismo porcentaje la tasa de transferencia de cada servicio), siguiendo el orden de tipo de servicio arriba descrito.

4.2 INTERFAZ DEL SISTEMA IEEE 802.16-2004

La señal radioeléctrica es una señal de acuerdo con el estandar IEEE 802.16-2004, en el perfil de 3,5 GHz – 3,5 MHz FDD definido por el WiMAX Forum.

Cualquier red o equipo interior de usuario que cumpla con este estándar y disponga del oportuno certificado de interoperatividad WiMAX, podrá ser conectado a esta red.