

ESCUELA POLITECNICA NACIONAL

**FACULTAD DE INGENIERIA ELECTRICA Y
ELECTRONICA**

**ESTUDIO DE LA INTEROPERABILIDAD DE LA TECNOLOGÍA
INALÁMBRICA: WI-MAX (ANEXO E-2005) DEL ESTÁNDAR IEEE
802.16 CON LA RED CELULAR DE TERCERA GENERACIÓN:
GSM (UMTS).**

**PROYECTO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERA EN ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES**

MAYRA ELIZABETH POZO RODRIGUEZ
mayritapozo@hotmail.com

DIRECTOR: Ing. CARLOS EGAS
cegas@ieee.org

Quito, Junio 2010

CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por Mayra Elizabeth Pozo Rodríguez, bajo mi supervisión.

Ing. Carlos Egas
DIRECTOR DE PROYECTO

DECLARACION

Yo, Mayra Elizabeth Pozo Rodríguez, declaro bajo juramento que el trabajo aquí desarrollado es de mi autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración cedo mi derecho de propiedad intelectual correspondiente a este trabajo, a la Escuela Politécnica Nacional, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normatividad institucional vigente.

Mayra Pozo Rodríguez.

DEDICATORIA

A Dios, porque siempre ha estado presente en mi vida, guiándome por el camino del bien; a mis queridos padres, quienes a pesar de las circunstancias siempre confiaron en mí y me apoyaron para lograr una meta mas en mi vida; a mis queridos hermanos por creer en mí; y de manera muy especial a los seres que más amo, dos angelitos que han sido mi esperanza y fortaleza creer en mí misma: BRANK Y EDDIE, mis hijos.

AGRADECIMIENTO

Quiero expresar mi más profundo agradecimiento en primer lugar a Dios, que sin su bendición no me hubiese sido imposible vencer obstáculos que se me presentaron a lo largo de mi vida personal y estudiantil.

A los profesores de la Escuela Politécnica Nacional por impartirme sus sabios conocimientos.

A mi Director de tesis por sus sabios consejos.

A mis padres por ser mi apoyo durante todos los días de mi existencia.

MAYRA

Contenido:

RESUMEN	10
CAPITULO 1	12
1. VISION GENERAL DE LAS REDES DE NUEVA GENERACION CON SERVICIOS DE VOZ Y DATOS	12
1.1. INTRODUCCION	12
1.2. REDES INALÁMBRICAS	13
1.3. CLASES DE REDES INALÁMBRICAS	14
1.3.1. REDES DE ÁREA LOCAL INALÁMBRICAS WLAN	15
1.3.2. ESPECIFICACIONES DE WLANS	15
Velocidad y frecuencias de operación de las WLANs	15
1.3.2.1. Estándar IEEE 802.11a	16
1.3.2.2. Estándar IEEE 802.11b	16
1.3.2.3. Estándar IEEE 802.11g	16
1.3.2.4. Estándar IEEE 802.11s.....	17
1.4. OTROS ESTÁNDARES PARA REDES INALÁMBRICAS	18
1.5. REDES DE ÁREA METROPOLITANA (WMAN)	19
1.5.1. IEEE 802.16a.....	20
1.5.2. IEEE 802.16d.....	20
1.5.2.1. Características del rendimiento del estándar IEEE 802.16d.....	20
1.6. WIMAX MÓVIL	21
1.6.1. ESTÁNDAR IEEE 802.16e-2005.....	21
1.7. REDES DE ÁREA PERSONAL WPAN	23
1.8. REDES MÓVILES CELULARES	24
1.8.1. EVOLUCIÓN DE LA TECNOLOGÍA CELULAR.....	24
1.9. TECNOLOGÍAS INALÁMBRICAS EMPLEADAS EN LA TRANSMISIÓN DE VOZ, DATOS Y VIDEO	28
1.9.1 MMDS (MICROWAVE MULTIPOINT DISTRIBUTION SYSTEM).....	28
1.9.1.1. Acceso a internet de alta velocidad vía MMDS	28
1.9.2. LMDS SERVICIOS DE DISTRIBUCIÓN MULTIPUNTO LOCALES	29
1.10. ACCESO INALÁMBRICO DE BANDA ANCHA	30
1.10.1. SISTEMA UNIVERSAL DE TELECOMUNICACIONES MÓVILES (UMTS - UNIVERSAL MOBILE TELECOMMUNICATIONS SYSTEM).....	30
1.10.2. ACCESO A PAQUETES DE ALTA VELOCIDAD (HSPA - HIGH SPEED PACKET ACCESS).....	31
1.10.3. HSDPA - HIGH SPEED DOWNLINK PACKET ACCESS - ACCESO A PAQUETES DE ALTA VELOCIDAD EN EL DOWNLINK.....	31
1.10.4. EDGE (ENHANCED DATA FOR GLOBAL EVOLUTION).....	32
1.10.5. GPRS GENERAL PACKET RADIO SERVICES	33
1.11. COMPARACION ENTRE LAS DIFERENTES REDES INALÁMBRICAS	33
1.12. TÉCNICAS DE ACCESO AL MEDIO	34
1.12.1. CDMA (ACCESO MÚLTIPLE POR DIVISIÓN DE CÓDIGO)	34
1.12.2. TDMA MULTIPLEXACION POR DIVISIÓN EN EL TIEMPO	35
1.12.3. WCDMA (WIDEBAND CODE DIVISION MULTIPLE ACCESS)	35
1.12.4. OFDM (ORTHOGONAL FREQUENCY DIVISION MULTIPLEXING).....	37
1.12.4.1. Características de la modulación OFDM	38
1.12.5. OFDMA (ORTHOGONAL FREQUENCY DIVISION MULTIPLE ACCESS).....	39

1.12.6. S-OFDMA (SCALABLE ORTHOGONAL FREQUENCY DIVISION MULTIPLEXING ACCESS).....	40
1.12.6.1. Parámetros técnicos y de funcionamiento De S-OFDMA	42
Tabla 1.7. Parámetros de S-OFDMA	42
1.12.7. MIMO – OFDM.....	42
1.12.8. AAS (ADAPTIVE ANTENNA SYSTEM)	43
1.13. TÉCNICAS DE DUPLEXACIÓN EN LAS COMUNICACIONES MÓVILES	43
1.13.1. TDD (Duplexacion por división de tiempo)	44
1.13.2. FDD (Duplexacion por división de frecuencia)	44
1.13.3. COMPARACIÓN DE TDD y FDD	44
1.14. TÉCNICAS DE MODULACIÓN.....	45
1.14.1. BPSK (Binary phase-shift keying).....	45
1.14.2. QPSK (Quadrature phase-shift keying)	46
1.14.3. QAM (Quadrature amplitude modulation).....	47
1.15. CONVERGENCIA DE LOS SERVICIOS DE VOZ, DATOS Y VIDEO	47
1.15.1. EVOLUCIÓN DE LOS SISTEMAS DE TELECOMUNICACIONES FIJOS	47
1.15.2. TRANSMISIÓN DE LA VOZ.....	48
1.15.3. TRANSMISIÓN DE LOS DATOS	49
1.15.3.1. Par Trenzado	49
1.15.3.2. Cable Coaxial	50
1.15.3.3. Fibra Óptica.....	50
1.15.3.4. Internet	51
1.16. CRITERIOS DE CONVERGENCIA	52
1.17. REDES DE NUEVA GENERACION.....	53
<i>CAPÍTULO II.....</i>	<i>56</i>
<i>2. ESTUDIO TÉCNICO Y OPERACIONAL DE LOS PROTOCOLOS QUE SE EMPLEAN A NIVEL DE ENLACE ENTRE LA RED INALÁMBRICA WI-MAX (ANEXO E – 2005) Y LA RED CELULAR DE TERCERA GENERACIÓN UMTS, CON TECNOLOGÍA WCDMA</i>	<i>56</i>
2.1. INTRODUCCION A LAS TECNOLOGÍAS INALÁMBRICAS DE NUEVA GENERACION.....	56
2.2. REQUERIMIENTOS DE UN SISTEMA DE TERCERA GENERACIÓN	57
Los sistemas de tercera generación deberán proveer soporte para aplicaciones como:	58
2.3. TECNOLOGÍAS DOMINANTES EN LAS TELECOMUNICACIONES	59
2.3.1. TECNOLOGÍA UMTS.....	59
2.3.1.1. Origen de UMTS.....	59
2.3.1.2. Características de la tecnología UMTS	59
2.3.1.3. Espectro UMTS.....	61
2.3.1.4. Arquitectura de red UMTS.....	62
2.4. INTERFAZ DE RADIO WCDMA.....	69
2.5. PROTOCOLOS DE LA RED UMTS	71
2.5.1. ARQUITECTURA DE LOS PROTOCOLOS DE RADIO	73
2.5.1.1. PDCP (Packet Data Convergence Protocol).....	74
2.5.1.2. BMC (Broadcast / Multicast Control)	75
2.6. CALIDAD DE SERVICIO EN UMTS	75
2.6.1. CLASES DE CALIDAD DE SERVICIO EN UMTS.....	76
2.7. SERVICIOS QUE BRINDA LA RED UMTS.....	77
2.8. TECNOLOGÍA WIMAX.....	78

2.9. ESTÁNDARES DE WIMAX.....	80
2.9.1. IEEE 802.16 “INTERFAZ AÉREA PARA SISTEMAS FIJOS DE ACCESO INALÁMBRICO DE BANDA ANCHA”	80
2.9.2. IEEE 802.16-2004.....	82
2.10. TÉCNICAS DE MODULACIÓN EMPLEADAS EN WIMAX	84
2.10.1. OFDM ORTHOGONAL FREQUENCY DIVISION MULTIPLEXING	84
2.10.2. OFDMA ORTHOGONAL FREQUENCY DIVISION MULTIPLE ACCESS	86
2.10.3. S-OFDMA SCALABLE ORTHOGONAL FREQUENCY DIVISION MULTIPLE ACCESS	88
2.11. WIMAX MÓVIL ESTÁNDAR IEEE 802.16 e-2005.....	88
2.11.1. CARACTERÍSTICAS DE WIMAX MÓVIL.....	89
2.11.2. ESTÁNDAR IEEE 802.16-e.....	91
2.11.3. LA CAPA FÍSICA PHY	91
Especificaciones técnicas de operación de Wimax móvil en la capa PHY	92
2.11.4. CONTROL DE ACCESO AL MEDIO (MAC).....	92
2.11.5. CALIDAD DE SERVICIO DE WIMAX MÓVIL QOS	93
2.12. DESCRIPCIÓN DE LOS PROTOCOLOS EMPLEADOS EN LAS TECNOLOGÍA WIMAX MÓVIL Y UMTS.....	94
2.12.1. DEFINICIÓN DE PROTOCOLO.....	94
2.12.2. PROTOCOLO H.323.....	96
2.12.3. PROTOCOLO 3G-324M.....	97
2.12.4. SIP (PROTOCOLO DE INICIACIÓN DE SESIÓN).....	98
2.12.5. MGCP (MEDIA GATEWAY CONTROL PROTOCOL).....	99
2.12.6. PROTOCOLO IP (INTERNET PROTOCOL)	100
2.12.7. IMS SIP (IP MULTIMEDIA SUBSYSTEM)	101
2.13. PILA DE PROTOCOLOS PARA SEGURIDAD Y AUTENTICACIÓN, EMPLEADOS EN LA TECNOLOGÍA WIMAX MÓVIL.....	102
2.13.1. PROTOCOLO EAP	102
2.13.2. RSA (ALGORITMO ASIMÉTRICO DE ENCIFRAMIENTO).....	103
2.14. PROTOCOLOS DE MÓVILIDAD.....	103
2.14.1. IAPP (INTER - ACCESS POINT PROTOCOL).....	104
2.14.2. IEEE 802.11r FAST BSS TRANSITION (FAST ROAMING).....	105
2.14.3. IEEE 802.11k RADIO RESOURCE MEASUREMENT (RRM).....	105
2.14.4. IEEE 802.21 MEDIA INDEPENDENT HANDOVER	106
CAPÍTULO III	108
3. INTEROPERABILIDAD ENTRE LAS TECNOLOGÍAS WIMAX (ANEXO E-2005) Y UMTS (SISTEMA UNIVERSAL DE TELECOMUNICACIONES MÓVILES).....	108
3.1. POR QUÉ OPTAR POR LA INTEROPERABILIDAD.....	108
3.2. ANÁLISIS DE FACTIBILIDAD PARA LA INTEROPERABILIDAD ENTRE WIMAX (ANEXO E-2005) DEL ESTÁNDAR IEEE 802.16 CON LA RED CELULAR DE TERCERA GENERACIÓN: GSM (UMTS).....	109
3.2.1. CRITERIOS DE INTEROPERABILIDAD DE LAS TECNOLOGÍAS EN ESTUDIO.....	111
3.3. OPERACIÓN DE LAS TECNOLOGÍAS WIMAX MÓVIL Y UMTS EN SUS DIFERENTES CAPAS, PARA LA TRANSMISIÓN DE SERVICIOS DE COMUNICACIONES	114
3.3.1. CONDICIONES TÉCNICAS DE OPERACIÓN DE LA TECNOLOGÍA WIMAX MÓVIL (ESTÁNDAR IEEE 802.16e-2005), EN SU NIVEL FÍSICO Y DE ENLACE	115
3.3.2. NIVEL FÍSICO DE WIMAX MÓVIL	115
3.3.2.1. Bandas de frecuencia.....	116
3.3.2.2. Especificaciones de capa física	116
3.3.3. NIVEL DE ENLACE DE WIMAX MÓVIL.....	121
3.3.3.1. PKMv1-RSA (Protocolo de Gerenciamiento de Llaves).....	123

3.3.3.2. AES-CCM (Advanced Encryption Standard modo MCP)	123
3.3.3.3. HMAC Hash Message Authentication Codes	124
3.3.4. MODO DE OPERACIÓN DE LA RED UMTS CON TECNOLOGÍA WCDMA A NIVEL FÍSICO Y DE ENLACE.....	126
3.3.4.1. Operación de la Capa Física.....	130
3.3.4.2. Proceso a nivel de capa física.....	131
3.3.4.3. Estructura de la trama y supertrama en UMTS (UTRA FDD: W-CDMA).....	131
3.3.5. LA CAPA DE ENLACE.....	133
La subcapa MAC	133
3.3.5.1. La subcapa RLC (Radio Link Control)	133
3.3.5.2. Arquitectura de la red UMTS con tecnología WCDMA.....	136
3.4. CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE LAS TECNOLOGÍAS EN ESTUDIO.....	137
3.4.1. UMTS (SISTEMA UNIVERSAL DE TELECOMUNICACIONES MÓVILES).....	137
3.4.2. WIMAX MÓVIL – IEEE 802.16e – 2005.....	139
3.4.3. POSIBLES PROBLEMAS DE INTEROPERABILIDAD	140
3.5. ANÁLISIS Y CONSIDERACIONES TÉCNICAS PARA LA INTEROPERABILIDAD ENTRE UMTS – WIMAX MÓVIL IEEE 802.16e-2005.....	142
3.5.1. POSIBLES SOLUCIONES PARA LOGRAR LA INTEROPERABILIDAD ENTRE UMTS y WIMAX MÓVIL (IEEE 802.16–e 2005).....	146
3.6. ARQUITECTURA DE RED DE LA TECNOLOGÍA INALÁMBRICA: WI-MAX (ANEXO E-2005) DEL ESTÁNDAR IEEE 802.16 Y DE LA RED CELULAR DE TERCERA GENERACIÓN: GSM (UMTS).....	148
3.6.1. Modelo de una posible Arquitectura de Red para la red de Wimax Móvil.....	149
3.7. UMTS Y SU POSIBLE INTEROPERABILIDAD CON WIMAX MÓVIL	151
3.7.1. ANÁLISIS TECNICO	151
3.7.2. TÉCNICAS DE MODULACIÓN.....	152
3.7.2.1. UMTS	152
3.7.2.2. Wimax Móvil – Estándar IEEE 802.16e – 2005	153
3.7.3. QoS Calidad de Servicio.....	154
3.7.3.1. 3G UMTS.....	154
3.7.3.2. Wimax Móvil Estándar IEEE 802.16e-2005.....	155
3.7.4. HANDOFFS EN WIMAX MÓVIL Y UMTS	156
Hard handoffs.....	156
Soft Handoffs	156
3.7.5. ROAMING / MÓVILIDAD	157
3.7.6. POTENCIA (BATERÍAS).....	157
3.8. INTEROPERABILIDAD A NIVEL DE PROTOCOLOS.....	157
3.9. INTEGRACIÓN DE SERVICIOS DE VOZ, DATOS Y VIDEO	159
3.10. POSIBLE IMPLEMENTACIÓN DE LA RED WIMAX MÓVIL BASADA EN EL ESTÁNDAR IEEE 802.16e-2005	161
3.10. COSTO WIMAX MÓVIL FRENTE UMTS.....	164
3.11. MARCO REGULATORIO.....	164
<i>CAPÍTULO IV.....</i>	<i>166</i>
4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	166
4.1. CONCLUSIONES	166
4.2. RECOMENDACIONES.....	170
4.3. BIBLIOGRAFÍA:	172
4.4. ACRONIMOS	175

RESUMEN

El estándar UMTS desarrollado dentro de los que se conoce como IMT-2000 (Telecomunicaciones Móviles Internacionales 2000), que es el estándar global para la tercera generación de redes de comunicaciones inalámbricas 3G, definidas por un sistema de estándares de la Unión Internacional de Telecomunicaciones (ITU). IMT-2000 proporciona un marco para el acceso inalámbrico mundial uniendo los diversos sistemas de redes terrestres y satelitales, gracias a los mismos actualmente se puede encontrar en el mercado de las comunicaciones una amplia variedad de servicios tanto para usuarios fijos como móviles; sin embargo todavía existe una brecha tecnológica entre las denominadas redes fijas y redes móviles, incluso dentro del mismo entorno móvil; pues si bien es cierto la implementación de la tecnología UMTS ha podido solucionar parte de los inconvenientes de los sistemas móviles de generaciones antecesoras aún existen vacíos en los mismos. Por ejemplo si hablamos de cobertura, calidad de servicio, interrupciones en la señal y otros parámetros fundamentales que son fácilmente perceptibles por los usuarios, todavía queda mucho por hacer.

Por otra parte, el continuo desarrollo del mundo de las telecomunicaciones, hace que los usuarios se vuelvan cada vez más exigentes, y con ello que los operadores busquen día a día migrar y emplear los nuevos estándares desarrollados por la ITU, esto a fin de permanecer competitivos dentro del mercado de las comunicaciones.

Los fabricantes de equipos de Telecomunicaciones, juegan un papel dominante a la hora de desarrollar nuevos estándares, ya que son los encargados de comercializar el mismo, y por ende marcar claramente los beneficios, ventajas y desventajas que ofrece cada nuevo estándar desarrollado, a fin de lograr su despliegue; es así que el estándar móvil IEEE 802.16e-2005, se ha vuelto atractivo a los ojos de fabricantes como INTEL, MOTOROLA; HUAWEY,

ERICSON y otros, pues en un futuro no muy lejano lo consideran como un posible competidor de las tradicionales redes 3G de telefonía móvil celular.

Al realizar este proyecto de titulación, se pretende establecer si UMTS sigue teniendo grandes ventajas frente a Wimax Móvil, básicamente debido a que UMTS, es una tecnología ampliamente desarrollada y comercializada a nivel mundial, mientras que Wimax en su versión móvil, se encuentra en su etapa de prueba, y pese a que es un estándar que ya se aprobó completamente en el año 2006, todavía aspectos importantes en lo referente a equipos, aún no se encuentran bien definidos dentro del mercado de las telecomunicaciones, sin embargo Wimax móvil, en su etapa de prueba, está siendo catalogada como un complemento para las actuales redes 3G. De ahí que se analizará si podrá o no, existir interoperabilidad entre estos dos estándares de comunicaciones inalámbricas.

CAPITULO 1

1. VISIÓN GENERAL DE LAS REDES DE NUEVA GENERACIÓN CON SERVICIOS DE VOZ Y DATOS

1.1. INTRODUCCIÓN

Las Telecomunicaciones son la arteria principal de las naciones. En la sociedad actual, cada aspecto de la vida diaria depende de ellas.

Los sistemas de radiocomunicaciones utilizados en el transcurso de este tiempo, están sujetos a una innovación tecnológica acelerada. La tecnología digital y las aplicaciones de soporte lógico asociadas están al frente de la revolución, barriendo la tecnología analógica. Las aplicaciones y los sistemas inalámbricos en vías de desarrollo han cambiado completamente el concepto de los servicios de telecomunicaciones, que se prestan ahora entre personas en vez de entre lugares, cuyo objetivo último es: “comunicación con quien sea, en cualquier lugar, en cualquier momento”. Los sistemas inalámbricos se han convertido en el medio preferido de comunicación y acceso a toda la gama de servicios de información.

Vale la pena recordar cómo el mundo de las comunicaciones ha ido evolucionando a lo largo del tiempo desde cuando se utilizaba el teléfono a través de las redes de telefonía pública (PTN's) como medio principal para la comunicación entre personas de diferentes lugares del mundo, hasta los medios más sofisticados de comunicación como son mediante las redes celulares, sin embargo esto no queda ahí, pues el desarrollo tecnológico de las mismas, hace que día a día los operadores de servicios de Telecomunicaciones ofrezcan nuevos y variados servicios a sus usuarios, esto a fin de seguir siendo competitivos en este complejo mundo de las comunicaciones.

Es así que la evolución de servicios y tecnologías de las telecomunicaciones han sido habitualmente representadas por uno o varios términos, que sintetizan bien en términos sociales y en el de las claves técnicas las diferentes etapas de esta evolución, actualmente este tipo de revolución en las comunicaciones se lo conoce como “REDES DE NUEVA GENERACION”, las mismas que representan la conectividad entre diferentes tecnologías tales como: redes inalámbricas, redes celulares, la red digital de servicios integrados (RDSI), con el propósito de brindar servicios mejorados y de buena calidad a los usuarios de los mismos, tratando cada vez más de optimizar los recursos de cada una de ellas, uno de los cuales es el espectro radioeléctrico de operación, los mismos que podrían conllevar a obtener redes que generen mayor rentabilidad sin sacrificar la calidad de sus servicios.

En estos últimos años se hablado mucho sobre un nuevo estándar, el IEEE 802.16 “anexo e”, conocido como Wimax Móvil, el mismo que se ha presentado como una solución para las redes celulares 3G en lo que se refiere a llegar a lugares poco accesibles por las mismas, empleando las técnicas tradicionales como microondas o comunicaciones satelitales; sin embargo todavía existen ciertos parámetros técnicos y operacionales que impiden el desarrollo de este nuevo modelo de red, razón por la cual, en este proyecto se tratará de establecer la factibilidad o no, de interoperabilidad entre las dos tecnologías inalámbricas.

1.2. REDES INALÁMBRICAS

En la actualidad las operadoras están proveyendo nuevos servicios de valor añadido a las telecomunicaciones, y por ende a sus clientes, el desarrollo de las redes móviles fue el punto de partida para la nueva generación de servicios de comunicación inalámbrica, tal como voz, datos, vídeo y multimedia.

En lo referente a los servicios móviles celulares, la primera generación de comunicaciones inalámbricas fue analógica y progresivamente se evolucionó a estándares inalámbricos digitales que dieron lugar a las conocidas redes de segunda generación para suplir necesidades como mejor calidad de servicio,

cobertura y capacidad. Aparte de habilitar el soporte de mayor número de suscriptores por frecuencia, más los servicios de valor añadido; tales como mayor seguridad en la red y "roaming" inter-redes.

Por el avance tecnológico que han venido experimentando las telecomunicaciones, aparecieron las redes de tercera generación (3G), este término fue utilizado para servicios inalámbricos que expandieron ampliamente el rango de opciones disponibles, y a la vez permitió servicios de comunicación, información y entretenimiento desde terminales inalámbricos.

Es así como han venido evolucionando los servicios de telecomunicaciones dentro de las redes inalámbricas.

No solamente se puede hablar de redes inalámbricas celulares, las mismas que hoy en día se encuentran ampliamente difundidas alrededor del mundo, prestando variados e innovadores servicios a los usuarios como son: transmisión de voz, datos, mensajes multimedia, descarga de ringtones, aplicaciones tales como: televisión, Internet móvil, agendas electrónicas entre otras; haciendo de los mismos ya no un privilegio para quienes puedan adquirirlos, sino una necesidad para generar trabajo. Pues bien, ahora podemos encontrar nuevas tecnologías inalámbricas que poco a poco se están apoderando del mundo de las telecomunicaciones, ofreciendo servicios similares a los de las redes celulares y con mayores ventajas en lo que se refiere a infraestructura, alcance, frecuencias de operación, y otras que se detallaran a lo largo de este estudio.

1.3. CLASES DE REDES INALÁMBRICAS

Es importante hablar de las diferentes redes inalámbricas para establecer ciertos parámetros de comparación entre las mismas.

Dentro de las principales redes inalámbricas se encuentran las siguientes:

1. Redes de área local inalámbricas (WLAN - IEEE 802.11).
2. Redes de área metropolitana inalámbricas (WMAN – IEEE 802.16).
3. Redes de área personal inalámbricas (WPAN – IEEE 802.15)
4. Redes móviles celulares de tercera generación

1.3.1. REDES DE ÁREA LOCAL INALÁMBRICAS WLAN

En los últimos años las redes inalámbricas (WLAN, Wireless Local Area Network) han ganado mucha popularidad en mercados verticales tales como hospitales, fabricas, bodegas, tiendas de autoservicio, tiendas departamentales, pequeños negocios y áreas académicas. Las redes inalámbricas permiten a los usuarios acceder a información y recursos en tiempo real sin necesidad de estar físicamente en un sólo lugar. Con WLANs la red por sí misma es móvil eliminando la necesidad de usar cables, y establece nuevas aplicaciones añadiendo flexibilidad a la red, y lo más importante, incrementa la productividad y eficiencia en las actividades diarias de la empresa. Un usuario dentro de una red inalámbrica puede transmitir y recibir voz, datos y video dentro de edificios, entre edificios o campus universitarios e inclusive sobre áreas metropolitanas a velocidades de hasta 11 Mbps.

Las nuevas posibilidades que ofrecen las WLANs son permitir fácilmente la incorporación de nuevos usuarios a la red, ofrecer una alternativa de bajo costo a los sistemas cableados, además de la posibilidad de acceder a cualquier base de datos o a cualquier aplicación localizada dentro de la red. Esto hace que las redes inalámbricas presenten ciertas ventajas respecto a las tradicionales redes fijas.

1.3.2. ESPECIFICACIONES DE WLANS

Velocidad y frecuencias de operación de las WLANs

La evolución de las redes de área local inalámbricas (WLAN), ha sido increíble y muy rápida en estos últimos años, pues además de las tecnologías IEEE 802.11a, IEEE 802.11b, IEEE 802.11g; se han planteado las nuevas redes

conocidas como Wi-Mesh que están definidas dentro del estándar IEEE 802.11s la misma que cuenta con un mayor ancho de banda y mayor cobertura respecto de las ya establecidas Wi-Fi.

Los estándares WLAN comenzaron con el estándar 802.11 desarrollado en el año de 1997 por el Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos (IEEE). Estos estándares permiten transmisiones de datos de hasta 2 Mbps, las mismas que han sido mejoradas con el paso del tiempo.

1.3.2.1. Estándar IEEE 802.11a

Soporta velocidades de hasta 54 Mbps utilizando modulación OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplexing) en la banda de frecuencia de los 5 GHz. Este estándar presenta una amplia gama de velocidades: 6, 9, 12, 18, 24, 36, 48 y 54 Mbps.

1.3.2.2. Estándar IEEE 802.11b

Estándar conocido como Wi-Fi, es una extensión de velocidad del estándar inicial 802.11, emplea una modulación DSSS (Direct Sequence Spread Spectrum), permitiendo la operación en la banda de 2,4 GHz y una velocidad de hasta 11 Mbps.

1.3.2.3. Estándar IEEE 802.11g

Establece una técnica de modulación adicional para la banda de los 2.4 GHz DSSS (Direct Sequence Spread Spectrum) y también modulación OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplexing). Dirigido a proporcionar velocidades de hasta 54 Mbps. Constituye además el punto intermedio entre los estándares IEEE 802.11a e IEEE 802.11b.

1.3.2.4. Estándar IEEE 802.11s

Conocida como Wi-Fi en malla (Wi-Fi mesh networks), el borrador del estándar 802.11s define la capa física y enlace de datos para redes en malla. Esta topología aumenta la cobertura de la red y le permite estar siempre activa, aún cuando uno de los puntos de acceso falle. Se pueden agregar usuarios y puntos de acceso a la red para añadir capacidad. Así como en la red Internet, la cual funciona en malla; agregar nodos a la red, la hace escalable y redundante.

El estándar ofrece flexibilidad, requerida para satisfacer los requerimientos de ambientes residenciales, de oficina, campus, seguridad pública y aplicaciones militares. La propuesta se enfoca sobre múltiples dimensiones: La subcapa MAC, enrutamiento, seguridad y la de interconexión.

Con las redes Wi-Fi en malla es posible conectar y comunicar entre sí los puntos de acceso (AP) de forma inalámbrica, que en una WLAN tradicional se hace mediante un cable UTP categoría 5 directamente de un switch/hub Ethernet hacia la red cableada, utilizando las mismas frecuencias del espectro disperso, ya sea en 2.4 GHz o en la banda de 5.8 GHz. Estas redes son menos ambiciosas, pero más reales. Para operar sólo necesitan de clientes ordinarios IEEE 802.11.

Las redes Wi-Fi en malla son simples, todos los puntos de acceso comparten los mismos canales de frecuencia. Esto hace a los AP relativamente baratos. El único problema es que el canal es compartido; es decir, el ancho de banda de la red. Los APs actúan como hubs, así la malla funciona de manera similar a una red plana construida completamente de hubs; es decir, todos los clientes contienden para acceder al mismo ancho de banda.

Una de las desventajas de un sistema de canal único es que no se puede transmitir y recibir al mismo tiempo. Introduciendo un considerable retardo para cada salto. A pesar de estas desventajas, los sistemas de canal único siguen siendo populares debido a su bajo costo. Sin embargo, para lograr una mejor

calidad y cobertura se necesitarán sistemas de radio con canales duales o múltiples.

Los sistemas multiradio utilizan un canal para enlaces hacia los clientes Wi-Fi y el resto para enlaces en malla hacia otros APs. En la mayoría de las arquitecturas, los enlaces a los clientes están basados en 802.11b/g, debido a que la banda de frecuencia de 2.4 GHz es la más utilizada por el hardware de los equipos Wi-Fi. En cambio, la red de malla está basada en el estándar 802.11a debido a que la banda de 5 GHz está menos congestionada, habiendo menos riesgo de interferencia entre los enlaces de la malla y los clientes. Sin embargo, el estándar 802.11 no soporta nativamente las mallas, así que cada fabricante necesita implementar su propia tecnología propietaria por encima del 802.11a. El estándar 802.11s, tiene la finalidad de reemplazar estas tecnologías propietarias, tanto para sistemas de un solo canal o de varios canales de radio.

1.4. OTROS ESTÁNDARES PARA REDES INALÁMBRICAS ¹

Tabla 1.1. Estándares 802.11

Estándar	Descripción
802.11e	Está dirigido a los requerimientos de calidad de servicio para todas las interfaces IEEE WLAN de radio.
802.11f	Define la comunicación entre puntos de acceso para facilitar redes WLAN de diferentes proveedores.
802.11h	Define la administración del espectro de la banda de los 5 GHz para su uso en Europa y en Asia Pacífico.
802.11i	Su objetivo es hacerle frente a la vulnerabilidad actual en la seguridad para protocolos de autenticación y de codificación. El estándar abarca los protocolos 802.1X, TKIP (Protocolo de Llaves Integrales –Seguras– Temporales), y AES (Estándar de Encriptación Avanzado).

En el siguiente cuadro se presenta las características más relevantes de las tecnologías Inalámbricas de Área Local ²

¹ IEEE 802.11

² IEEE 802.11

Tabla 1.2. Comparación entre las tecnologías WLANs más comunes

Comparación entre las tecnologías WLANs más comunes				
Característica	802.11	802.11b	802.11a	802.11 s
Espectro	2.4 GHz	2.4 GHz	5 GHz	5 GHz
Máxima tasa de transmisión	2 Mbps	11 Mbps	54 Mbps	54 Mbps
Conexión	No-orientado a conexión	No-orientado a conexión	No-orientado a conexión	orientado a conexión
Encriptación	RC4 de 40 bits	RC4 de 40 bits	RC4 de 40 bits	DES, 3DES
Multicast	Si	Si	Si	Si
Soporte de redes fijas	Ethernet	Ethernet	Ethernet	Ethernet, IP, ATM, UMTS, FireWire, PPP
Selección de frecuencias	FHSS o DSSS	DSSS	portadora única	portadora única con selección dinámica de frecuencias

1.5. REDES DE ÁREA METROPOLITANA (WMAN)

En primera instancia se diseñaron como una solución de conectividad fija en la categoría de la banda ancha inalámbrica, la tecnología denominada Wimax (del inglés Worldwide Interoperability for Microwave Access, Interoperabilidad Mundial para Acceso por Microondas) que es un estándar de transmisión inalámbrica de datos (802.16) proporcionando accesos concurrentes en áreas de hasta 48 kilómetros de radio y a velocidades de hasta 70 Mbps, utilizando tecnología que no requiere visión directa NLOS (Non Line of Sight). Integra la familia de estándares IEEE 802.16 y el estándar HyperMAN del organismo de estandarización europeo ETSI.

El estándar inicial **802.16** se encontraba en la banda de frecuencias de 10 - 66 GHz y requería torres LOS (Line of Sight).

Wimax se sitúa en un rango intermedio de cobertura entre las demás tecnologías de acceso de corto alcance y ofrece velocidades de banda ancha para un área metropolitana.

1.5.1. IEEE 802.16a

La versión 802.16a, ratificada en marzo de 2003, utiliza una banda del espectro más estrecha y baja, de 2 a 11 GHz, facilitando su regulación. Además, como ventaja añadida, no requiere de torres LOS (línea de vista) sino únicamente del despliegue de estaciones base (BS) formadas por antenas emisoras/receptoras con capacidad de dar servicio a unas 200 estaciones suscriptoras (SS) que pueden dar cobertura y servicio a edificios completos.

Esta tecnología de acceso transforma las señales de voz y datos en ondas de radio dentro de la citada banda de frecuencias (2 – 11 GHz). Está basada en la técnica de acceso OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplexing), y con 256 subportadoras puede cubrir una área de 48 kilómetros permitiendo la conexión sin línea vista, es decir, con obstáculos interpuestos, con capacidad para transmitir datos a una tasa de hasta 75 Mbps con una eficiencia espectral de 5.0 bps/Hz y podrá dar soporte a miles de usuarios con una escalabilidad de canales de 1,5 MHz a 20 MHz.

1.5.2. IEEE 802.16d

La especificación IEEE 802.16d conocida también como Wimax fijo es capaz de proporcionar enlaces inalámbricos fijos punto a punto a velocidades desde 1 Mbps hasta 5 Mbps, con máximos teóricos de 20 Mbps como ancho de banda por canal.

1.5.2.1. Características del rendimiento del estándar IEEE 802.16d

La versión fija del estándar Wimax, podría alcanzar un rendimiento teórico de 11 Mbps, suponiendo el uso de una antena exterior y la asignación de dos canales emparejados de 3,5 MHz, en la banda del espectro de 3,5 GHz. Sin embargo

cuando se tienen obstrucciones, el rendimiento promedio disminuye a 8 Mbps con un radio de celda de 100 metros en un área urbana densa.

Inicialmente este estándar fue concebido para alcanzar un rendimiento de 70 Mbps y un alcance en un entorno de línea de vista (LOS) de 50 Km, considerando una tecnología punto – punto inalámbrica fija con línea de vista y antenas direccionales, lo cual significa que toda la energía está esencialmente dedicada a soportar esa sola conexión, siendo está una aplicación costosa y poco práctica para Wimax.

1.6. WIMAX MÓVIL

1.6.1. ESTÁNDAR IEEE 802.16e-2005

El 7 de diciembre de 2005, el IEEE (Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos) aprobó el estándar WIMAX MÓVIL, el 802.16e, que permite utilizar este sistema de comunicaciones inalámbricas con terminales en movimiento.

Durante estos últimos años, varios fabricantes como Intel, Motorola y otros, se han dedicado a realizar varias pruebas de campo con las especificaciones ya aprobadas por el IEEE para Wimax móvil, llegando a la conclusión de que este constituye una tecnología de banda ancha inalámbrica de gran interés, la misma que dentro de algunos años podría constituirse en un digno rival de las infraestructuras celulares para soportar servicios móviles.

En países como Corea a esta misma tecnología la denominan WiBRO (Wireless Broadband), cuyo despliegue comercial empezó en el año 2006, operando en la banda de los 2,3 GHz.

Wimax móvil (IEEE 802.16e) introduce diversos cambios en el estándar básico para soportar clientes móviles. La oferta perfilada alrededor de este último, incluye propuestas como radios instaladas en vehículos u otros medios de transporte y promete itinerancia sin fisuras de los usuarios cuando pasan a alta velocidad de

una estación base a otra, proporcionando una experiencia similar a la que hoy se disfruta en las llamadas de voz sobre redes celulares.

Sin embargo se debe considerar que la movilidad que ofrece Wimax implica un precio. Así, Wimax móvil no alcanza según la especificación actual el rendimiento de entre 1 y 3 Mbps característico de la versión fija. También su área de cobertura es menor que los 16 y 24 kilómetros de alcance de Wimax fijo. A fin de solucionar los problemas de rendimiento y cobertura, se ha propuesto la incorporación en IEEE 802.16e de técnicas MIMO (Multiple Input Multiple Output), que permitirá empaquetar más datos dentro de una conexión inalámbrica y ampliar su alcance, en parte gracias a la utilización de múltiples antenas en una misma estación base. Los productos IEEE 802.16e con esta mejora ya han sido sometidos a las pruebas oficiales de interoperabilidad y conformidad de productos de Wimax Forum.

Una de las ventajas que ofrece el estándar Wimax móvil es que funciona con normas abiertas, lo que acelerará su desarrollo al ofrecer mayor variedad de equipos interoperables, pero con la desventaja en algunas zonas, de que la infraestructura necesaria para su despliegue no está instalada como la ya existente en los países con redes de telefonía celular de tercera generación y los sistemas UMTS (Universal Mobile Telephone System).

Sin embargo, respecto al uso de Wimax móvil también se pueden mencionar algunas desventajas que podría experimentar hasta el momento: ³

- Implementación todavía complicada por falta de elementos para tener una red móvil administrable y operable en forma eficiente.
- La falta de un marco regulatorio adecuado, por lo que los costos de las licencias pueden tener un impacto negativo.
- Niveles de potencia de transmisión altos.
- La cobertura puede ser menor al utilizarse un área del espectro por arriba de los sistemas 3G.

³ www.motorola.com

- Los handoffs todavía se consideran lentos para servicios de voz.
- El tiempo de desarrollo y despliegue de Wimax móvil (2006-2007) todavía puede considerarse largo si se lo compara con el de las tecnologías recientes de los sistemas celulares como 3GSM.

1.7. REDES DE ÁREA PERSONAL WPAN

Una red de área personal, es una red de ordenadores para la comunicación ad hoc entre distintos dispositivos como: ordenadores, puntos de acceso a Internet, teléfonos móviles, PDA, dispositivos de audio, impresoras, que se encuentren dentro de un espacio operativo personal (POS). Un POS es el espacio que rodea a una persona, hasta una distancia de 10 metros. Actualmente, las dos tecnologías WPAN principales son Bluetooth y la luz infrarroja.

Bluetooth es una tecnología de sustitución de cables que utiliza un enlace por radiofrecuencia en la banda ISM (Industrial, Scientific and Medical) de los 2,4 GHz para transmitir datos a una distancia de hasta 100 metros, dependiendo de la potencia máxima permitida entre dispositivos, los datos de Bluetooth se pueden transferir a través de paredes, bolsillos y maletines. El desarrollo de la tecnología de Bluetooth lo dirige el Grupo de interés general (SIG) de Bluetooth, que publicó la especificación de la versión 1.0 de Bluetooth en 1999. Otra posibilidad que tienen los usuarios para conectar dispositivos en un radio de acción muy cercano (1 metro o menos) es crear vínculos de infrarrojos.

Para normalizar el desarrollo de tecnologías WPAN, el IEEE ha establecido el grupo de trabajo 802.15 para las WPAN. Este grupo de trabajo está desarrollando una norma WPAN, basada en la especificación de la versión 1.0 de Bluetooth. Los objetivos principales en esta norma preliminar son baja complejidad, bajo consumo de energía, interoperabilidad y coexistencia con redes de 802.11.

Esta es una tecnología ampliamente difundida pero poco utilizada dentro de las grandes redes inalámbricas de comunicaciones debido al corto alcance dentro del cual operan.

1.8. REDES MÓVILES CELULARES

A finales de los años setenta, la evolución de la tecnología inalámbrica permitió tener acceso a estuches intercambiables, melodías personalizadas, presentaciones gráficas, ilustraciones, direcciones memorizables, por mencionar algunos. A la fecha, se han modificado enormemente las actividades que realizamos de manera cotidiana, por ejemplo, los teléfonos celulares son una herramienta para la gente común y de negocios, las hace sentir seguras y más productivas. A pesar de que la telefonía celular fue concebida estrictamente para voz, hoy es capaz de ofrecer otro tipo de servicios tales como: datos, audio y video, con algunas limitaciones; sin embargo, la telefonía inalámbrica del mañana, hará posible aplicaciones que requieran un mayor consumo de ancho de banda.

Una red celular tiene zonas o áreas de cobertura que se encuentran divididas en celdas, cada una de ellas cuenta con estaciones base que hace posible la movilidad de los usuarios dentro de esta área, teniendo además un número limitado de usuarios.

La evolución de las redes de comunicaciones inalámbricas se puede clasificar de la primera a la tercera generación con base en los factores que la han determinado, los cuales responden, en su mayoría, a la oferta de nuevos servicios de telecomunicaciones, más que a la necesidad tecnológica. A través de un análisis de los nichos tecnológicos que pretenden cubrir las redes de 3^{ra} y 4^{ta} generación, se muestra cómo las redes de 4ta generación son un complemento, más que una sustitución de su generación antecesora.

1.8.1. EVOLUCIÓN DE LA TECNOLOGÍA CELULAR

La primera generación (1G) de la telefonía celular fue creada en 1979 y se caracterizó por ser analógica, es decir, sólo para voz. La gran demanda y su evolución dieron origen a la tecnología CDMA (Acceso Múltiple por División de Código), donde la forma de acceso en cuanto al ancho de banda fue aprovechada de manera más eficiente, permitiendo más usuarios en el mismo canal de

frecuencia. Su única limitante era la calidad de servicio, pues se degradaba conforme aumentaban los abonados.

En la figura 1.1 se tiene la arquitectura básica de la Primera Generación de la telefonía móvil celular.

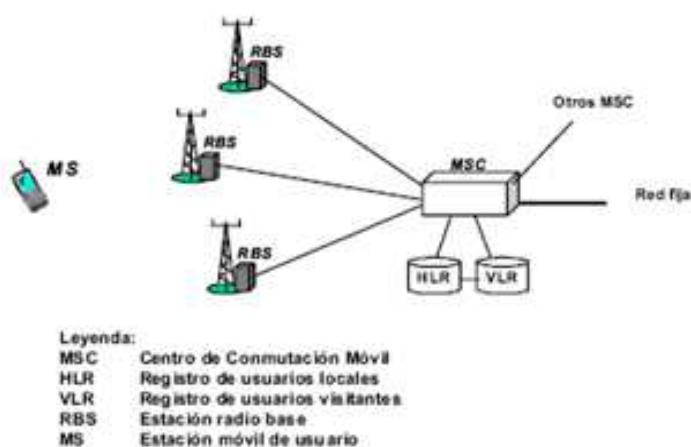


Figura 1.1. Arquitectura genérica de 1G

La segunda generación (2G) aparece en 1990, con el estándar GSM Europeo, que utiliza tecnología de Acceso Múltiple por División de Tiempo (TDMA); esto quiere decir, que un segmento de tiempo se fracciona para un número determinado de abonados, generándose un patrón que se repite indefinidamente y que, por lo general, opera en una banda de frecuencia de 800 MHz.

Esta telefonía celular, caracterizada por ser digital, empleó protocolos que soportaban velocidades de información más altas para voz, pero limitados en comunicación de datos. Se ofrecieron, además, servicios auxiliares como transmisión de datos, fax y SMS (Short Message Service).

En la figura 1.2., se encuentra representada la arquitectura básica de una red GSM de Segunda Generación

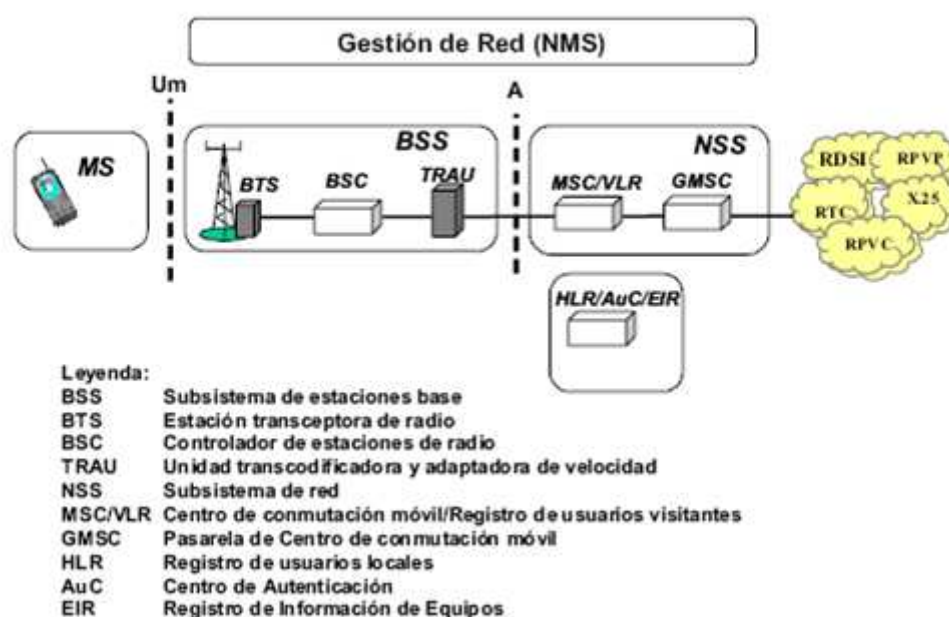


Figura 1.2. Arquitectura general del sistema GSM (2G)

La tercera generación 3G se caracteriza por la convergencia de voz y datos con acceso inalámbrico a Internet; en otras palabras, es apta para aplicaciones multimedia: voz, acceso a Internet, e-mail, transferencia de documentos e imágenes fijas, servicios de ubicación, video de alta definición y altas transmisiones de datos, entre otras funciones.

Los protocolos empleados en los sistemas 3G soportan altas velocidades de información y están enfocados para aplicaciones más allá de la voz, como audio (mp3), video en movimiento, videoconferencia y acceso rápido a Internet, sólo por nombrar algunas.

Así mismo, en un futuro próximo, los sistemas 3G alcanzarán velocidades de hasta 384 kbps, permitiendo la movilidad total a usuarios, que viajarán a 120 kilómetros por hora en ambientes exteriores. También alcanzarán una velocidad máxima de 2 Mbps, con una movilidad limitada a usuarios, caminando a menos de 10 kilómetros por hora en ambientes estacionarios de corto alcance o en interiores. Las tecnologías de acceso serán GSM y CDMA de manera evolucionada.

La futura generación, conocida como cuarta generación (4G), pretende dar una velocidad de hasta 10 Mbps para proporcionar servicios multimedia como transferencia de archivos de imágenes de gran tamaño y video en tiempo real. Esta tecnología será un complemento de la tercera generación.

Cabe recordar que el Sistema Global para Comunicaciones Móviles (GSM) es un sistema digital de telefonía móvil ampliamente utilizado en Europa y en otros países del mundo. GSM digitaliza y comprime voz y datos, y después los envía en un canal junto con otras dos series de datos del usuario en particular. Opera en las bandas de frecuencia de 900MHz, 1800MHz y 1900MHz.

En la siguiente tabla se muestra la evolución de la telefonía celular.⁴

Tabla 1.3. Evolución de la telefonía celular

1G 1979	2G 1990	3G
Telefonía celular analógica sólo para voz	Telefonía celular digital	Telefonía celular digital
Poco segura	Technology GSM (Global System for Mobile Communications)	Convergencia de voz y datos, acceso inalámbrico a Internet
	Convergencia de voz y datos	Protocolo de alta velocidad de información
	Servicios auxiliares: datos, fax y SMS (Short Message Service)	Aplicaciones audio MP3, video en movimiento, videoconferencia en tiempo real y acceso rápido a Internet

En cuanto a las condiciones socioeconómicas y culturales de cada país, la aceptación de la tecnología varía entre cada uno de ellos. Por ejemplo: en Europa y Asia la utilización de la tecnología inalámbrica (2G) se ha dado ya hace varios años, y es muy común que, en el nivel pre-escolar, los niños tengan un celular; mientras que en Ecuador, la introducción de la tecnología (3G) se ha dado de forma lenta y paulatina, pese a que en la actualidad las operadoras: Conecel y

⁴ www.monografias.com

Otecel, están ofreciendo a sus usuarios una gran gama de servicios de entretenimiento con calidad en el servicio, aceptables.

1.9. TECNOLOGÍAS INALÁMBRICAS EMPLEADAS EN LA TRANSMISIÓN DE VOZ, DATOS Y VIDEO.

1.9.1 MMDS (MICROWAVE MULTIPOINT DISTRIBUTION SYSTEM)

MMDS (Sistema de Distribución Multipunto de Microondas) es una tecnología inalámbrica originalmente concebida para la distribución de vídeo en aquellas zonas en las que no es factible realizar un cableado convencional. El sistema transmite vídeo en formato digital; de esta manera, es posible acomodar 5 canales de vídeo con la técnica de compresión MPEG2 y con resolución en un canal de 6 MHz.⁵

1.9.1.1. Acceso a internet de alta velocidad vía MMDS

La demanda por acceso a Internet crece exponencialmente, cada vez más y más usuarios obtienen acceso a la Red a través de un proveedor de servicios de Internet utilizando la tecnología xDSL a través de las redes de acceso existentes. En el mejor de los casos, este esquema ofrece una velocidad de transmisión del orden de los 58 Kbps. Por otra parte, el sistema de telefonía pública conmutada (PSTN, Public Switched Telephone Network) está orientado a proveer una conexión bidireccional con un ancho de banda simétrico. Esto representa un desperdicio del ancho de banda disponible, ya que en una conexión a Internet el flujo de información es predominantemente unidireccional. Un factor a tener en cuenta es que las centrales telefónicas están pensadas para manejar el tipo de tráfico originado por las llamadas convencionales de voz, cuya duración en promedio no va más allá de algunos minutos; en contraste una conexión a Internet representa una llamada cuya duración es mucho más larga, pero en la cual el canal es utilizado solamente en los momentos en los que hay intercambio de información.

⁵ Folleto-Ing. Bernal-Comunicaciones Inalámbricas

Una posible solución a esta necesidad que plantean ciertos operadores, es la utilización de MMDS para proveer acceso de alta velocidad a Internet. Con MMDS, unos pocos canales con un ancho de banda de 6 MHz pueden servir para proveer acceso de alta velocidad a Internet (10 Mbps downstream), pudiéndose atender de 500 a 4000 suscriptores por canal.

En un sistema MMDS los datos son transmitidos vía microondas utilizando un esquema de multiplexación por división de tiempo (TDM, Time Division Multiplexing). Los datos del canal de retorno (U/S, upstreaming) son enviados utilizando la línea telefónica, lo cual se ajusta a la asimetría inherente al acceso a Internet. El canal de D/S (downstream, información dirigida al usuario) está compartido, por lo que es necesario algún tipo de algoritmo para administrar el empleo del canal por parte de los suscriptores.

Entre los formatos de modulación que pueden emplearse en MMDS tenemos BPSK (Binary Phase Shift Keying, modulación binaria por desplazamiento de fase), QPSK (Quadrature Phase Shift Keying, modulación en cuadratura por desplazamiento de fase), QAM (Quadrature Amplitude Modulation, modulación de amplitud por cuadratura) y DSSS (Direct Sequence Spread Spectrum, Espectro Esparcido de Secuencia Directa).

1.9.2. LMDS SERVICIOS DE DISTRIBUCIÓN MULTIPUNTO LOCALES

LMDS es una tecnología de comunicaciones inalámbricas de banda ancha que se inscribe en el marco del multimedia y se basa en una concepción celular. De acuerdo con esta filosofía, estos sistemas utilizan estaciones base distribuidas a lo largo de la zona que se pretende cubrir, de forma que en torno a cada una de ellas se agrupa un cierto número de usuarios, generando así de una manera natural una estructura basada en células, también llamadas áreas de servicio.⁶

⁶ Folleto-Ing. Bernal-Comunicaciones Inalámbricas

LMDS requiere la existencia de un line-of-sight o camino sin obstáculos entre la estación base/hub y la antena situada en el emplazamiento de usuario o abonado para que la señal no sufra reflexiones y pueda llegar a su destino. Por ello, LMDS se considera un sistema line-of-sight óptico en el sentido de que el camino entre los dos puntos entre los que se establece la transmisión debe aparecer libre de obstáculos.

El LMDS es un sistema de comunicación de punto a multipunto que utiliza ondas radioeléctricas a altas frecuencias, en torno a 28 ó 40 GHz, en las que existen bandas de frecuencia de unos 2 GHz con atenuación mínima (conocidas como “ventanas espectrales”) ante los agentes atmosféricos. Dada la anchura de banda disponible, el LMDS puede ser el soporte de una gran variedad de servicios simultáneos: televisión multicanal (difusión, PPV, video on demand, telefonía, datos, servicios interactivos multimedia, teleeducación, telemedicina, acceso a Internet en banda ancha, etc.).

La tecnología LMDS utiliza el método de modulación QPSK (Quadrature Phase Shift Keying) que permite reducir las interferencias y aumentar casi hasta el cien por cien la reutilización del espectro . El ancho de banda conseguido gracias a estas características se acerca a 1 Gbps. Por otra parte, en lo que respecta al contexto de protocolos, LMDS aparece como un sistema especialmente neutro, lo cual aumenta su potencial integrador. LMDS puede trabajar en entornos ATM, TCP/IP y MPEG-2.

1.10. ACCESO INALÁMBRICO DE BANDA ANCHA

1.10.1. SISTEMA UNIVERSAL DE TELECOMUNICACIONES MÓVILES (UMTS - UNIVERSAL MOBILE TELECOMMUNICATIONS SYSTEM)

También conocido como WCDMA Wideband Code Division Multiple Access. La evolución de GSM hacia servicios de datos inalámbricos de alta velocidad de Tercera Generación (3G), adoptada en todo el mundo como el principal estándar inalámbrico. UMTS representa una evolución desde las redes móviles GSM de

Segunda Generación (2G) en cuanto a la capacidad, velocidades de datos y nuevas capacidades de servicio.

Es una tecnología basada en el Protocolo de Internet (IP) que soporta voz y datos por paquete, ofrece velocidades de datos teóricas pico de hasta 2 Mbps, y velocidades promedio de 220-320 Kbps.

En comparación con otras tecnologías de próxima generación, UMTS tiene la mayor eficiencia espectral y la menor latencia. Otros beneficios de UMTS son la capacidad simultánea de voz y datos para los usuarios, altas densidades de usuarios que pueden ser soportadas con un bajo costo de infraestructura debido al gran alcance de clientes GSM, y soporte para aplicaciones de datos de alto ancho de banda.

1.10.2. ACCESO A PAQUETES DE ALTA VELOCIDAD (HSPA - HIGH SPEED PACKET ACCESS).

Una nomenclatura para los desarrollos que comprenden ambas direcciones de transmisión de la información - el downlink (HSDPA) y el uplink (HSUPA). HSPA es una optimización de UMTS y ofrece una exitosa combinación de eficiencia espectral (4-5 veces más eficiente que UMTS), alta velocidad de transmisión de datos (llegando a promediar 550-1100 Kbps en el downlink), y baja latencia (menos de 100 ms), permitiendo así verdaderamente una banda ancha móvil para el mercado masivo. HSPA también reduce el costo por bit, permitiendo servicios multimedia efectivos.⁷

1.10.3. HSDPA - HIGH SPEED DOWNLINK PACKET ACCESS - ACCESO A PAQUETES DE ALTA VELOCIDAD EN EL DOWNLINK

HSDPA lleva a las redes WCDMA a su máximo potencial en la prestación de servicios de banda ancha, mediante un aumento en la capacidad de datos celulares, con throughput más elevado. De la misma manera en que UMTS

⁷ Folleto-Ing. Bernal-Comunicaciones Inalámbricas

incrementa la eficiencia espectral en comparación con GPRS, HSDPA incrementa la eficiencia espectral en comparación con WCDMA. La eficiencia espectral y las velocidades aumentadas no sólo habilitan nuevas clases de aplicaciones, sino que además permite que la red sea utilizada simultáneamente por un número mayor de usuarios; HSDPA provee tres veces más capacidad que WCDMA. En cuanto a la interfaz de las aplicaciones en tiempo real tales como videoconferencia y juegos entre múltiples jugadores, actualiza a la tecnología WCDMA al acortar la latencia de la red (se prevén menos de 100 ms), brindando así mejores tiempos de respuesta.

Alcanza sus elevadas tasas de velocidad gracias al agregado de modulación de mayor orden (Modulación de Amplitud en Cuadratura 16 - 16 QAM), codificación variable de errores y redundancia incremental.

Finalmente, comparte sus canales de alta velocidad entre los usuarios del mismo dominio de tiempo, lo que representa el enfoque más eficiente.

1.10.4. EDGE (ENHANCED DATA FOR GLOBAL EVOLUTION)

La tecnología EDGE (Datos Mejorados para Evolución Global) nace con el objetivo de mejorar la capacidad de transmisión de datos para telefonía móvil de las redes GSM y TDMA. Con estas mejoras, el mercado abre las puertas a la llamada 'telefonía de tercera generación'.⁸

Las mejoras se basan en dos puntos principales:

Por un lado, el uso de técnicas de modulación de frecuencias diferentes a las que se aplicaba hasta el momento, la anterior GSMK (Gaussian Minimum Phase Keying), queda sustituida por la nueva 8PSK (8 Phase Shift Keying), la cual produce una palabra de 3 bit por cada cambio en la fase de la portadora. Con ello

⁸ Folleto-Ing. Bernal-Comunicaciones Inalámbricas

se triplica la capacidad de datos disponibles con respecto a la anterior modulación, alcanzándose los 384 Kbit/s.

El segundo punto de mejora consiste en la utilización de nuevos protocolos de comunicación por radio.

La implementación de estas mejoras permite en general un uso más eficiente de los espectros de 800, 900 y 1800 MHz, abriendo el mercado a la telefonía 3G.

1.10.5. GPRS GENERAL PACKET RADIO SERVICES

Servicio General de Paquetes por Radio. Esta nueva tecnología permite la conexión permanente a Internet, sin necesidad de efectuar una llamada a nuestro proveedor.

Las principales ventajas de GPRS son:

- Tiene la misma funcionalidad en voz que los sistemas actuales
- Permite comunicaciones de voz y datos simultáneos
- Es un paso intermedio a la tercera generación de móviles (3G), el famoso UMTS.

El despliegue de GPRS puede servir en parte para migrar de una red GSM a la red UMTS con costos de infraestructura no tan significativos.

1.11. COMPARACION ENTRE LAS DIFERENTES REDES INALÁMBRICAS ⁹

⁹ www.wimaxforum.org

Tabla 1.4. Parámetros comparativos de algunas tecnologías inalámbricas

Tipo de red	WWAM (Wide)	WMAN (Metropolitan)	WLAN (Local)	WPAN (Personal)
Estándar	GSM/GPRS/UMTS	IEEE 802.16 (LMDS, WIMAX)	IEEE 802.11 (Wi-Fi)	IEEE 802.15 (Bluetooth)
Velocidad	9,6/170/2000 Kb/s	15 – 134 Mb/s	1 -2 -11-54 Mb/s	721 Kb/s
Frecuencia	0,9/1,8/2,1 GHz	2-66 GHz	2, 4 y 5 GHz Infrarrojo	2,4 GHz
Rango	35 Km	1,6 – 50 Km	70 - 150 m	10 m
Técnica radio	Varias	Varias	FHSS, DSSS, OFDM	FHSS
Itinerancia (roaming)	Si	Si	Si	No
Equivalente a:	Conexión telefónica (modem)	ADSL, CATV	LAN	Cables de conexión

1.12. TÉCNICAS DE ACCESO AL MEDIO

1.12.1. CDMA (ACCESO MÚLTIPLE POR DIVISIÓN DE CÓDIGO)

CDMA proporciona mejores prestaciones que las tecnologías celulares convencionales tanto en calidad de las comunicaciones como en privacidad, capacidad del sistema y flexibilidad, y, por supuesto en ancho de banda.

CDMA es una tecnología genérica que puede describirse, como un sistema de comunicaciones por radio celular digital que permite que un elevado número de comunicaciones de voz o datos simultáneas compartan el mismo medio de comunicación, es decir, utilizan simultáneamente un pool común de canales de radio, de forma que cada usuario puede tener acceso a cualquier canal; el canal es una porción del espectro de radio que se asigna temporalmente a un tema específico, como, por ejemplo, una llamada telefónica.¹⁰

¹⁰ Follleto Comunicaciones inalámbricas-PhD. HIDALGO Pablo

En CDMA, cada comunicación se codifica digitalmente utilizando una clave de encriptación que solamente conocen los terminales involucrados en el proceso de comunicación y únicamente mientras dure ésta. La codificación digital y la utilización de una interfaz de aire inalámbrica basada en la técnica de espectro extendido (otra característica inherente a CDMA), se pueden considerar como los puntos de identificación de la tecnología CDMA.

1.12.2. TDMA MULTIPLEXACION POR DIVISIÓN EN EL TIEMPO

TDMA ("Time Division Multiple Access") es común en los sistemas de telefonía fija. TDMA es un concepto bastante antiguo en los sistemas de radio. En los sistemas modernos celulares y digitales, TDMA implica el uso de técnicas de compresión de voz digitales, que permite a múltiples usuarios compartir un canal común utilizando un orden temporal. La codificación de voz moderna, reduce mucho el tiempo que se lleva en transmitir mensajes de voz, eliminando la mayoría de la redundancia y periodos de silencio en las comunicaciones de voz. Otros usuarios pueden compartir el mismo canal durante los periodos en que éste no se utiliza. Los usuarios comparten un canal físico en un sistema TDMA, donde están asignados unos slots de tiempo. A todos los usuarios que comparten la misma frecuencia se les asigna un slot de tiempo, que se repite dentro de un grupo de slots que se llama trama.

1.12.3. WCDMA (WIDEBAND CODE DIVISION MULTIPLE ACCESS)

El WCDMA es un estándar de interface radio, entre el terminal celular y la Estación Base, desarrollado para el UMTS y estandarizado por la UIT. Ofrece velocidades de datos mucho más altas en dispositivos inalámbricos móviles y portátiles que las ofrecidas hasta el momento.

El WCDMA tiene dos modos de operación:¹¹

¹¹ Comunicaciones Inalámbricas

- Frequency Division Duplex (FDD), en el cual los enlaces de subida y bajada, utilizan canales de 5 MHz diferentes, y separados por una frecuencia de 190 MHz
- Time Division Duplex (TDD), en el cual el enlace de subida y bajada comparten la misma banda de 5 MHz.

Los sistemas iniciales utilizan el WCDMA FDD.

El WCDMA utiliza como método de múltiple acceso el CDMA de Secuencia Directa (DS-CDMA), compartiendo una misma banda de frecuencias con varios terminales, pero utilizando códigos diferentes de spread spectrum.

El WCDMA y el Cdma2000 1x utilizan el CDMA como método de múltiple acceso pero presentan diferencias como se presenta en la tabla siguiente:

Tabla 1.5. Diferencias entre WCDMA y CDMA20001x

	WCDMA	CDMA2000 1x
Banda por portadora	5 MHz	1,25 MHz
Chip rate	3,84 Mcps	1,2288 Mcps
Frecuencia del control de potencia	1500 Hz	800 Hz
Sincronismo en la ERB	No necesita	Necesita

A continuación se muestra las principales características del WCDMA FDD ¹².

Tabla 1.6. Características del WCDMA

	WCDMA
Método de múltiple acceso	DS-CDMA, Secuencia Directa CDMA
Factor de reuso de frecuencia	1
Banda por portadora	5 MHz
Chip rate	3,84 Mcps
Frame	10 ms (38400 chips)

¹² David García Amado- UMTS-estándares

Nº de slots/frame	15
Nº de chips/slot	2560 chips (Max. 2560 bits)
Factor de enlace ascendente ensanchado	4 a 256
Factor enlace descendente ensanchado	4 a 512
Tasa del canal	7,5 Kbit/s a 960 Kbit/s.

La principal ventaja de WCDMA consiste en que la señal se expande en frecuencia gracias a un código ensanchado que sólo conocen el emisor y el receptor.

Esta original forma de modulación tiene numerosas ventajas:

- Alta velocidad de transmisión de hasta 2 Mbps, al usar todo el espectro.
- Alta seguridad y confidencialidad debido a la utilización de técnicas que permiten acercarse a la capacidad máxima del canal.
- Acceso múltiple de eficacia máxima mientras no coincidan las secuencias de saltos.
- Alta resistencia a las interferencias.
- Posibilidad de trabajar con dos antenas simultáneamente debido a que siempre se usa todo el espectro y lo importante es la secuencia de salto, lo que facilita el handover (proceso de traspaso de la señal de una antena a otra).

1.12.4. OFDM (ORTHOGONAL FREQUENCY DIVISION MULTIPLEXING)

La tecnología multiplexación por división en frecuencia orthogonal (OFDM), proporciona al operador, en términos de eficiencia, llegar a superar los retos de la propagación en entorno NLOS (sin línea de vista). La señal OFDM ofrece la ventaja de operar con un retardo de ensanchamiento más grande en el ambiente NLOS.¹³

¹³ Folleto de Comunicaciones Inalámbricas / Ing. Pablo Hidalgo

Gracias al tiempo de símbolo OFDM y al uso de un prefijo cíclico, la forma de onda OFDM elimina los problemas de interferencia ínter símbolo (ISI) y la complejidad de la ecualización adaptativa.

Debido a que OFDM está compuesta por una multitud de portadoras de banda estrecha ortogonales, la selección del “fading” se localiza en un conjunto de portadoras que son relativamente fáciles de ecualizar.

Un ejemplo de esto se muestra a continuación en la figura 1.3, donde se compara entre la señal OFDM y una simple señal portadora, como la información se manda en paralelo por la OFDM y en serie para la señal simple.

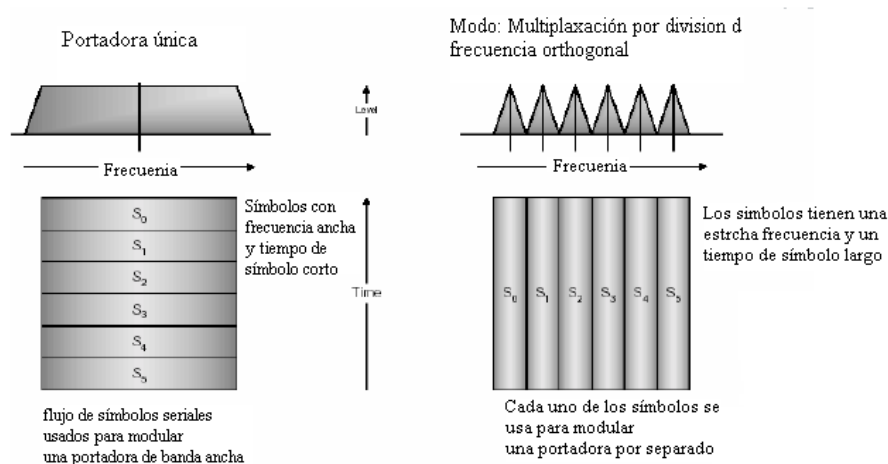


Figura 1.3. OFDM Vs. Señal portadora única

La habilidad para superar el retardo de ensanchamiento, el multipath y la interferencia ínter simbólica es una eficiente manera que permite más altos “throughput”.

1.12.4.1. Características de la modulación OFDM

La modulación OFDM es muy robusta frente al multitrayecto (multi-path), que es muy habitual en los canales de radiodifusión, frente a las atenuaciones selectivas en frecuencia y frente a las interferencias de RF.

Es capaz de recuperar la información de entre las distintas señales con distintos retardos y amplitudes (fading) que llegan al receptor, por lo que existe la posibilidad de crear redes de radiodifusión de frecuencia única sin que existan problemas de interferencia.

Entre los sistemas que usan la modulación OFDM están:¹⁴

- La televisión digital terrestre DVB-T, también conocida como TDT
- La radio digital DAB
- La radio digital de baja frecuencia DRM
- El protocolo de enlace ADSL
- El protocolo de red de área local IEEE 802.11a/g, también conocido como Wireless LAN
- El sistema de transmisión inalámbrica de datos WiMAX

1.12.5. OFDMA (ORTHOGONAL FREQUENCY DIVISION MULTIPLE ACCESS)

OFDMA es una versión multi usuario del tradicional esquema de OFDM de modulación digital, en el cual se logra acceso múltiple, asignándole a cada usuario de manera individual, un subconjunto de subportadoras, como se ve en la figura 1.4.

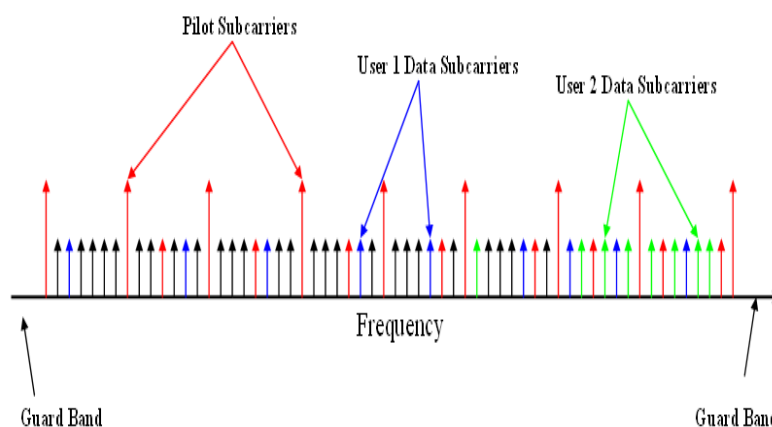


Figura 1.4. Esquema de modulación OFDMA

¹⁴ Técnicas de Modulación-Folleto-Telefonic.es

OFDMA permite:

- Que algunas subportadoras sean asignadas a diferentes usuarios.
- Espacio entre portadoras permanece constante independientemente del ancho de banda.
- Mayor inmunidad frente a la interferencia multicanal.

OFDMA ofrece:¹⁵

- ❖ Más flexibilidad cuando se administra dispositivos de usuario con una variedad de tipos de antena y factores de forma.
- ❖ Reducción en la interferencia para dispositivos de usuarios con antenas omnidireccionales.
- ❖ Capacidades mejoradas de N-LOS que son esenciales cuando se soportan abonados móviles.
- ❖ La sub-canalización define sub-canales que pueden ser asignados a diferentes abonados dependiendo de las condiciones del canal y sus requerimientos de datos.
- ❖ Esto da al operador más flexibilidad para administrar el ancho de banda y potencia de transmisión, lo que conduce al uso más eficiente de los recursos.

En OFDMA se puede asignar un número de subportadoras a diferentes usuarios, lo cual permitiría tener un control de la calidad de servicio QoS, así como de la probabilidad de tasa de error por cada usuario en forma individual.

1.12.6. S-OFDMA (SCALABLE ORTHOGONAL FREQUENCY DIVISION MULTIPLEXING ACCESS)

SOFDMA posee más ventajas que el OFDMA. El SOFDMA no modifica el ancho de las subportadoras por otros anchos de banda de canal ni determina los números de subportadoras tomando una medición directa y proporcional del ancho de banda de canal; el ancho constante de la portadora adquiere una utilización de espectro más alto en los canales anchos, reduce el costo de los

¹⁵ Técnicas de Modulación-Folleto-Telefonica.es

canales angostos y mantiene la capacidad de interferencia anti multi-path por medio de diferentes anchos de banda de canal, lo que es básicamente consistente con la capacidad de soporte de movilidad.

El rango del ancho de banda dinámico que provee el SOFDMA está entre 1.25MHz-20MHz. En caso de un ancho de banda de 10MHz, las tasas de downlink y uplink son de alrededor de 63Mbps y 28Mbps respectivamente.

SOFDMA es el método de modulación que se está empleando en la versión móvil de WiMAX, e introduce ciertas ventajas comparadas con la modulación OFDM empleada por el estándar de WiMAX fijo, dentro de las cuales se pueden mencionar las siguientes:¹⁶

- Soporte de movilidad, además de los modos de ahorro de energía y de “sleep” de los dispositivos móviles.
- Mejor cobertura en interiores al usar AAS y MIMO.
- Uso eficiente del espectro radioeléctrico ya que permite tener mejor throughput y cobertura (hasta 50 km.), lo cual sirve para una ampliación de las redes con WiFi. Operación en un amplio rango de frecuencias de 450 MHz a 5.8 GHz (inicialmente en 2.3, 2.5 y 3.5 GHz por ejemplo en Latinoamérica).
- Escalabilidad al poder trabajar con canales de 1.25 a 10 MHz de ancho de banda.
- Buena eficiencia a nivel de red.
- Ofrece excelente cobertura en esquemas NLOS (Non line of sight), usando diferentes elementos como OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplexing) y soportando también línea de vista (LOS).
- Soporta IPv6, QoS, VoIP, etc. al ser un sistema basado en IP.
- Abaratamiento de costos al permitir la interoperabilidad de equipos.

¹⁶ Técnicas de Modulación-Folleto-Telefonica.es

1.12.6.1. Parámetros técnicos y de funcionamiento De S-OFDMA ¹⁷

Tabla 1.7. Parámetros de S-OFDMA

PARAMETROS	VALORES			
System Channel Bandwidth (MHz)	1,25	5	10	20
Sampling Frequency (Fp en MHz)	1,4	5,6	11,2	22,4
FFT Size (NFFT)	128	512	1024	2048
Number of Sub-Channels	2	8	16	32
Sub-Carrier Frequency Spacing	10,94 KHz			
Useful Symbol Time (Tb = 1/ f)	91,4 microsegundos			
Guard Time (Tg = Tb / &)	11,4 microsegundos			
OFDMA Symbol Duration (Ts=Tb + Tg)	102,9 microsegundos			
Number of =OFDMA Symbols (5 ms Frame)	48			

1.12.7. MIMO – OFDM

MIMO (Multiple-Input, Multiple-Output) presenta múltiples antenas tanto en los extremos de transmisión como de recepción con el fin de obtener altas tasas de datos y una calidad de transmisión. MIMO-OFDM permitirá proveer servicios de acceso inalámbrico de banda ancha que tienen funcionalidad sin línea de vista. Especialmente MIMO-OFDM toma ventajas de las propiedades de entorno multicamino usando antenas de estación base que no tienen línea de vista. En este entorno, las señales de radio rebotan en los edificios, árboles y otros objetos en el viaje entre las dos antenas. Este efecto rebote produce múltiples ecos o imágenes de la señal.

Como resultado la señal original y cada eco llegan a la antena receptora con una pequeña diferencia de tiempo causando los ecos, degradando la calidad de señal. El sistema MIMO usa múltiples antenas para simultáneamente transmitir datos, en pequeños pedazos hacia el receptor, el cual puede procesar el flujo de datos para reconstruirlos. Este proceso llamado multiplexación espacial, incrementa proporcionalmente la velocidad de transmisión por un factor igual al número de antenas de transmisión.

¹⁷ www.motorola.com

1.12.8. AAS (ADAPTIVE ANTENNA SYSTEM)

AAS (Adaptive Antenna System) presenta antenas múltiples para transmitir y recibir señales. Utiliza la tecnología de procesamiento de señal digital para rastrear la información espacial de cada abonado móvil y genera haces de onda direccionales de espacio que utilizan completamente las señales de los abonados al mismo tiempo que elimina señales de interferencia. En base a las diferentes posiciones espaciales de los abonados, el AAS puede transmitir y recibir las señales de cada abonado en el mismo canal para mejorar la utilización del espectro sin introducir una interferencia mutua significativa.

La transmisión de señal direccional utiliza el AAS para eliminar la interferencia de transmisión de otros abonados en las mismas celdas y en celdas adyacentes. Sintetizando señales de espacio, el AAS mejora las ganancias y reduce la transmisión de las antenas en potencia de transmisión de estaciones móviles en direcciones especiales. Por lo tanto, la utilización de AAS permite a los operadores contar con una cobertura más amplia, reducir la utilización de estaciones base y mejorar la utilización de espectro. En el extremo de recepción de la antena, la síntesis de señales de espacio genera ganancias en la dirección esperada en el mapa direccional de la totalidad del banco de antenas. Por otro lado, en otras direcciones las ganancias son inferiores. Esto conduce a una proporción de ruido a señal, más alto en términos de señales de recepción y forma un punto cero de espacio en la dirección de interferencia, suprimiendo así cualquier interferencia importante.

1.13. TÉCNICAS DE DUPLEXACIÓN EN LAS COMUNICACIONES MÓVILES

Duplexación se refiere al proceso de crear canales bi-direccionales para transmisión de datos de uplink (enlace de carga) y de downlink (enlace de descarga). El estándar 802.16-2004, soporta Dúplex por división de tiempo (TDD) y dúplex de división de frecuencia (FDD). Las soluciones TDD y FDD no son interoperables porque usan diferentes bandas y técnicas de duplexación.

1.13.1. TDD (Duplexacion por división de tiempo)

TDD ofrece un único canal para transmisiones upstream (de carga) y downstream (de descarga). Un sistema TDD puede asignar dinámicamente ancho de banda upstream y downstream, según su tráfico. La transferencia asimétrica es apropiada para el tráfico de Internet en el que hay grandes volúmenes de datos en downstream.

En una solución TDD, un canal se usa tanto para transmitir como para recibir tráfico. Se requieren tiempos de guarda entre upstream y downstream. TDD usa dos juegos distintos de time slots (ranuras de tiempo) en la misma frecuencia para el uplink y para el downlink,

1.13.2. FDD (Duplexacion por división de frecuencia)

Las soluciones exentas de licencia usan dúplex por división de tiempo (TDD). FDD requiere dos canales que son separados para minimizar la interferencia, uno para transmisión y otro para recepción. La mayoría de las bandas FDD son asignadas para voz porque la arquitectura bi-direccional de FDD permite manejar la voz con demoras mínimas. Sin embargo, FDD tiene componentes adicionales al sistema y esto eleva los costos. FDD usa dos frecuencias diferentes, una para el uplink y otra para el downlink.

1.13.3. COMPARACIÓN DE TDD y FDD

En la tabla siguiente se muestra los principales parámetros técnicos que distingue una técnica de la otra:

Tabla 1.8. Parámetros de comparación entre TDD (Dúplex por división de tiempo) y FDD (Dúplex por división de frecuencia)¹⁸

¹⁸ Las Telecomunicaciones y la Movilidad en la Sociedad de la Información, Telefonía - AHCET

	TDD	FDD
Descripción	Técnica de duplexación usada en soluciones exentas de licencia y que usa un solo canal para el uplink(enlace de carga) y el downlink (enlace de descarga).	Técnica de duplexación usada en soluciones con licencia que usa un par de canales de espectro, uno para el uplink y otro para el downlink.
Ventajas	<ul style="list-style-type: none"> • Flexibilidad mejorada porque no se requiere espectro en pares. • Más fácil hacer par con tecnologías de antenas inteligentes. • Asimétrica. 	<ul style="list-style-type: none"> • Tecnología probada para voz. • Diseñada para tráfico simétrico. • No requiere tiempo de guarda.
Desventajas	No puede transmitir y recibir al mismo tiempo.	<ul style="list-style-type: none"> • No puede instalarse si le falta un par al espectro. • Generalmente el espectro tiene licencia. • Costo más elevado con relación a la compra del espectro.
Uso	<ul style="list-style-type: none"> • Aplicaciones de datos asimétricas “explosivas”. • Ambientes con diagramas de tráfico variable. • La eficiencia RD es más importante que el costo. 	<ul style="list-style-type: none"> • Ambientes con diagramas de tráfico previsible. • El costo del equipo es más importante que la eficiencia RF.

1.14. TÉCNICAS DE MODULACIÓN

1.14.1. BPSK (Binary phase-shift keying)

Con la transmisión por desplazamiento de fase binaria (BPSK), son posibles dos fases de salida para una sola frecuencia de portadora. Una fase de salida representa un 1 lógico y la otra un 0 lógico. Conforme la señal digital de entrada cambia de estado, la fase de la portadora de salida se desplaza entre dos ángulos que están 180° fuera de fase. El BPSK es una forma de modulación de onda cuadrada de portadora suprimida de una señal de onda continua.

La modulación por desplazamiento de fase o PSK (Phase Shift Keying) es una forma de modulación angular que consiste en hacer variar la fase de la portadora entre un número de valores discretos. La diferencia con la modulación de fase

convencional (PM) es que mientras en ésta la variación de fase es continua, en función de la señal moduladora, en la PSK la señal moduladora es una señal digital y, por tanto, con un número de estados limitado.

Dependiendo del número de posibles fases a tomar, recibe diferentes denominaciones. Dado que lo más común es codificar un número entero de bits por cada símbolo, el número de fases a tomar es una potencia de dos. Así tendremos BPSK con 2 fases (equivalente a PAM), QPSK con 4 fases (equivalente a QAM), 8-PSK con 8 fases y así sucesivamente. A mayor número de posibles fases, mayor es la cantidad de información que se puede transmitir utilizando el mismo ancho de banda, pero mayor es también su sensibilidad frente a ruidos e interferencias. Las modulaciones BPSK y QPSK son óptimas desde el punto de vista de protección frente a errores. Conceptualmente hablando, la diferencia entre distintos símbolos (asociados a cada fase) es máxima para la potencia y ancho de banda utilizados. No pasa lo mismo con 8-PSK, 16-PSK o superiores, para las que existen otras modulaciones más eficientes.

La gran ventaja de las modulaciones PSK es que la potencia de todos los símbolos es la misma, por lo que se simplifica el diseño de los amplificadores y etapas receptoras (reduciendo costes), dado que la potencia de la fuente es constante.

1.14.2. QPSK (Quadrature phase-shift keying)

La transmisión por desplazamiento de fase cuaternaria (QPSK) o en cuadratura PSK, como a veces se le llama, es otra forma de modulación digital de modulación angular de amplitud constante. Con QPSK son posibles cuatro fases de salida, para una sola frecuencia de la portadora. Debido a que hay cuatro fases de salida diferentes, tiene que haber cuatro condiciones de entrada diferentes.¹⁹

¹⁹ Comunicaciones Inalámbricas

1.14.3. QAM (Quadrature amplitude modulation)

La modulación de amplitud en cuadratura (QAM), es una forma de modulación digital en donde la información digital está contenida, tanto en la amplitud como en la fase de la portadora transmitida.²⁰

Depende del tipo de modulación que se emplea, la señal tendrá diferentes alcances.

En la figura 1.5 se presenta los alcances que se pueden lograr con cada tipo de modulación.

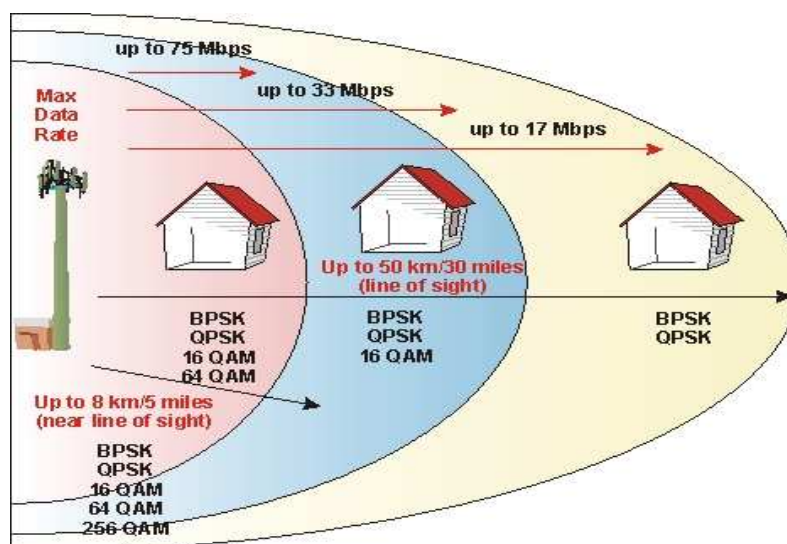


Figura. 1.5. Modulaciones Digitales

1.15. CONVERGENCIA DE LOS SERVICIOS DE VOZ, DATOS Y VIDEO

1.15.1. EVOLUCIÓN DE LOS SISTEMAS DE TELECOMUNICACIONES FIJOS

Uno de los retos que debe superarse en el mundo de las Telecomunicaciones, es el creciente desarrollo de las tecnologías empleadas en el mismo; es así que cuando se comenzó a hablar de los servicios de voz se hacía referencia a la telefonía fija que utilizaba una plataforma cuya tecnología se basaba en la

²⁰ Comunicaciones Inalámbricas

conmutación de circuitos, por ejemplo líneas dial-up; luego se implementó una infraestructura basada en la tecnología ATM para la transmisión de datos.

Tanto la voz como los datos se transmitían en un principio de forma separada lo cual implicaba mayores costos para los proveedores de estos servicios.

La nueva tendencia en las telecomunicaciones, es migrar a una red cuyos servicios de voz, datos y video sean transmitidos mediante una sola plataforma, se trata de redes convergentes multiservicio, basadas en general en el protocolo IP, que permiten llegar al cliente con todos estos servicios a la vez.

Las redes convergentes permitirán a los proveedores de los servicios de comunicaciones contar con redes menos costosas y a la vez brindar variedad de servicios a sus usuarios.

1.15.2. TRANSMISIÓN DE LA VOZ

En un inicio la red telefónica se creó para conseguir comunicaciones por voz a larga distancia. Las primeras conexiones se establecieron directamente entre todos los usuarios que pertenecían a la misma red (conexiones punto a punto), este tipo de interconexión hizo que el sistema telefónico se convirtiese en una red totalmente mallada

Esto era posible puesto que en un principio el número de abonados era muy pequeño, pero como todo evoluciona, mejora y se abarata, el número de usuarios de la red telefónica fue incrementándose, con lo cual mantener este tipo de topología de interconexión era insostenible, de allí surgió la necesidad de migrar hacia otra clase de topología, la misma que hoy se la conoce como “topología jerárquica”, en la cual innumerables usuarios pueden comunicarse entre sí mediante una conexión directa entre las centrales o a través de otra central usada como puente.

La tecnología en cuanto a medios de transmisión ha evolucionado enormemente, en un principio la conexión se hacía mediante hilos de cobre, en la actualidad la mayoría de las conexiones entre las centrales están evolucionando hacia la fibra óptica, con unas tasas de transferencia vertiginosas. Con lo cual se puede llegar a suministrar al usuario final las velocidades que se están ofreciendo, ya que hay que tener en cuenta que a una central urbana pueden llegar a estar conectados muchos usuarios y la conexión de su central ha de ser compartida por todos los usuarios.

1.15.3. TRANSMISIÓN DE LOS DATOS

Varias son las tecnologías y medios de transmisión que se han empleado para el transporte de los datos. Desde el par trenzado, cable coaxial, fibra óptica, microondas terrestre, microonda satelital, ondas de radio y actualmente a través de la red "INTERNET".

Cada una de ellas implica ciertas ventajas y a la par desventajas.

1.15.3.1. Par Trenzado

Normalmente se les conoce como un par de conductores de cobre aislados entrelazados formando una espiral. Es un enlace de comunicaciones. En estos el paso del trenzado es variable y pueden ir varios en una envoltura.

El hecho de ser trenzado es para evitar la diafonía (la diafonía es un sonido indeseado el cual es producido por un receptor telefónico).

Es el medio más común de transmisión de datos que existe en la actualidad, pudiéndose encontrar en todas las casas o construcciones de casi cualquier lugar. Se utiliza para la formación de una red telefónica, la cual se da entre un abonado o usuario y una central local. Las redes locales manejan una velocidad de transmisión de información comprendida entre los 10 Mbps y los 100 Mbps

En este medio de transmisión encontramos a favor el hecho de ser prácticamente el más económico que se puede ubicar en el mercado actual, por otro lado es el más fácil de trabajar. Sin embargo tiene en contra la baja velocidad de transferencia en un ambiente fuera del alcance así como el corto alcance de cobertura para mantener la velocidad de transferencia (100 m).

Es un medio apropiado para un entorno LAN, en donde las velocidades varían entre 10 y 100 Mbps en una distancia de 100 m, por lo que la capacidad de transmisión está limitada a 100 Mbps, además es muy susceptible a interferencias y ruidos.²¹

1.15.3.2. Cable Coaxial

El cable coaxial es un medio de transmisión muy conocido ya que es el más usado en los sistemas de televisión por cable, en el acceso final.

Físicamente es un cable cilíndrico constituido por un conducto cilíndrico externo que rodea a un cable conductor, usualmente de cobre. Es un medio más versátil ya que tiene más ancho de banda (500Mhz) y es más inmune al ruido. Es un poco más caro que el par trenzado aunque bastante accesible al usuario común. Encuentra múltiples aplicaciones dentro de la televisión (TV por cable, cientos de canales), telefonía a larga distancia (puede llevar 10.000 llamadas de voz simultáneamente), redes de área local (tiende a desaparecer ya que un problema en un punto compromete a toda la red). La transmisión del cable coaxial entonces cubre varios cientos de metros y transporta decenas de Mbps.

1.15.3.3. Fibra Óptica

Es el medio de transmisión más novedoso dentro de los guiados y su uso se está masificando en todo el mundo reemplazando el par trenzado y el cable coaxial en casi todos los campos. En estos días lo podemos encontrar en la televisión por cable y la telefonía.

²¹ Comunicación Digital-Folleto- PhD. HIDALGO Pablo

En este medio los datos se transmiten mediante una haz confinada de naturaleza óptica, de ahí su nombre, es mucho más caro y difícil de manejar pero sus ventajas sobre los otros medios lo convierten muchas veces en una muy buena elección al momento de observar rendimiento y calidad de transmisión.

Físicamente un cable de fibra óptica está constituido por un núcleo formado por una o varias fibras o hebras muy finas de cristal o plástico; un revestimiento de cristal o plástico con propiedades ópticas diferentes a las del núcleo, cada fibra viene rodeada de su propio revestimiento y una cubierta plástica para protegerla de humedades y el entorno.

La fibra óptica encuentra aplicación en los enlaces entre nodos, backbones, ATM, redes LAN, GIGABIT ETHERNET, largas distancias, etc.

Usa dos modos de transmisión, el monomodo (este cubre largas distancias, más caro, mas velocidad debido a no tener distorsión multimodal) y el multimodo (cubre cortas distancias, es más barata pero tiene menos velocidad 100 Mbps, además se ve afectado por distorsión multimodal).

De la fibra óptica podemos decir que su distancia está definida por varios Km y su capacidad de transmisión viene dada por varios Gbps.

Actualmente, para la transmisión de datos, se ha hecho uso de la estructura empleada en la telefonía fija, con la finalidad de aprovechar la infraestructura ya instalada de la misma, y así, los operadores del servicio telefónico pueden ofrecer a sus usuarios la transmisión de datos a menores costos, y a la vez la facilidad de poder hablar y enviar o recibir datos simultáneamente.

1.15.3.4. Internet

Actualmente tiene mayor prioridad la llamada red Internet la misma que tiene cobertura a nivel mundial y que en un inicio solo permitía enviar o/y recibir información de datos, pero que debido al avance tecnológico también se ha orientado a la transmisión de voz sobre la misma infraestructura de la red Internet. Conocida más comúnmente como VoIP (voz sobre Internet).

Esta red está basada en el conjunto de protocolos TCP/ IP (Protocolo de Control de Transmisión/Protocolo Internet);

La red Internet es una red de computadoras interconectadas entre sí que ofrecen acceso y comparten información a través de un lenguaje común. En la actualidad es la red de computadoras más grandes que existe en el mundo; se conecta por teléfono (a través de un módem) o por fibra óptica y transmite toda clase de información; además existen otras tecnologías como la familia xDSL, que ofrecen velocidades de transmisión elevadas y que emplean la estructura de las tradicionales líneas telefónicas.

1.16. CRITERIOS DE CONVERGENCIA

La convergencia puede entenderse en al menos dos sentidos distintos pero complementarios: convergencia de servicios y convergencia de tecnologías.

La convergencia de servicios se refiere a la confluencia, dentro de la infraestructura de telecomunicaciones de un mismo proveedor, de servicios que, hasta hace poco tiempo, se entendían como independientes y provistos, cada uno de ellos, por un operador de telecomunicaciones distinto. El servicio telefónico, el de televisión pagada y los servicios de Internet están ahora al alcance de los clientes de un solo proveedor de telecomunicaciones.

En la figura 9 se aprecia la convergencia desde redes verticales hacia redes horizontales.

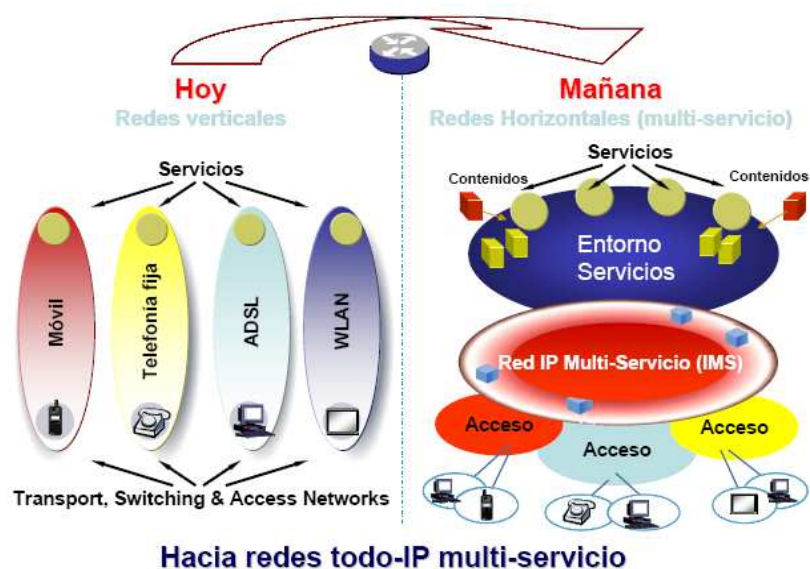


Figura 1.8. Redes All IP

La convergencia tecnológica, en cambio, se refiere a la integración, dentro de un mismo dispositivo de telecomunicaciones, de tecnologías inicialmente identificadas con servicios específicos. Las tecnologías de las computadoras, las televisiones, los aparatos telefónicos y las redes de datos se combinan para ofrecer dispositivos multimedia capaces de identificar y procesar señales asociadas a distintos servicios de telecomunicaciones. En este sentido, la migración de las tecnologías analógicas hacia las digitales ha favorecido este proceso de integración tecnológica.

A las redes capaces de prestar todos los servicios de telecomunicaciones (voz, datos, video), y aplicaciones multimedia, se las conoce como “REDES DE NUEVA GENERACION” (NGN)

1.17. REDES DE NUEVA GENERACION

Las redes de Nueva Generación (NGN) no es sino un modelo de arquitectura de redes de referencia que debe permitir desarrollar toda la gama de servicios IP multimedia de nueva generación (comunicaciones VoIP, videocomunicación, mensajerías integradas multimedia, integración con servicios IPTV, domótica,

etc.) así como la evolución, migración de los actuales servicios de telecomunicación.

Una red de nueva generación tiene como referentes la movilidad de las redes inalámbricas, la fiabilidad de la red pública conmutada, el alcance de Internet, la seguridad de las líneas privadas, la capacidad de las redes ópticas, la flexibilidad de IP y de MPLS para la integración de servicios de datos, voz y vídeo; así como la eficiencia que conlleva la operación de una infraestructura común y consistente.

La aportación fundamental de estas redes de nueva generación y, en particular, de su núcleo, es la convergencia, que permite que podamos hablar de servicios de datos, voz y vídeo en vez de redes de datos, voz y vídeo como hasta ahora.

La convergencia tiene lugar en dos niveles:²²

- Infraestructura: es el efecto de consolidar el transporte de datos, voz y vídeo, realizado tradicionalmente sobre distintas redes, sobre un “backbone” común de paquetes, para lo cual se puede emplear distintas tecnologías de acceso.
- Servicio: en este caso, la convergencia significa que al integrar los servicios de datos, voz y vídeo sobre tecnología de paquetes IP, esto permite acceder a las funciones propias de esta tecnología, es decir, calidad de servicio, seguridad, almacenamiento, video bajo demanda, etc.

²² Redes Nueva Generación-4G- Telefónica.es

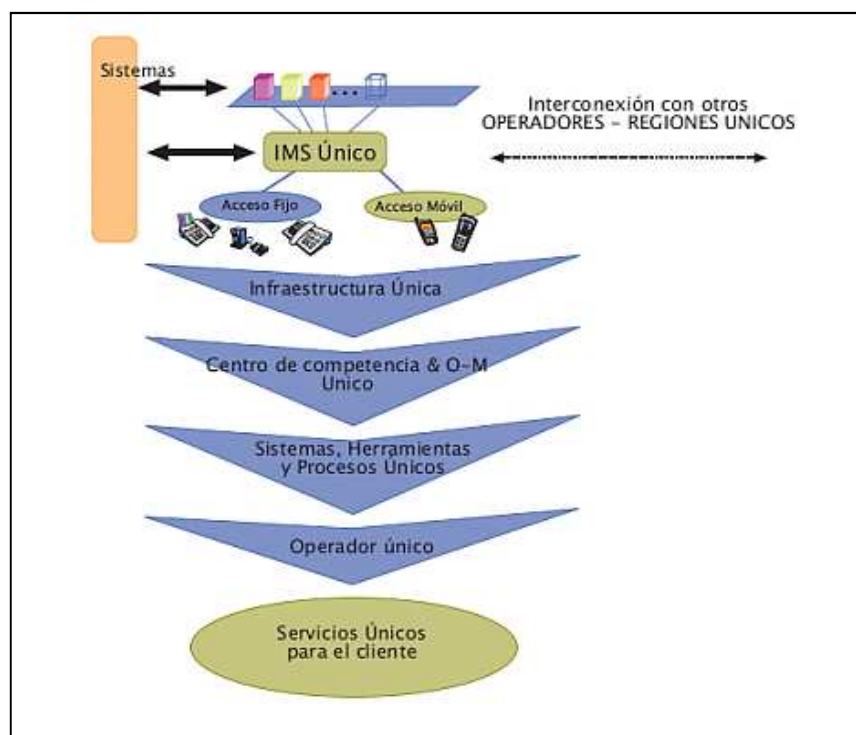


Figura. 10 Sistemas de Nueva Generación

Las redes de Nueva Generación, permitirán a los proveedores de servicios de Telecomunicaciones aprovechar sus recursos en cuanto a infraestructura, y, a la vez brindar a sus usuarios mejores y variadas aplicaciones, y no necesariamente a costos elevados.

CAPÍTULO II

2. ESTUDIO TÉCNICO Y OPERACIONAL DE LOS PROTOCOLOS QUE SE EMPLEAN A NIVEL DE ENLACE ENTRE LA RED INALÁMBRICA WI-MAX (ANEXO E – 2005) Y LA RED CELULAR DE TERCERA GENERACIÓN UMTS, CON TECNOLOGÍA WCDMA

2.1. INTRODUCCION A LAS TECNOLOGÍAS INALÁMBRICAS DE NUEVA GENERACION

En un principio para que exista comunicación, se empleaba medios analógicos los mismos que únicamente permitían la transmisión de voz, por ejemplo la conocida y tradicional telefonía analógica (3,4KHz), entre pocos usuarios y que presentaba ciertas dificultades relacionadas con calidad de servicio. Otro limitante de esta tecnología lo constituía el alcance para llegar a determinados lugares (área de cobertura). Mientras que para transmitir datos, se debía utilizar otra red, implicando mayores costos para los usuarios, y los operadores de dichos servicios se veían limitados al no poder ofrecer los dos servicios simultáneamente.

Las primeras comunicaciones de voz (telefonía analógica) eran redes fijas, sin embargo, debido al desarrollo de las Telecomunicaciones, surge el primer sistema de telefonía móvil celular que empleaba la tecnología analógica AMPS (Advanced Mobile Phone Service), el cual ofrecía 666 canales divididos en 624 canales de voz y 42 canales de señalización de 30 KHz cada uno, este, presentaba ciertas desventajas en lo relacionado a la transmisión de datos, pues esta aplicación requería mayor ancho de banda.

Posteriormente surgen nuevas tecnologías (CDMA, GSM, GPRS, UMTS) de comunicaciones que ofrecen nuevas y mejoradas aplicaciones para los usuarios del servicio móvil celular, así, actualmente, utilizando el teléfono celular se puede mantener conversaciones de voz, transferencia de datos (mensajes),

videoconferencia, e incluso transferencia de datos desde el Internet, todo esto debido a la mayor capacidad con que cuentan las actuales redes móviles.

A la fecha, y luego de varios procesos tecnológicos por los cuales ha atravesado el sistema de comunicaciones celulares, se cuenta con redes de tercera generación, que ofrecen servicios de voz y datos mejorados, así como un mayor ancho de banda y la posibilidad de ofrecer servicios a lugares antes imposibles de llegar, e incluso en la actualidad se habla de redes 3.5 G, la misma que entrega a los usuarios una gran variedad de aplicaciones adicionales al servicio de telefonía celular.

2.2. REQUERIMIENTOS DE UN SISTEMA DE TERCERA GENERACIÓN²³

- Alta velocidad para transmisión de datos, si hablamos de velocidad de datos móviles (vehicular) hasta 144 Kbps, velocidad de datos portátil (peatonal) hasta 384 Kbps, velocidad de datos fijos (terminal estático) hasta 2 Mbps.
- Transmisión de datos simétrica y asimétricamente.
- Servicios de conmutación de paquetes y en modo circuito, como tráfico Internet (IP) y video en tiempo real.
- Calidad de servicio para voz comparable con la calidad ofrecida por sistemas fijos.
- Mayor capacidad y mejor eficiencia del espectro radioeléctrico comparado con los sistemas actuales.
- Capacidad de proveer servicios simultáneos a usuarios finales y terminales.
- Incorporación de sistemas de segunda generación y posibilidad de coexistencia e interconexión con servicios móviles por satélite.
- Itinerancia internacional entre diferentes operadores (Roaming Internacional).

²³ Sistemas celulares 3G

Los sistemas de tercera generación deberán proveer soporte para aplicaciones como:

- Voz en banda estrecha a servicios multimedia en tiempo real y banda ancha.
- Servicios unificados de mensajes como correo electrónico multimedia.
- Aplicaciones de comercio electrónico móvil, que incluye operaciones bancarias y compras móviles.
- Aplicaciones audio/video en tiempo real como videollamadas, videoconferencia interactiva, audio y música, aplicaciones multimedia especializadas como telemedicina y supervisión remota de seguridad.

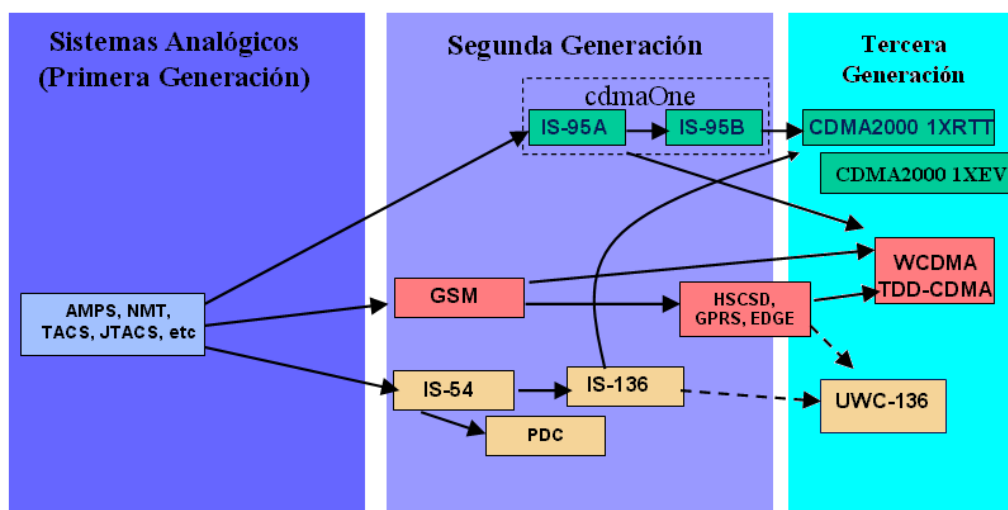


Figura 2.1. EVOLUCIÓN DE LOS SISTEMAS CELULARES A 3G ²⁴

Sin embargo, actualmente se ha empezado hablar de redes de **Cuarta Generación** “4G” conocidas también como **Redes De Nueva Generación** donde existe una convergencia de diferentes tecnologías inalámbricas fijas y móviles, combinadas para brindar gran variedad de servicios a usuarios fijos o móviles en cualquier lugar que se encuentren.

Las tecnologías dominantes lo constituyen UMTS (Universal Mobile Telecommunications System), UBW, Wimax fijo, Wimax móvil, Wi – Fi.

²⁴ Telefonía móvil celular

2.3. TECNOLOGÍAS DOMINANTES EN LAS TELECOMUNICACIONES

2.3.1. TECNOLOGÍA UMTS

UMTS es una tecnología que pertenece al estándar de comunicaciones inalámbricas de tercera generación IMT- 2000 (International Mobile Telecommunications-**2000**). IMT-2000 proporciona un marco para el acceso mundial sin hilos ligando los diversos sistemas de redes terrestres y redes satelitales.

2.3.1.1. Origen de UMTS

UMTS es una tecnología de radio que fue desarrollada e impulsada por la ITU (Unión Internacional de Telecomunicaciones) y la Comisión Europea (ETSI), cuyo principal objetivo fue unificar los distintos sistemas de telefonía móvil empleados en todo el mundo, tratando de que exista compatibilidad entre dichos sistemas.

UMTS tiene características que le permite Itinerancia internacional entre diferentes operadores, emplea tecnología de paquetes basada en protocolos IP, soporte para una amplia gama de terminales y capacidad para una gran cantidad de usuarios.

2.3.1.2. Características de la tecnología UMTS

UMTS, es una tecnología que introduce grandes mejoras a los actuales sistemas móviles celulares, este estándar ha tenido varias fases de creación y algunas de ellas ya han sido implementadas en redes GSM, en países europeos como España, así como en Estados Unidos, México; siendo la principal diferencia entre estas versiones la variedad y nuevos servicios que se podrán entregar a los usuarios con las diferentes interfaces de radio que empleen para la transmisión de datos.

A continuación se presentan algunas de las características que presenta la tecnología UMTS.

Acceso rápido: La principal ventaja de UMTS sobre la segunda generación móvil (2G), es la capacidad de soportar altas velocidades de transmisión de datos, la misma que variará en función de ciertos parámetros como: cobertura, ocupación de la red, aplicación utilizada, etc., así se tendrá velocidades de hasta 144 kbit/s sobre vehículos a gran velocidad, 384 kbit/s en espacios abiertos de extrarradios y 17.2 Mbit/s con baja movilidad (interior de edificios). Esta capacidad al igual que su estructura basada en una red todo IP, permitirán prestar servicios multimedia interactivos y nuevas aplicaciones de banda ancha, tales como servicios de video telefonía y video conferencia.

En cuanto a conectividad, el terminal UMTS estará siempre conectado, lo cual no afectará en la economía de sus usuarios, pues se facturará en función al tiempo de consumo y no por el tiempo que permanezca conectado a la red.

Además, UMTS ofrecerá acceso eficiente a Internet a alta velocidad, tendrá una enorme capacidad multimedia y gran movilidad (permitirá el acceso a redes UMTS terrestres y satelitales, y será compatible con GSM).

La frecuencia para UMTS es de 2 GHz y será posible transmitir datos a 2 Mbps, por lo que las comunicaciones con vídeo son una realidad.

La velocidad de transmisión es adaptable, es decir el ancho de banda de cada llamada, lo que significa que la asignación de ancho de banda es de forma dinámica (se debe tener presente que no es lo mismo una llamada de voz que una transmisión de imágenes), lo cual ayuda a optimizar el rendimiento de la red.

Al ser un sistema único, el cambio de red (roaming) es prácticamente instantáneo, sin cortes en la comunicación.

2.3.1.3. Espectro UMTS

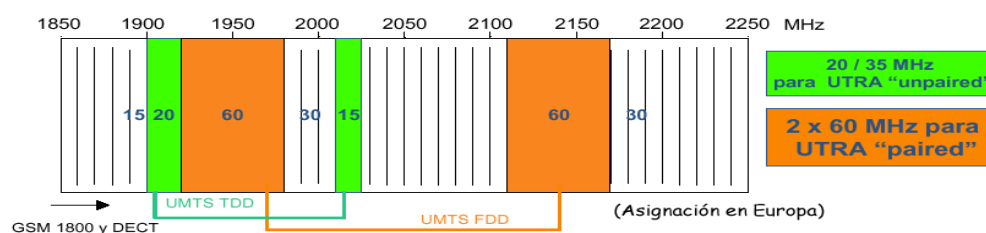
UMTS utiliza las siguientes bandas de frecuencias:

- Un par de bandas “apareadas” alrededor de los 2000 Mhz. Para el enlace ascendente (UL) utiliza la banda de frecuencias 1920-1980 Mhz, y para el enlace descendente (DL) utiliza 2110-2170 Mhz.
- Una banda de frecuencias “desapareada”. 1910-1920 Mhz y 2010-2025 Mhz.
- Nuevas bandas para conseguir 160 Mhz de espectro adicional: 806-960 Mhz, 1710-1885 Mhz, 2500-2690 Mhz.

En la interfaz de radio usará las siguientes tecnologías de acceso.²⁵

- Frequency Division/Wide Code Division Multiple Access (FDD/WCDMA) en la banda “apareada”.
- Time Division/Code Division Multiple Access (TDD/CDMA) en la banda “desapareada”.

En la figura 2.2. se esquematiza el espectro de frecuencia empleado por la tecnología UMTS.



- FDD: Conocida como WCDMA. Para utilizar en bandas apareadas (1920-1980/2110-2170). Total: 60+60 MHz.
OPERADORES CUENTAN CON 15x2 MHz PARA FDD
- TDD: Conocida como TD CDMA. Para utilizar en bandas no apareadas (1900-1920; 2010-2025). Total: 20+15 = 35 MHz.
OPERADORES CUENTAN CON 5 MHz PARA TDD

Figura 2.2. ESPECTRO DE FRECUENCIA PARA UMTS ²⁶

²⁵ Sistemas móviles 3G

²⁶ sociedaddelainformacion.telefonica.es

2.3.1.4. Arquitectura de red UMTS

UMTS, es una tecnología que ha sufrido varios cambios con el pasar del tiempo, especialmente en lo que se refiere al interfaz aire, que se emplea para llegar hasta los usuarios finales con la variedad de servicios que posee, los cuales han permitido aumentar la velocidad de transmisión de datos a la red UMTS.

En la figura 2.3, se muestra la arquitectura para la red UMTS, presentada por 3GPP (Proyecto de Asociación de Tercera Generación), en la especificación denominada 3GPP Release – 99.

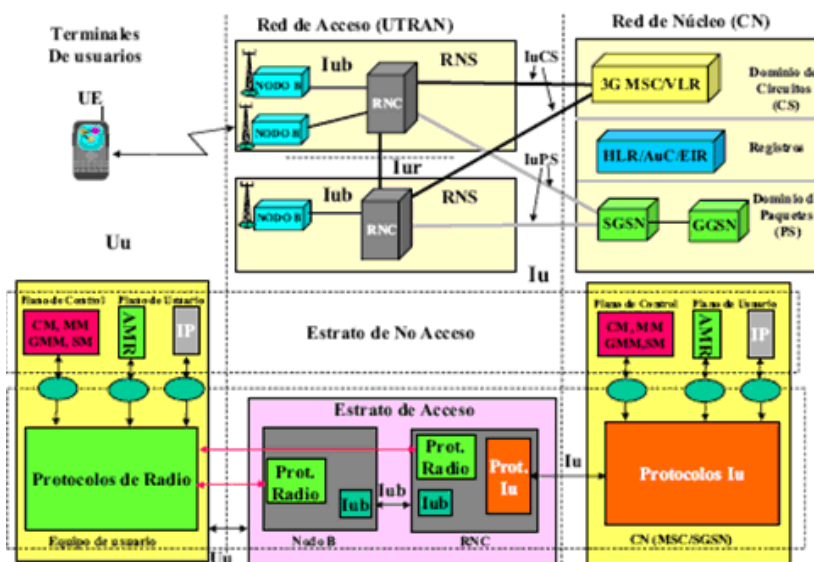


Figura 2.3. Arquitectura General de red UMTS 3G ²⁷

La estructura de red UMTS consta de dos grandes subredes:

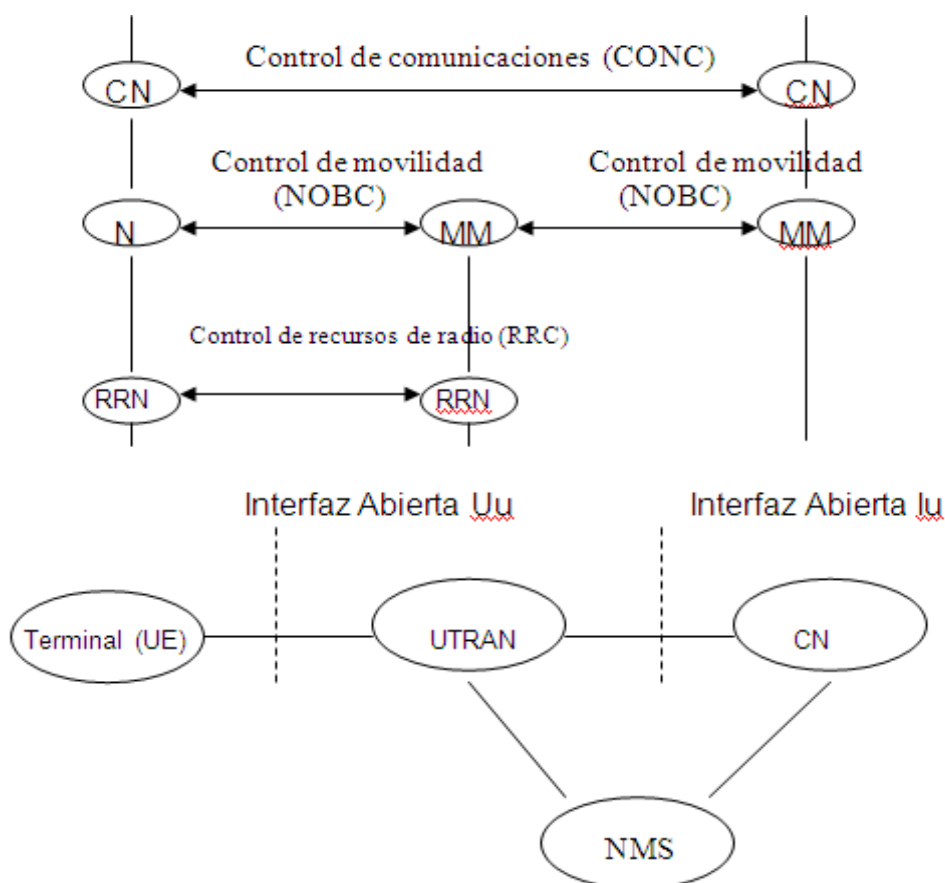
- La red de telecomunicaciones
- La red de gestión.

2.3.1.4.1. La red de Gestión

La red de Gestión se encarga de la provisión de medios para la facturación y tarificación del consumo de los usuarios, así como del registro y definición de los perfiles de servicio, la gestión y seguridad en el manejo de sus datos.

²⁷ sociedaddelainformacion.telefonica.es

En la figura 2.4, se describe como se realizan las funciones de control y gestión en la red UMTS.



UE = Equipo de Usuario
 RAN = Red de Acceso de Radio
 CN = Red de Núcleo
 NMS = Sistema de Gestión de Red

Figura 2.4. Tareas de Control y de Gestión de la Red UMTS ²⁸

Además se encarga de la operación de los elementos de la red, lo que permitirá asegurar el correcto funcionamiento de la misma, la detección y resolución de anomalías en caso de presentarse, así como la recuperación del funcionamiento luego de periodos de apagado o desconexión de algunos de sus elementos.

²⁸ www.UMTSforum.com

2.3.1.4.2. La red de Telecomunicaciones

Es la encargada del transporte de la información (datos, voz) entre los extremos de una conexión.

En la figura 2.5, se presenta un esquema general de la arquitectura de UMTS.

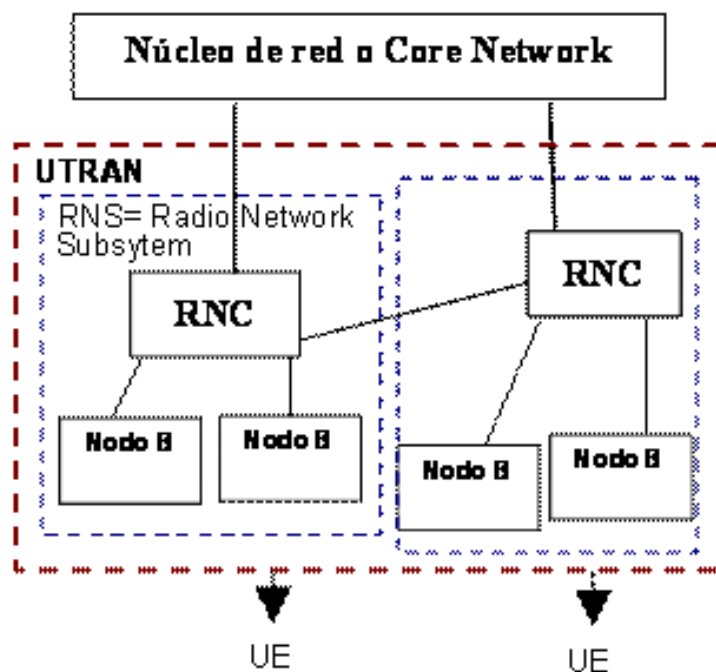


Figura 2.5. Arquitectura general de la red UMTS

La red celular con tecnología UMTS usa una comunicación terrestre basada en la interfaz de radio W-CDMA, la cual es conocida como UMTS Terrestrial Radio Access (UTRA), que puede operar en dos modos: división de tiempo dúplex (TDD) y división de frecuencia dúplex (FDD). Ambos modelos ofrecen transmisión de datos en forma teórica de hasta 2 Mbps.

La red de Telecomunicaciones de UMTS se compone de los siguientes elementos:

Núcleo de Red (Core Network). El Núcleo de Red se plantea como la evolución de los que existen en las redes de segunda generación, basadas en la tecnología GSM/GPRS, el mismo que incorpora el plano de transporte y el plano de servicio de manera independiente. El plano de transporte soporta el paso de la información de tráfico y señalización, incluidos los procesos de conmutación,

mientras que el de encaminamiento realiza las funciones de servicio, tales como la lógica y el control de ciertos servicios ofrecidos a través de una serie de interfaces bien definidas; también incluyen la gestión de la movilidad.

A través del Núcleo de Red, el UMTS se conecta con otras redes de telecomunicaciones, de forma que resulte posible la comunicación no sólo entre usuarios móviles UMTS, sino también con los que se encuentran conectados a otras redes.

Dentro de los elementos más importantes con los que cuenta el Núcleo de Red, se tiene: MCS (Mobile Switching Center) y el SGSN (Serving GPRS Support Node)

Mobile Switching Center (MSC)

El MSC, constituye el elemento central de una red basada en la conmutación de circuitos empleada para servicios de voz, y está presente tanto en sistemas GSM como en sistemas UMTS. Tiene diferentes interfaces, lo cual le permite conectarse con la red PSTN, con el SGSN y con otros MSC's.

Sus funciones principales son:²⁹

- Transmisión de voz
- Coordinación y organización de todas las llamadas
- Asignación dinámica de recursos.
- Registro de ubicación.
- Funciones de interoperabilidad con otras redes
- Manejo de los procesos de Handover
- Recolección de datos para facturación
- Intercambio de parámetros de señalización entre diferentes interfaces
- Control y operación de la cancelación del eco

²⁹ Sistemas de Comunicaciones Inalámbricas

Serving GPRS Support Node (SGSN)

Es la parte de red principal, basada en la conmutación de paquetes, y contiene información referente a:

- Suscripción
- IMSI (Internacional Mobile Subscriber Identity)
- Identificaciones temporales
- La célula o área en la cual el móvil está registrado.
- Número VLR

Red de acceso de radio (UTRAN Terrestrial Radio Access Network)

La red de acceso de radio proporciona la conexión entre los terminales móviles y el Núcleo de Red. En UMTS recibe el nombre de UTRAN (Acceso Universal Radioeléctrico Terrestre) y se compone de una serie de sistemas de red de radio o RNC (Radio Network Controller) y una serie de Nodos B dependientes de él. Los Nodos B son los elementos de la red que se los conoce como estaciones base (BS) en las redes GSM/GPRS.

En la figura 2.6, se puede apreciar los diferentes elementos de los que se compone la Red de Acceso UTRAN.

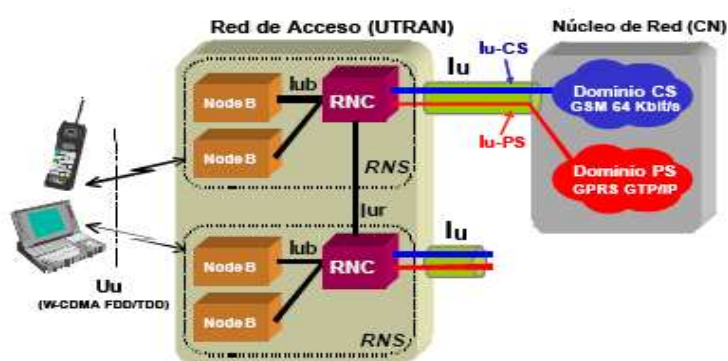


Figura 2.6. ARQUITECTURA DE UTRAN ³⁰

³⁰ UMTS-FOLLETO

A continuación se hará una breve descripción de los elementos de UTRAN.

RNC (Radio Network Controller)

Es el encargado de controlar a uno o varios nodos B, se conecta con el MSC (Mobile Switching Center) mediante la interfaz LuCS o con un SGSN a través de la interfaz LuPs. La RNC es comparable con el BTS (Base Station Controller) elemento de la red GSM.

Dentro de las funciones que realiza el RNC podemos mencionar:³¹

- Manejo de los recursos de transporte de la interfaz Lu.
- Manejo de la información del sistema, así como los horarios de información del sistema
- Control de los recursos lógicos del Nodo B.
- Manejo de tráfico en los canales comunes.
- Modificación del grupo activo de células (Soft Handover)
- Control de admisión
- Manejo de los reportes.
- Manejo de tráfico en los canales compartidos.

NODOS B

El nodo B se encuentra en la capa física de la interfaz aérea, dentro de las funciones que debe realizar cabe mencionar las siguientes:

- Mapeo de los recursos lógicos del Nodo B en los recursos de hardware.
- Transmisión de mensajes de información del sistema según el horario establecido por el RNC.
- Informa de la existencia de interferencia en el enlace de subida, y la potencia en el enlace de bajada.

³¹ UMTS/Folleto

INTERFAZ Iu

Permite la conexión entre la Red Central y la Red de Acceso de Radio (UTRAN), la misma que emplea como interfaz aérea la tecnología WCDMA.

Es la interfaz central considerada más importante dentro de las especificaciones de 3GPP, ya que permite la conexión a dos diferentes elementos de la red central, dependiendo si se trata de una red basada en conmutación de circuitos o conmutación de paquetes. En el primer caso, se emplea la interfaz Iu-CS que sirve de enlace entre la UTRAN y el MSC (Mobile Switching Center); mientras que para la red basada en conmutación de paquetes se emplea la interfaz Iu-PS, que sirve de enlace entre la UTRAN y el SGSN (Serving GPRS Support Node)

Terminales móviles.

A estas terminales se las conoce también como User Equipment (UE); es el equipo de usuario o móvil que permite la comunicación con una estación base en el momento que lo desee siempre y cuando en ese lugar exista cobertura. Este debe estar diseñado para soportar el estándar y los protocolos para su correcto funcionamiento no solo dentro de su propia red, sino también con las otras redes.

INTERFAZ Uu

La interfaz Uu se encuentra entre el equipo de usuario y la red UTRAN, la tecnología empleada para acceder al medio es WCDMA (Acceso múltiple de banda ancha por división de código)

A continuación en la tabla 2.1, se muestran los diferentes interfaces definidos en UMTS

Tabla 2.1. Interfaces UMTS.³²

Interfaz		Situada entre
Uu		Equipo de usuario (UE) y Nodo B
Lu	Iu – CS	Interface para conmutación de Circuitos (RNC-MSC/VLR)
	Iu – PS	Interface para conmutación de Paquetes (RNC-SGSN)
Iub		RNC a Nodo B
Iur		RNC a RNC

2.4. INTERFAZ DE RADIO WCDMA

Dentro de las diferentes interfaces de radio con las que puede operar la red UMTS, está la denominada WCDMA (Acceso múltiple de banda ancha por división de código), la misma que permite a UMTS aumentar la capacidad de transferencia de datos a usuarios móviles fijos o en movimiento. WCDMA opera con un ancho de 5 MHz.

A continuación, en la figura 2.7, se muestra donde opera la interfaz de aire WCDMA.

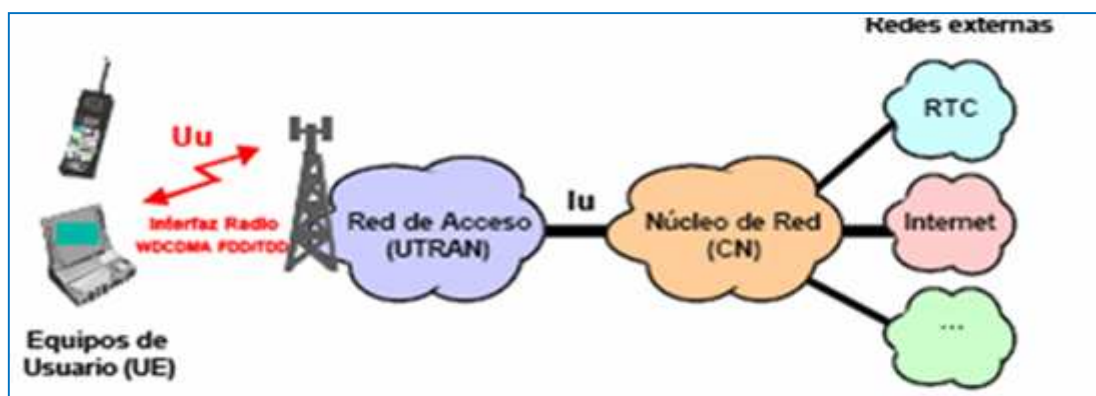


Figura 2.7. Interfaz de radio WCDMA

WCDMA es una técnica de multiplexación basada en CDMA (Code Division Multiple Access). El estándar de WCDMA fue desarrollado por el proyecto de la

³² catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lem/fajardo_p_d/capitulo1.pdf

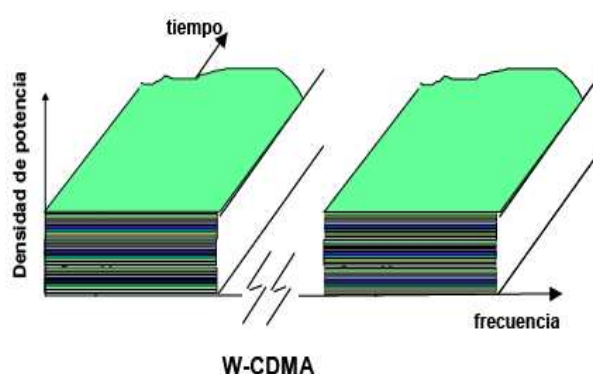
sociedad de la tercera generación (3GPP) cuyo objetivo fue asegurar la interoperabilidad entre diversas redes 3G. Esta técnica consiste en la asignación de un código digital diferente para cada usuario. Estos códigos son compartidos por el emisor y receptor. La diferencia entre WCDMA y CDMA es que en WCDMA se emplea códigos con una velocidad mucho mayor que la señal a transmitir.³³

En el transmisor el código se utiliza para transformar la señal de usuario en una señal de banda ancha (espectro expandido). Y en el receptor se utilizan para separar las diferentes comunicaciones que comparten una misma portadora.

A los bits de los que está compuesto el código WCDMA se les llama chips para diferenciarlos de los bits de usuario.

WCDMA puede operar en dos modos diferentes, uno es el FDD (Frequency Division Duplex) y el TDD (Time Division Duplex).

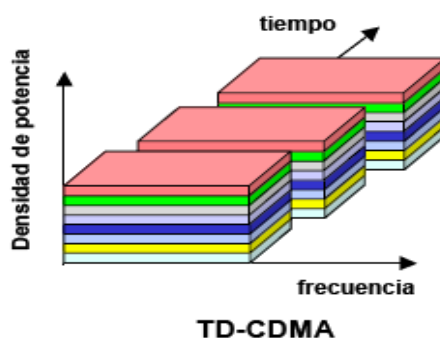
- **Modo FDD.** Cada transmisión se identifica por la portadora y por el código pseudo aleatorio WCDMA. Se utiliza una portadora diferente para cada enlace, el ascendente y el descendente, dentro de una banda “apareada”.



- **Modo TDD.** Cada transmisión se identifica por la frecuencia de la portadora, el código WCDMA y uno de los 15 intervalos de tiempo de la trama TDMA (Time Division Multiple Access). Se utiliza una misma portadora para ambos enlaces, tanto ascendente como descendente,

³³ Folleto de Comunicaciones Inalámbricas / Ing. Pablo Hidalgo

dentro de la banda “desapareada”. Los intervalos de tiempo pueden ser repartidos de forma dinámica entre los dos enlaces. Este modo es ideal para aplicaciones de tráfico asimétrico como puede ser el acceso a Internet.



Dentro de las ventajas que ofrece WCDMA podemos mencionar las siguientes:

- Mayor eficiencia espectral, ya que emplea el concepto de la reutilización de frecuencias. El factor de re-uso de frecuencia es igual a la unidad.
- Mayor velocidad de transmisión; desde 114 Kbps si se trata de áreas extensas de cobertura, a 2 Mbps en áreas cercanas.
- Mayor seguridad debido a la utilización de códigos.

2.5.PROTOCOLOS DE LA RED UMTS

La arquitectura UMTS, ha agrupado los diferentes protocolos en la Red de Acceso de Radio UTRAN.

La arquitectura de los protocolos de UTRAN se muestra en la figura 2.8.

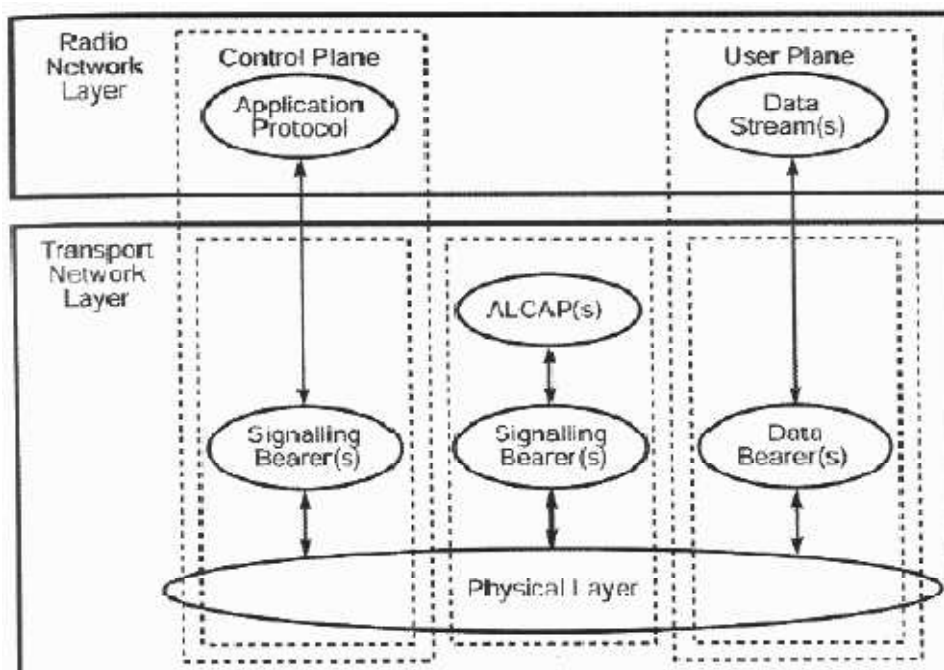


Figura. 2.8. Arquitectura de protocolos de la red UTRAN ³⁴

Los protocolos que operan en UMTS se dividen a su vez en el Plano de control y el plano de usuario.

El **Nivel de Control** transporta señales de control de información, mientras que el **Nivel de Usuario** transporta información de usuario.

Otra división que se puede apreciar es la que existe entre la capa de red de radio y la capa de red de transporte. Para UTRAN, la capa de red de transporte provee la siguiente capa por encima, con dos tipos de canales de transporte, o portadora.

El primero de estos canales de transporte es empleado en el transporte de datos y por tanto es llamada portadora de datos. Transporta flujos de protocolo de radio en los interfaces Iur y Iub (AAL2 / ATM), al igual que flujos de datos de usuario conmutados por circuito (AAL2 / ATM) y conmutados por paquetes (IP / AAL5 / ATM) a través del interfaz Iu.

³⁴ www.umtsforum.net

El segundo tipo de canal es llamado portador de señal y está basado en SS#7/AAL2/ATM (o en IP / AAL5 / ATM).

En el último caso se utiliza un protocolo de señales definido genéricamente como ALCAP (Access Link Control Application Protocol). En realidad este es definido con el protocolo de señales AAL2.

Un punto a tener en cuenta es que los protocolos de radio son interpretados desde el punto de vista de los interfaces Iur e Iub como flujos de datos a ser transportados. Como resultado sus componentes de control y transporte son manejados de la misma manera. La situación difiere en el interfaz Iu el cual, estando alojado por encima del punto de terminación del protocolo de radio (RNC), maneja la información de control de forma independiente del flujo de transporte de datos.

El protocolo AAL2 que está definido en la recomendación Q.363.2 del ITU-T, permite la multiplexación de varios flujos de datos (hasta 248 'miniconexiones') de manera eficiente, sobre un mismo circuito virtual ATM.

2.5.1. ARQUITECTURA DE LOS PROTOCOLOS DE RADIO

La figura 2.9, proporciona una visión general de arquitectura de protocolos de radio UTRAN.

Los protocolos de radio pueden ser desglosados en las siguientes capas:

La Capa Física o Capa 1,

La Capa de Enlace o Capa 2,

La Capa de Red o Capa 3.

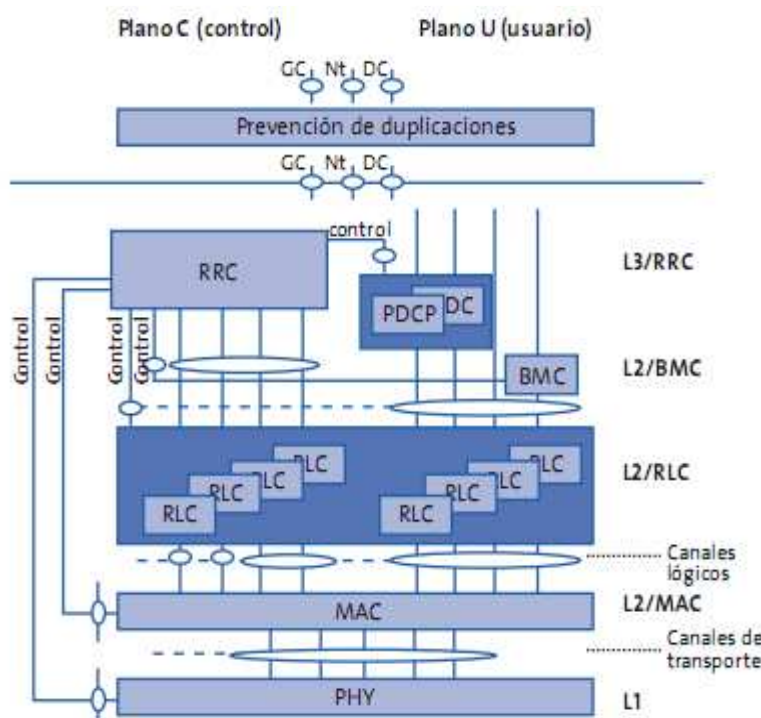


Figura. 2.9. Arquitectura de protocolos de radio UTRAN ³⁵

De la misma manera los protocolos del Access Stratum están divididos en dos planos: de Control y de Usuario. La información transportada a través de la red de acceso puede ser información tanto de control como de usuario. El propósito del envío de señales es crear las condiciones para una correcta transmisión de la información de usuario.

2.5.1.1. PDCP (Packet Data Convergence Protocol)

Provee la transmisión y recepción de las redes PDU entres modos: reconocido, no reconocido y transparente. Para esto, PDCP organiza las redes PDU desde un protocolo de red hasta una instancia RLC. En lo que se refiere a la compresión y descompresión de información de control de red PDU, no necesariamente se realiza en este nivel.

³⁵ <http://www.umtsworld.com/technology/overview.htm>

2.5.1.2. BMC (Broadcast / Multicast Control)

Provee un servicio a la transmisión para datos de usuario comunes en el modo transparente o reconocido.

Desde el punto de vista de los protocolos de radio, la Capa 3 (Capa de Red) contiene el RRC (Radio Resource Control). El RRC cumple un papel fundamental, al ser el responsable de gestionar los recursos de radio.

Por ello, el RRC está encargado de gestionar y controlar el MAC inferior y las Capas RLC y la Capa Física, así como procurar los parámetros de entrada para los algoritmos y procedimientos del RRM (Radio Resource Management).

2.6. CALIDAD DE SERVICIO EN UMTS

Calidad de servicio en forma general, hace referencia a la prestación de determinado servicio el mismo que se lo debe hacer en el menor tiempo posible y en las mejores condiciones.

En el ámbito de las Telecomunicaciones, existen ciertos parámetros específicos que deben cumplirse para que ofrezcan calidad de servicio a sus usuarios, sin dejar de lado a aquellos que han venido desarrollándose desde la telefonía tradicional. Es decir la cantidad de tráfico cursada por la red durante las horas pico, la calidad de voz que deben entregar a sus usuarios móviles, el tiempo que se deben tardar para la conexión, entre otros, los mismos que han sido especificados por ITU.

Para los sistemas UMTS, es el 3GPP, el organismo que ha establecido ciertos parámetros que estas redes deben cumplir.

El tráfico o transporte de datos serán provistos con diferente calidad de servicio (QoS-Quality of Service). Para la red UMTS, se han definido cuatro clases de calidad de servicio para acomodar cuatro tipos de tráfico.

2.6.1. CLASES DE CALIDAD DE SERVICIO EN UMTS

Conversacional (voz en telefonía):

Permite la conversación en directo entre usuarios.

Bajo Retardo (el máximo viene dado por la percepción humana de audio y vídeo)

(Afluente) Streaming (video):

Permite la recepción de audio/video en directo en un sólo sentido.

Retardo moderado

Orden de paquetes

Interactivo (navegación web, interacción con servidores):

Se requieren datos a demanda.

Retardo moderado.

Diferencial Background (transferencia de ficheros, email, sms):

Una máquina envía y recibe datos en un segundo plano

No hay requerimientos de retardo porque el destino no espera datos en un periodo de tiempo preciso.

Estos tipos de tráfico, su naturaleza y características básicas se muestran en la Tabla 2.2.

Tabla 2.2. Clases de servicio para los tipos de tráfico en UMTS ³⁶

Clase de Servicio	Naturaleza	Características Básicas	Ejemplos
Conversacional	Servicios de tiempo real	Preserva el límite del retardo y la variación de tiempo entre paquetes. El retardo es pequeño y constante.	Voz, videoteléfono
Afluente (Streaming)	Servicios de tiempo real	Preserva la variación de tiempo entre paquetes. Retardo constante pero no necesariamente reducido.	Flujo de video o audio
Interactiva	Servicios de tiempo NO real	Modelo de petición y respuesta. Preserva el contenido de los datos. Retardo moderado y bajas tasas de errores.	Navegación en internet
Diferida (Background)	Servicios de tiempo NO real	No es necesaria la interacción. Preserva el contenido de los datos	Correo electrónico, descarga de datos

³⁶ www.umtsforum.net

2.7. SERVICIOS QUE BRINDA LA RED UMTS

Las redes de tercera generación basadas en la tecnología UMTS están en capacidad de brindar servicios como:³⁷

- Transmisión simétrica/ asimétrica de alta fiabilidad.
- Uso de ancho de banda dinámico, en función de la aplicación.
- Velocidades binarias mucho más altas: 144 kbit/s en alta movilidad, 384 kbit/s en espacios abiertos y 2 Mbit/s en baja movilidad.
- Soporte tanto de conmutación de paquetes (IP) como de circuitos.
- Soporte IP para acceso a Internet (navegación WWW), videojuegos, comercio electrónico, y vídeo y audio en tiempo real.
- Diferentes servicios simultáneos en una sola conexión.
- Calidad de voz como en la red fija.
- Soporte radioeléctrico flexible, con utilización más eficaz del espectro, con bandas de frecuencias comunes en todo el mundo.
- Personalización de los servicios, según perfil de usuario.
- Incorporación gradual en coexistencia con los sistemas actuales de 2G.
- Itinerancia (roaming), incluido el internacional, entre diferentes operadores y tipos de redes.
- Ambientes de funcionamiento marítimo, terrestre y aeronáutico.
- Economías de escala y un estándar global y abierto que cubra las necesidades del mercado de masa.

A pesar que los sistemas 3G ofrecen servicios de telecomunicaciones mejorados, muchos de los proveedores de equipos de comunicaciones consideran que UMTS presenta ciertas desventajas respecto a la cobertura en zonas suburbanas y rurales donde los principales inconvenientes radican en las obstrucciones multitrayectoria que presentan, y según pruebas realizadas por los mismos, el rendimiento y calidad de la red es ineficiente; de ahí que se requiere complementar con otras tecnologías inalámbricas capaces de operar en entornos NLOS, con las mismas condiciones que prestan en zonas urbanas.

³⁷ Guía Esencial de Telecomunicaciones – José Manuel Moya

UMTS consiste en una gran red, que podrá operar con diferentes interfaces de radio para llegar a sus abonados, así en la banda “apareada” empleará Division/Wide Code Division Multiple Access (FDD/WCDMA); y para la banda desapareada se empleará Time Division/Code Division Multiple Access (TDD/CDMA).

WCDMA es una tecnología basada en CDMA (Code Division Multiple Access) que provee varias ventajas a la red UMTS como: mayor eficiencia espectral; reutilización total de las frecuencias; mayor velocidad de transmisión; desde 114 Kbps a 2 Mbps; mayor seguridad; utilización de códigos.

2.8. TECNOLOGÍA WIMAX

Wimax (Worldwide Interoperability for Microwave Access), Interoperabilidad Mundial para Acceso por Microondas, es una tecnología inalámbrica que ha sido propuesta originalmente, en la Especificación IEEE 802.16 creada en el Wimax Forum en junio del 2001, cuyo objetivo inicial fue la creación de conexiones inalámbricas fijas de banda ancha, las mismas que remplazarán a tecnologías como el cable y ADSL, las cuales a pesar de ofrecer servicios de banda ancha, presentan ciertos conflictos en lo referente a velocidad de transmisión de datos y al área de cobertura. Otra de las razones que motivó a la creación de esta tecnología, es la falta de un estándar abierto que permitiera la interoperabilidad con redes inalámbricas ya establecidas, así como con los equipos que estas utilizan. Fue diseñado como una solución de última milla en redes metropolitanas (MAN) para prestar servicios a nivel público. Puede entregar distintos servicios paquetizados como IP y Voz sobre IP (VoIP), así como servicios conmutados (TDM), E1s/T1s, voz tradicional (Clase-5), interconexiones ATM y Frame Relay.

Wimax es una tecnología que ofrece mayor ancho de banda y una amplia cobertura entre las tecnologías inalámbricas de última generación.

En la figura 2.10, podemos observar los múltiples servicios que la tecnología Wimax puede prestar.

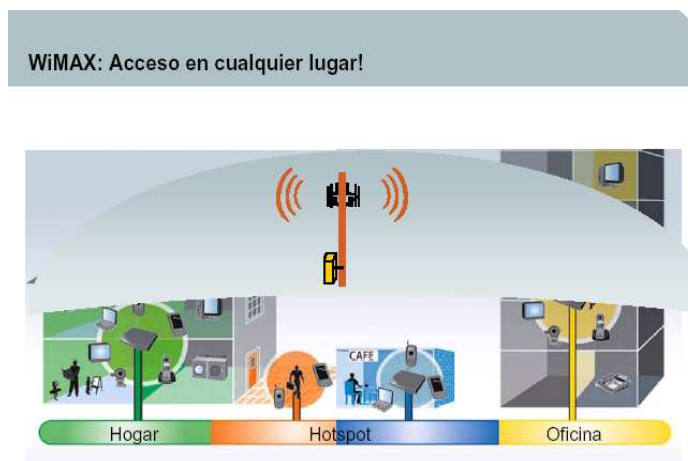


Figura 2.10. Wimax: acceso en cualquier lugar

WIMAX, es una tecnología basada en varios estándares que permiten la conexión de banda ancha de alto rendimiento a grandes distancias, que ha sufrido ciertas modificaciones a lo largo del tiempo, las mismas que difieren en lo referente a alcance y velocidad de transmisión, así como a técnicas de modulación o multiplexación.

En la figura 2.11, se observa la evolución de la tecnología Wimax

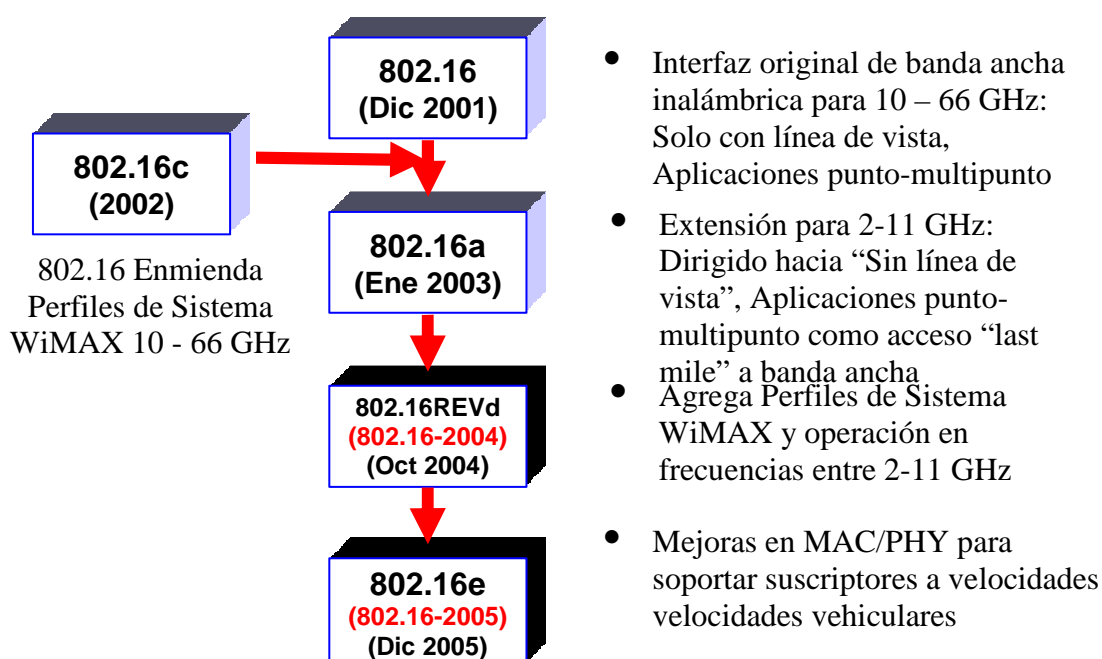


Figura 2.11. Evolución de la tecnología Wi-Max ³⁸

³⁸ www.wimaxgroup.org

2.9. ESTÁNDARES DE WIMAX

2.9.1. IEEE 802.16 “INTERFAZ AÉREA PARA SISTEMAS FIJOS DE ACCESO INALÁMBRICO DE BANDA ANCHA”

Constituye la primera especificación de la familia de tecnologías Wimax, para permitir conexiones Punto a Punto, con línea de vista entre antena y equipo suscriptor. El espectro de frecuencia asignado para su operación está sobre los 10 GHz.

Dentro de las principales aplicaciones para las cuales fue creada la tecnología fija de Wimax, era proporcionar servicio de transmisión de datos a lugares donde las tecnologías cableadas no podían llegar fácilmente o su costo de instalación era significativo. Con Wimax como tecnología inalámbrica se supone un menor costo y la facilidad de instalación en zonas alejadas, sin embargo en esta especificación no se ofrece movilidad ni portabilidad.

En lo que se refiere al área de cobertura puede cubrir hasta 50 Km. aproximadamente, esto gracias a su operación con LOS (línea de vista). Posee una arquitectura punto – multipunto.

En IEEE 802.16, la encargada de aspectos como calidad de servicio, seguridad de la red, y los parámetros de modulación, es la capa MAC (Control de acceso al medio) que se encuentra normalizada por las especificaciones IEEE 802.

Posee dos modos de multiplexación: TDD (Duplex en el dominio del tiempo) y FDD (Duplex en el dominio de la frecuencia). Wimax, tiene la ventaja de operar con frecuencias licenciadas y no licenciadas.

A continuación, en la tabla 11 se presenta un resumen con las principales características de la primera versión de la tecnología Wimax.

Tabla 2.3. Características del estándar IEEE 802.16 ³⁹

	802.16
Espectro	10 - 66 GHz (bandas licenciadas)
Funcionamiento	Solo con visión directa (LOS)
Tasa de bits	32 - 134 Mbit/s con canales de 28 MHz
Modulación	QPSK, 16QAM y 64 QAM
MÓVILidad	No (sistema fijo)
Anchos de banda	20, 25 y 28 MHz
Radio típico de celda	2 - 5 km aprox.

En la figura 2.12, se muestra una aplicación de Wimax fijo IEEE 802.16 en ambientes NLOS y LOS.

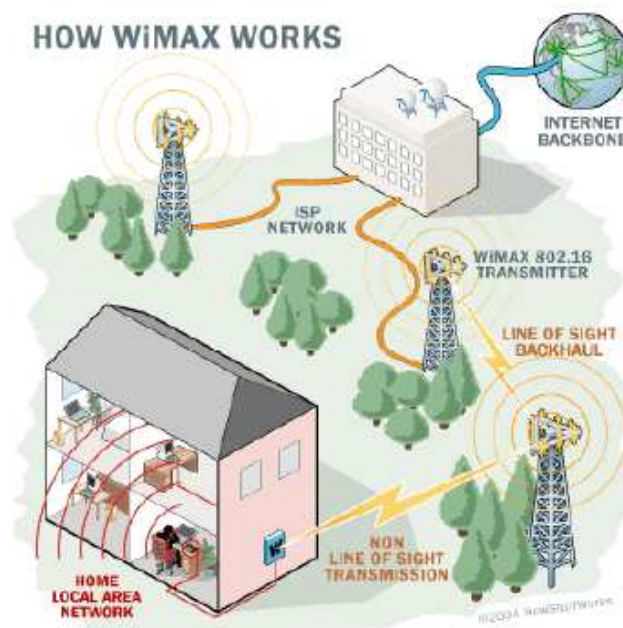


Figura 2.12. Wimax fijo (LOS)

³⁹ www.wimaxforum.com

2.9.2. IEEE 802.16-2004

Es la última versión fija de Wimax ratificada en Julio del 2004, es un amplio estándar que fue una recopilación de versiones anteriores de Wimax, las mismas que se detallan a continuación.

⊕ IEEE 802.16a

El estándar IEEE 802.16a fue completado en enero del 2003, a cuyo estándar se le asignó el espectro de frecuencia de 2 a 11 GHz. Puede operar con bandas de frecuencias tanto licenciadas como no licenciadas. Sus características le permiten operar en ambientes sin línea de vista (con obstrucciones), lo cual reduce el alcance especificado inicialmente, conserva las especificaciones de capa MAC de IEEE 802.16 así como características de calidad de servicio.

En lo referente a técnicas de modulación, emplea OFDM y OFDMA, con una tasa de transmisión de datos de hasta 75 Mbps y un alcance de 48 Km. en condiciones LOS. También soporta protocolos como: Ethernet, ATM e IP. Este estándar es para conexiones fijas de última milla punto a punto y punto multipunto.

En la tabla 2.4 se presenta las principales características del estándar IEEE 802.16a.

Tabla 2.4. Características del estándar IEEE 802.16a ⁴⁰

Parámetros técnicos	802.16^a
Espectro de frecuencia	< 11 GHz
Funcionamiento	Sin visión directa (NLOS)
Tasa de bits	Hasta 75 Mbps con canales de 20 MHz

⁴⁰ www.wimaxforum.com

Modulación	OFDM con 256 sub portadoras QPSK, 16QAM, 64QAM
Movilidad	Sistema fijo
Anchos de banda	Seleccionables entre 1,25 MHz y 20 MHz
Radio de celda típico	5 - 10 km aproximadamente (alcance máximo de unos 50 km)

⊕ IEEE 802.16c

Este estándar fue creado para operar en bandas de frecuencia cuyos rangos estaban entre 10 y 66 GHz, es una versión mejorada del estándar IEEE 802.16a, en el cual también se toman en consideración aspectos relacionados con la interoperabilidad entre los diferentes fabricantes y estándares de la familia Wimax.

El estándar IEEE 802.16-2004, reemplaza a las versiones anteriores, y es pensado como la solución inalámbrica de última milla para acceso a Internet de banda ancha así como proveer acceso básico de voz en áreas sub abastecidas donde no existe ninguna otra tecnología de acceso; por ejemplo países en desarrollo y áreas rurales en países desarrollados donde el cable de cobre no tiene sentido económico.

El 802.16-2004 también es una solución viable para el backhaul inalámbrico para puntos de acceso Wi-Fi o potencialmente para redes celulares, en particular si se usa el espectro que requiere licencia, esto especialmente para evitar problemas como interferencias o invasión de usuarios ajenos a la red.

Como técnicas de modulación emplea OFDM con 256 portadoras y OFDMA con 2048 portadoras, las mismas que permitirán mayor robustez frente a interferencias producidas por el multitrayecto, si opera en ambiente NLOS (no línea de vista), así como cubrir una mayor área de cobertura en este ambiente.

Dentro del espectro radioeléctrico, opera en el rango de 2 a 11 GHz, del cual, la banda de 2,5 GHz es licenciada mientras que las bandas 3,5-GHz y 5,8-GHz son no licenciadas.

El rendimiento en Wimax fijo, variará dependiendo de la banda de frecuencia en la que se opere, así como del ambiente LOS o NLOS, en el primer caso se estima un rendimiento aproximado de 11 Mbps llegando a ser de 8 Mbps en caso de ambiente sin línea de vista.

Este estándar fue aprobado en junio del 2004, y a pesar que las pruebas de interoperabilidad se empezaron a finales del 2005 en países como España y Japón, hasta la fecha actual muchos de los proveedores de los servicios de Telecomunicaciones no se atreven a implementar redes con dicha tecnología, únicamente Motorola ha lanzado al mercado ciertos equipos con dicha tecnología.

2.10. TÉCNICAS DE MODULACIÓN EMPLEADAS EN WIMAX

Uno de los principales problemas que enfrentan las redes inalámbricas es la interferencia que encuentra la señal a medida que viaja por el medio (aire), lo cual ha limitado el alcance de las primeras versiones de tecnologías inalámbricas. Wimax, ofrece técnicas de modulación que permitirán superar gran parte de interferencia multi-trayecto.

A continuación se describen las técnicas de modulación que se emplearán en la tecnología Wimax.

2.10.1. OFDM ORTHOGONAL FREQUENCY DIVISION MULTIPLEXING

Una de las técnicas empleadas en la tecnología inalámbrica Wimax es la Multiplexación por División de Frecuencia Ortogonal (OFDM), que permite a los operadores, en términos de eficiencia, llegar a superar las limitaciones y retos de la propagación en un entorno NLOS, ofreciendo la ventaja de operar con un mayor retardo de ensanchamiento. Gracias al tiempo de símbolo OFDM y al uso

de un prefijo cíclico, la forma de onda OFDM elimina los problemas de interferencia ínter símbolo (ISI) y la complejidad de la ecualización adaptativa.

Gracias a que la señal OFDM está compuesta por una multitud de portadoras de banda estrecha ortogonales, la selección del “fading” se localiza en un conjunto de portadoras que son relativamente fáciles de ecualizar.

Un ejemplo de la característica mencionada se muestra en la figura 2.13, donde se compara entre la señal OFDM y una simple señal portadora, en OFDM la información se manda en paralelo mientras que en la señal simple se lo hace en forma serial.

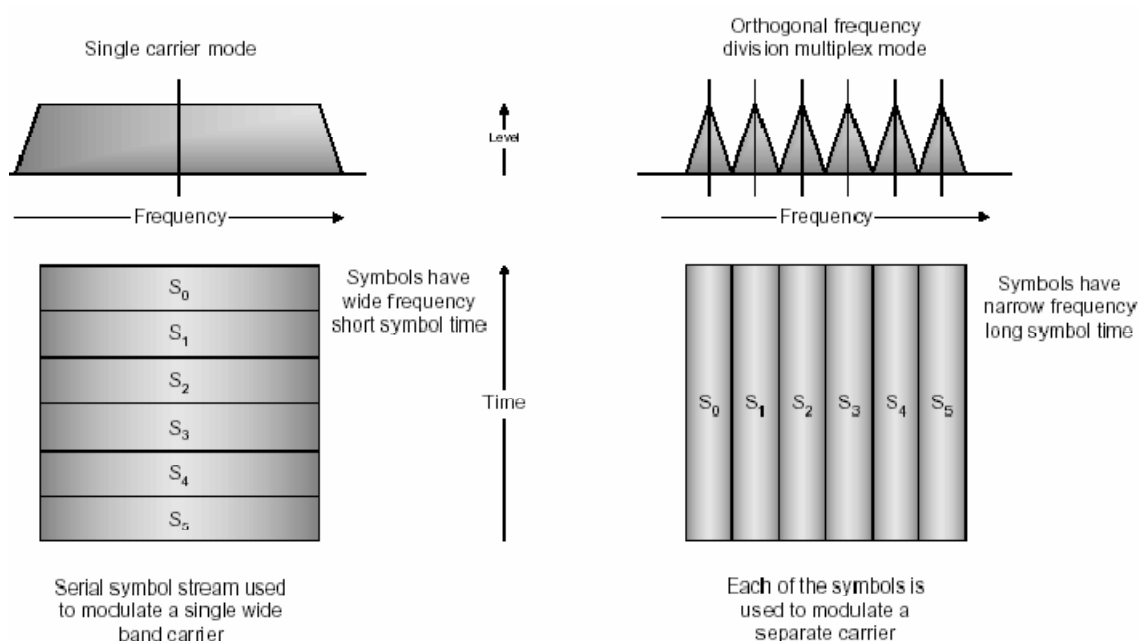


Figura 2.13. Comparación entre una señal OFDM y una señal simple ⁴¹

La habilidad para superar el retardo de ensanchamiento, el multitrayecto y la interferencia ínter símbolo es una eficiente manera que permite rendimientos más altos “throughput”. Como por ejemplo, es más fácil ecualizar portadoras individuales OFDM que ecualizar una simple portadora ensanchada.

⁴¹ Extended Mobile IP and support for Global Connectivity in Hybrid Networks

La modulación OFDM es muy robusta frente al multitrayecto, que es muy habitual en los canales de radiodifusión, frente a las atenuaciones selectivas en frecuencia y frente a las interferencias de RF.

Debido a las características de esta modulación, es capaz de recuperar la información de entre las distintas señales con distintos retardos y amplitudes (fading) que llegan al receptor, por lo que existe la posibilidad de crear redes de radiodifusión de frecuencia única sin que existan problemas de interferencia.

Otra de las ventajas que ofrece la técnica OFDM es el ahorro en cuanto al ancho de banda para transmitir varias portadoras, produciendo mayor aprovechamiento del canal si comparamos con la tradicional FDM. En la figura 2.14 se observa la diferencia entre estas dos técnicas de multiplexación.

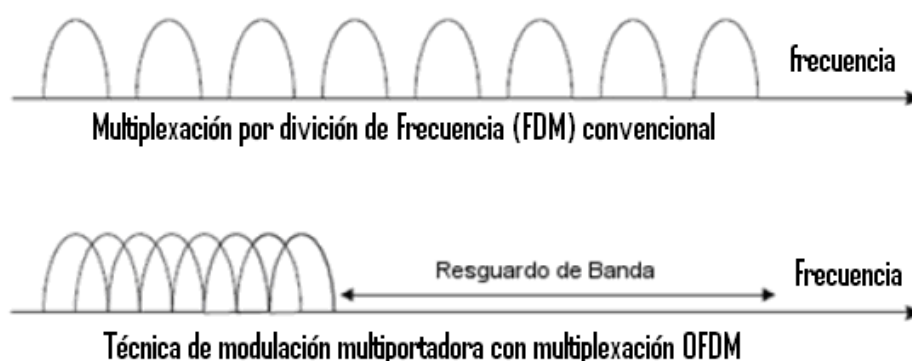


Figura 2.14. Comparación entre OFDM y FDM tradicional

2.10.2. OFDMA ORTHOGONAL FREQUENCY DIVISION MULTIPLE ACCESS

La técnica OFDMA permite la transmisión de grandes cantidades de datos digitales a través de ondas de radio. Consiste básicamente en dividir una señal portadora en varias sub señales que pueden ser transmitidas simultáneamente empleando frecuencias diferentes.

OFDMA, es una técnica empleada especialmente en entornos inalámbricos, los mismos que presentan desventajas significativas (como interferencia multitrayecto, menores zonas de cobertura, entre otras); frente a las tradicionales

tecnologías cableadas. OFDMA, introduce técnicas que permiten mejorar dichas desventajas.

OFDMA, es una técnica que permite la transmisión de varias señales de información, al mismo tiempo y empleando un solo canal de transmisión, esto debido a que utiliza señales ortogonales que son moduladas con diferentes técnicas (QPSK, 16 QAM, 64 QAM), las mismas que permiten un ahorro significativo en lo que se refiere al ancho de banda, ya que entre las señales no emplea las tradicionales bandas de guarda, sino la sobreposición entre las subportadoras, a su vez el espaciamiento entre subportadoras deben ser seleccionadas cuidadosamente, de tal manera que cada subportadora se ubique en los puntos nulos o cruce por cero a fin de evitar que las mismas sufran solapamiento. Esto es posible gracias a la ortogonalidad de frecuencias.

OFDMA es una técnica apropiada para trabajar en entornos NLOS (sin línea de vista) lo cual la hace ideal para trabajar la tecnología Wi-Max.

La principal diferencia entre OFDMA y OFDM, es que en el caso de la primera técnica, a más de utilizar varias subportadoras, las asocia en diferentes canales formando subcanales, lo cual le permite enviar mayores flujos de información y obtener una mejor eficiencia espectral.

A continuación, en la figura 2.15 se muestra el esquema de la modulación OFDMA frente a OFDM.

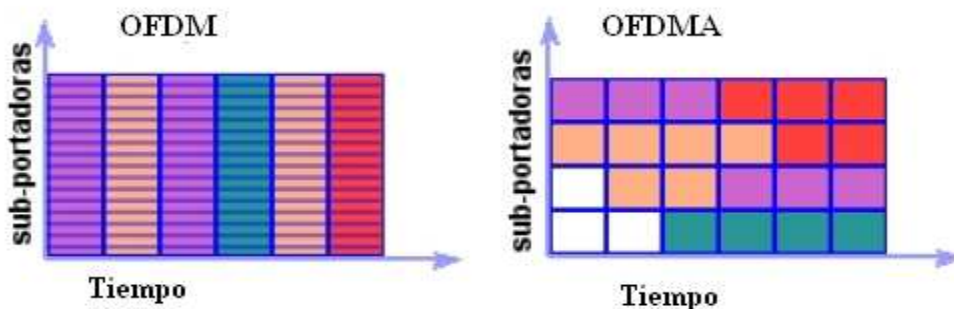


Figura 2.15. Técnica de modulación OFDMA frente a OFDM

2.10.3. S-OFDMA SCALABLE ORTHOGONAL FREQUENCY DIVISION MULTIPLE ACCESS

Si bien es similar, el SOFDMA posee más ventajas que el OFDMA. El SOFDMA no asigna un ancho de banda a las subportadoras de manera dinámica, sino que los determina tomando como referencia directa el ancho de banda del canal. El ancho de la portadora constante adquiere una utilización de espectro más alto en los canales anchos, reduce el costo de los canales angostos y mantiene la capacidad de interferencia anti-multi-trayectoria por medio de diferentes anchos de banda de canal, lo que es básicamente consistente con la capacidad de soporte de movilidad. El rango del ancho de banda dinámico que provee el S-OFDMA está entre 1.25MHz y 20MHz. En caso de un ancho de banda de 10MHz, las tasas de downlink y uplink son de alrededor de 63Mbps y 28Mbps respectivamente.

SOFDMA, para la modulación puede emplear esquemas como son: 16 QAM y 64 QAM

Características de SOFDMA⁴²

- Soporte de movilidad con ahorro de energía
- Mejor cobertura Interna al usar AAS (sistemas de antenas inteligentes) y MIMO (Múltiples entradas – múltiples salidas).
- Escalabilidad al poder trabajar con canales de 1,20 a 10 MHz de ancho de banda.
- Buena eficiencia espectral a nivel de red.
- Soporte del protocolo Ipv6.

2.11. WIMAX MÓVIL ESTÁNDAR IEEE 802.16 e-2005

El 07 de diciembre de 2005, el Grupo de trabajo IEEE aprobó el estándar para WiMAX Móvil bajo el nombre de IEEE 802.16-e, que permite utilizar un sistema de comunicaciones inalámbricas con dispositivos en movimiento. Si bien es cierto, en el mercado existen varias tecnologías inalámbricas para brindar servicios de

⁴² Wimax Movil, Juan Miguel Steller Solórzano

banda ancha, ninguna de estas permite movilidad completa para sus clientes. Las tecnologías celulares ofrecen servicios de voz, datos y multimedia a usuarios en movimiento, sin embargo existen ciertas limitaciones en lugares alejados de lo que se denomina área de cobertura, otras tecnologías empleadas para la transmisión de datos como XDSL, a pesar que ofrecen Banda Ancha, representa una inversión elevada si trata de llegar a zonas cuyas obstrucciones son representativas y la implementación de dicho servicio requerirá mayores costos económicos e incluso humano.

Este estándar es una revisión del estándar 802.16-2004 conocido como Wimax fijo, sin embargo estas dos tecnologías no son compatibles entre sí, pues operan en bandas de frecuencias diferentes, además la versión móvil añade portabilidad y capacidad para clientes móviles. Como hace uso de Scalable - Acceso Múltiple por División Ortogonal de Frecuencia (S-OFDMA), por lo que una sola estación podría usar todos los subcanales dentro del periodo de la transmisión, o los múltiples clientes podrían transmitir simultáneamente usando cada uno, una porción del número total de subcanales.

La tecnología Wimax Móvil, ha sido creada como una solución inalámbrica de banda ancha de última milla, cuyos costos de instalación podrían significar muy altos para los fabricantes de tecnologías como Wi-Fi, sin embargo los resultados que este arrojará son mucho mejor y con el tiempo la inversión inicial podría ser retribuida.

Su relevancia radica en otorgar servicios de Internet telefonía a sectores alejados, donde no existe infraestructura previa de cables (sectores rurales), y en ser una de las tecnologías pioneras en la banda ancha móvil.

2.11.1. CARACTERÍSTICAS DE WIMAX MÓVIL

Vale la pena mencionar que a pesar de que la tecnología Wimax Móvil ya ha sido aprobada y estandarizada, todavía no se ha implementado en redes para prestar servicios de banda ancha y por tanto no se ha comprobado que sus

características en lo relacionado a tasas de transferencia y alcance sean las que constan en la teoría.

En el documento emitido por el grupo de trabajo WIMAX FORUM, destacan dentro de las principales características que presenta dicha red, las siguientes:

- La conexión y productividad en distancias de alrededor de los 70 km con una excelente tasa de transferencia de datos de hasta 50 Mbps.
- Es un sistema escalable, pues permite el uso de diversos canales y soporte de múltiples enlaces físicos, así como el uso de espectros licenciados y exentos de licencia.
- En Wimax móvil se permite el uso de video y voz por un mismo canal con servicios E1 y T1, en algunos casos.
- WiMAX es la tecnología ideal para aplicaciones como VoIP, videoconferencias y otras tendencias de comunicación entre oficinas, personas y dispositivos a nivel mundial.
- Se encuentra basada en S-OFDMA (Scalable Orthogonal Frequency Division Multiple Access), puede cubrir un área de 50 kilómetros permitiendo la conexión con obstáculos interpuestos y tiene una capacidad para transmitir datos de hasta 50 Mbps con una eficiencia espectral de 5.0 bps/Hz.
- Soporta niveles de servicio (SLAs) y calidad de servicio (QoS).
- Utiliza antenas inteligentes que mejoran la eficiencia espectral.
- Es una red segura, puesto que incluye medidas para la autenticación de usuarios y la encriptación de los datos mediante los algoritmos Triple DES (128 bits) y RSA (1.024 bits).
- Tiene un bajo costo, pues no necesita de cableados específicos o costosos como en el caso de la fibra óptica, no se utilizan antenas de gran tamaño y mucho menos cambios constantes de ellas, por lo que las empresas, ciudades y países que hacen uso de WiMAX lo ven como una buena medida.

Además el WIMAX FORUM, se ha concentrado en hacer las especificaciones de operación de Wimax móvil en dos capas fundamentalmente, esto es, en la capa física (PHY) y en la capa de acceso al medio (MAC), las mismas que se encuentran especificadas en el estándar IEEE 802.16-e

2.11.2. ESTÁNDAR IEEE 802.16-e

El estándar 802.16 esencialmente estandariza la capa física (PHY) y la capa del Control de Acceso al Medio (MAC).

Una característica dominante de 802.16e es que es una tecnología orientada a conexión. La estación del suscriptor (SS) no puede transmitir datos hasta que ha sido asignada un canal por la estación base (BS). Esto permite que 802.16 e - 2005 presente una gran ventaja para ofrecer calidad del servicio (QoS).

2.11.3. LA CAPA FÍSICA PHY

La arquitectura que emplea la tecnología Wimax Móvil es similar a la del estándar fijo, sin embargo en lo que se refiere a la capa física, el estándar 802.16e-2005 utiliza S-OFDMA (Scalable Orthogonal Frequency Division Multiple Access) para transportar datos. El ancho de banda asignado a los canales se encuentra entre 1.25 MHz y 20 MHz, cuenta con 2048 sub-portadoras.

Está basada en la técnica de modulación adaptativa y codificación, que en buenas condiciones de la señal, utiliza un esquema de modulación altamente eficiente como es 64 QAM, mientras que donde la señal tiene problemas, se utiliza un mecanismo más robusto como la técnica de modulación denominada BPSK. En condiciones intermedias, 16 QAM y QPSK pueden también ser empleados. Otra característica de la capa física PHY incluye la técnica MIMO (Multiple entrada-múltiple salida) para proporcionar mejores características así como la petición automática híbrida de repetición (HARQ) en condiciones de no Línea de Vista (NLOS).

Especificaciones técnicas de operación de Wimax móvil en la capa PHY

El organismo encargado de las especificaciones del estándar IEEE 802.16-e es el Wimax Forum, y este, luego de haber realizado la certificación de dicho estándar ha publicado las siguientes especificaciones para la capa Física de Wimax Móvil que se visualizan en la tabla 2.5:

Tabla 2.5. Características del Nivel Físico-Wimax Móvil ⁴³

Parámetros	802.16e-2005
Espectro	2 -11 GHz
Multiplexación	TDD, FDD (BS), HFDD (Ms)
Funcionamiento	Sin Línea de Vista (NLOS)
Tasa de bit	Hasta 20 Mbps con canales de 5 MHz
Modulación	Simple Portadora (Sc), OFDMA S-OFDMA con 1024 sub portadoras BPSK, QPSK, 16 QAM, 64 QAM
Movilidad	Permite Movilidad de hasta 60 Km/h
Ancho de Banda	Entre 1,25 y 20 MHz (más usada =5MHz)
Duración de trama	Se puede seleccionar entre 2.5, 5, 10 y 20 ms (más usada = 5 ms)
Radio Típico de celda	5 – 8 Km aprox. (alcance máximo de unos 10 Km)

2.11.4. CONTROL DE ACCESO AL MEDIO (MAC)

El MAC 802.16e describe un número de sub-niveles de la convergencia que describen cómo las tecnologías cableadas tales como Ethernet, ATM e IP se encapsulan en el interfaz aire, para la transmisión de los datos, etc.

También describe cómo las comunicaciones son entregadas de manera segura, utilizando métodos de autenticación y cifrado como AES (Advanced Encryption

⁴³ Tutoriales/SPANISH_WiMAX_WIBRO.pdf

Standard), durante transferencia de datos. Otras características de la capa MAC incluyen mecanismos del ahorro de energía y mecanismos del handover.

2.11.5. CALIDAD DE SERVICIO DE WIMAX MÓVIL QOS

En la tecnología Wimax móvil, mientras no se asigne una conexión entre la estación base (BS) y la estación del suscriptor (SS), la comunicación no puede iniciarse, es por ello que se garantiza la calidad de servicio (QoS), a cada una de estas conexiones se les puede asignar una de las cinco clases de QoS establecidas dentro del estándar IEEE 802.16e-2005.

A continuación se presentan las clases de calidad de servicio que se especifican en el estándar IEEE 802.16e-2005.

Tabla 2.6. Clases de Calidad de Servicio en Wimax Móvil ⁴⁴

Servicio		Definición	Aplicaciones
Servicios de Concesión no Solicitado	UGS	Tasa máxima soportada, máxima tolerancia al retardo (latencia), tolerancia al Jitter	Transporte T1/E1 VoIP
Servicio en Tiempo Real Extendido de Sondeo	ErtPS	Tasa máxima reservada, tasa máxima soportada, máxima tolerancia al retardo, tolerancia al Jitter, Prioridad de tráfico	Voz con Detección de Actividad (VoIP)
Servicio de Sondeo en Tiempo Real	RtPS	Tasa máxima reservada, tasa máxima soportada, máxima tolerancia al retardo, Prioridad de tráfico.	MPEG Video
Servicio de Sondeo en Tiempo no Real	NrtPS	Tasa máxima reservada, tasa máxima soportada, prioridad de tráfico.	FTP Protocolo de Transferencia de Archivo
Servicio del Mejor Esfuerzo	BE	Tasa máxima soportada, prioridad de Tráfico.	HTTP Protocolo de transferencia de Hyper Texto

La tecnología de Wimax móvil a pesar de tener una arquitectura de red similar a la de Wimax fijo, introduce mejoras significativas en lo referente a los dos niveles

⁴⁴ embedded-system.net/lang/es/agilent-wimax-optimization-solution-for-ieee-80216e-2005

del modelo OSI como son la Capa PHY y la capa MAC, los mismos que garantizan una mejor calidad de servicio a la hora de prestar los servicios a los usuarios.

A continuación se presenta un esquema donde se puede apreciar de mejor manera las variaciones entre una tecnología y otra.

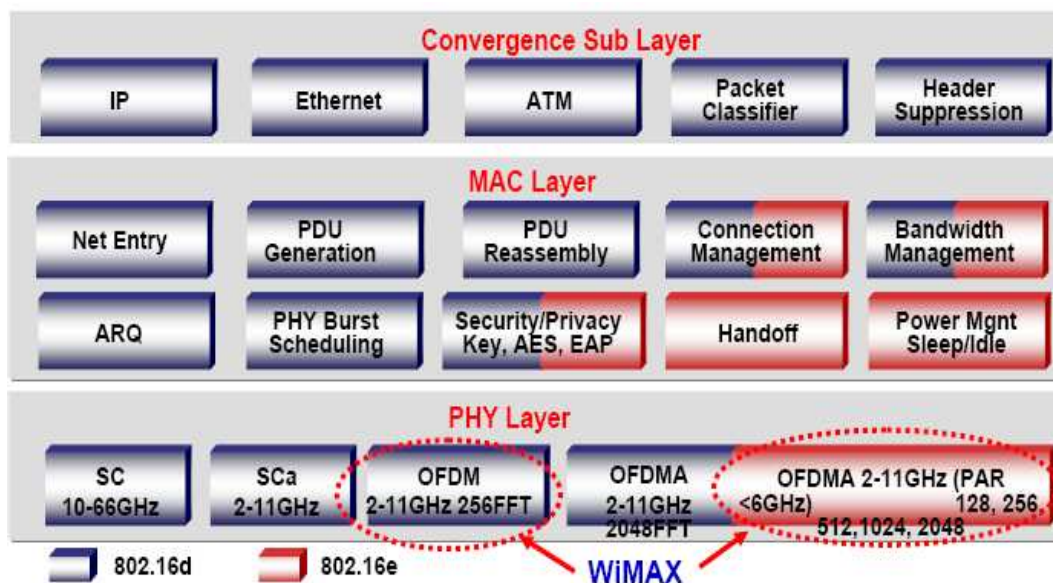


Figura 2.16. Estructura de Wimax móvil Capa PHY – Capa MAC ⁴⁵

Por todas las mejoras que ha introducido el Foro WIMAX en el estándar IEEE 802.16e, esta se ha colocado en la mira de fabricantes de equipos de telecomunicaciones, así como en operadores de los mismos.

2.12. DESCRIPCIÓN DE LOS PROTOCOLOS EMPLEADOS EN LAS TECNOLOGÍA WIMAX MÓVIL Y UMTS

2.12.1. DEFINICIÓN DE PROTOCOLO

Un protocolo es un conjunto de reglas de comunicaciones entre dispositivos (computadoras, teléfonos, enrutadores, switchs, etc.). Los protocolos se encargan de controlar parámetros como el formato, sincronización, secuencia y control de

⁴⁵ www.libera.net/website/TECNOLOGÍA/whitepapers/3G.pdf

errores, de las tramas de datos. Sin estas reglas, los dispositivos no podrían detectar la llegada de bits de información.

Debido a su complejidad, la comunicación entre dispositivos es separada en pasos. Cada paso tiene sus propias reglas de operación y, consecuentemente, su propio protocolo. Esos pasos deben de ejecutarse en un cierto orden, de arriba hacia abajo en la transmisión y de abajo hacia arriba en la recepción, como se puede apreciar en la figura 2.17.

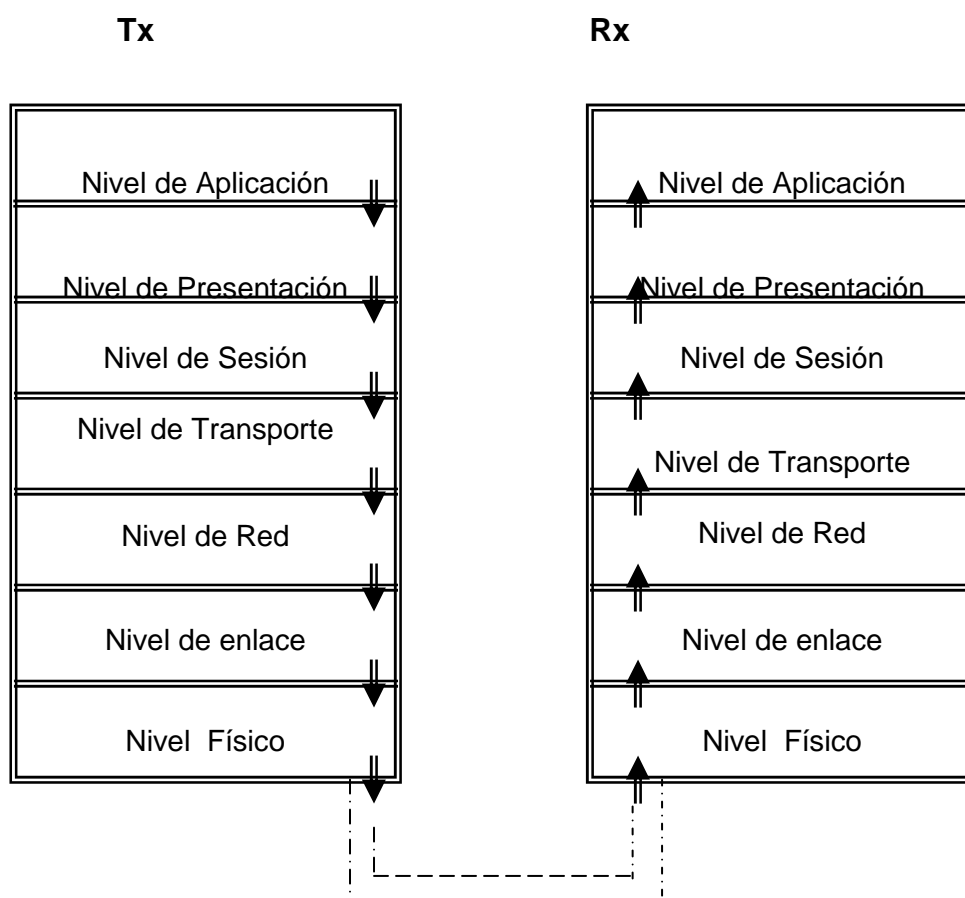


Figura 2.17. CAPAS DEL MODELO DE REFERENCIA OSI

Debido al arreglo jerárquico de los protocolos, el término "pila de protocolos es comúnmente usado para describir esos pasos. Una pila de protocolos, por lo tanto, es un conjunto de reglas de comunicación, y cada paso en la secuencia tiene su propio subconjunto de reglas.

Las comunicaciones inalámbricas utilizan un sin número de protocolos los mismos que rigen el comportamiento de dichas redes, la mayoría de las redes inalámbricas emplean el protocolo IP, como protocolo principal para comunicaciones y transmisión de datos, sobre todo cuando se trata de redes que emplean la conmutación de paquetes para transmisión de datos.

Sin embargo también existen otros protocolos que rigen el comportamiento de redes inalámbricas, tales como H.323, SIP, MGCP, IP, H.324M.

Wimax móvil, además emplea protocolos específicos para el aspecto de calidad de servicio y seguridad, los mismos que garantizarán el buen rendimiento de la red.

Uno de los protocolos más empleados en las actuales redes móviles e inalámbricas a nivel de enlace es el desarrollado en la recomendación H.323.

2.12.2. PROTOCOLO H.323

H.323 es una recomendación del ITU-T (International Telecommunication Union), que define los protocolos para proveer sesiones de comunicación audiovisual sobre paquetes de red. A partir del año 2000 se encuentra implementada por varias aplicaciones de Internet que funcionan en tiempo real.

El protocolo H.323 es utilizado comúnmente para Voz sobre IP y para videoconferencia basada en IP.

En lo que se refiere a la calidad de servicio, ésta no es garantizada, ya que el transporte de datos puede, o no, ser fiable; en el caso de voz o vídeo, nunca es fiable. Además, es independiente de la topología de la red y admite traspasos de canal, permitiendo usar más de un canal al mismo tiempo, es decir voz, datos o video.

H.323 tiene referencias hacia algunos otros protocolos de ITU-T como: ⁴⁶

⁴⁶ neutron.ing.ucv.ve/revista-e

H.225.0 - Protocolo utilizado para describir la señal de llamada, el medio (audio y video), el empaquetamiento de las tramas, los formatos de los mensajes de control y la sincronización de tramas de medio.

H.245 - Protocolo de control para comunicaciones multimedia. Describe los mensajes y procedimientos utilizados para abrir y cerrar canales lógicos para audio, video y datos, capacidad de intercambio, control e indicaciones.

H.235 - Describe la seguridad de H.323.

H.239 - Describe el uso de la doble trama en videoconferencia, normalmente uno para video en tiempo real y el otro para presentación.

El protocolo H.323, es muy empleado en comunicaciones móviles, a pesar de no ofrecer mayores ventajas en lo referente a seguridad, sin embargo en los actuales sistemas de tercera generación 3G, se está optando por emplear la especificación H.324 con su protocolo 3G-324M, este protocolo permitirá convertir señales de Internet en un formato compatible con 3G.

2.12.3. PROTOCOLO 3G-324M

EL protocolo de comunicaciones 3G-324M adoptado por el 3rd Generation Partnership Project (3GPP), es empleado para ofrecer servicios de videoconferencia en redes de telefonía móvil, especialmente en redes que emplean la tecnología 3G.

El protocolo 3G-324M opera sobre un circuito conmutado establecido entre dos dispositivos conexión 'peer to peer'. 3G-324M es una especificación que posibilita comunicaciones multimedia sobre redes de circuitos conmutados. El protocolo 3G-324M está basado en la especificación H.324 de la Unión Internacional de Telecomunicaciones, para videoconferencia sobre redes de circuito conmutado.

El protocolo 3G-324M está compuesto por una gama de sub-protocolos como:⁴⁷

- H.245 para control de llamadas
- H.223 para multiplexación/demultiplexación desde flujos de bits hasta paquetes de datos, manejo de errores de tasas de BER medias y bajas, corrección y ocultación.
- H.324 para trabajar en ambientes inalámbricos.

El protocolo 3G-324M al emplear las redes de circuitos conmutados logra que los retardos sean susceptibles en servicios de conversaciones multimedia, es decir garantiza el retardo fijado por la QoS en comunicaciones móviles.

Algunos de los servicios que puede ofrecer 3G-324M son:⁴⁸

- Videoconferencia para uso personal y de negocios
- Servicios de entretenimiento multimedia
- Telemedicina
- Vigilancia
- Emisión de vídeo en directo
- Vídeo bajo demanda

Combinando los servicios 3G-324M de circuitos conmutados con servicios SIP basados en conmutación de paquetes, podría hacerse realidad nuevos tipos de servicios de diferenciación e innovación en comunicaciones móviles.

2.12.4. SIP (PROTOCOLO DE INICIACIÓN DE SESIÓN)

El protocolo de iniciación de la sesión (SIP), es el protocolo del Grupo de Trabajo de Internet (IETF) (RFC 3261) empleado en servicios como voz sobre protocolo IP (VOIP), sesiones de texto y de multimedia, como mensajería instantánea, vídeo, juegos en línea y otros servicios de comunicaciones.

⁴⁷ es.wikipedia.org

⁴⁸ www.alcatel.com

El protocolo de iniciación de sesión (SIP) es un protocolo de señalización para crear, modificar, y finalizar sesiones con unos o más participantes. Estas sesiones incluyen llamadas telefónicas por Internet, distribución de datos multimedia, y conferencias multimedia, y sus mayores ventajas recaen en su simplicidad y consistencia.

El protocolo SIP, presenta grandes ventajas especialmente para operadores de telefonía móvil y fija dentro de su estrategia de convergencia hacia redes ALL IP, ya que presenta características de interoperabilidad y escalabilidad.

2.12.5. MGCP (MEDIA GATEWAY CONTROL PROTOCOL)

El protocolo MGCP definido en la referencia RFC 3435, funciona como un protocolo complementario para H.323 y SIP, además de ser un protocolo interno de Voz sobre Internet, cuya principal diferencia del resto de protocolos radica en su funcionamiento como cliente-servidor, en donde el Gateway esclavo (MG, Media Gateway) es controlado por un maestro (MGC, Media Gateway Controller).

Sin embargo el protocolo MGCP, está definido y estandarizado sobre todo en equipos CISCO, es decir es un protocolo propietario de CISCO, por tanto presenta ciertos inconvenientes con otros fabricantes de equipos a la hora de instalar una red de comunicaciones cuyos servicios incluyan VoIP.

MGCP, está compuesto por: ⁴⁹

- Un MGC, Media Gateway Controller
- Uno o más MG, Media Gateway
- Uno o más SG, Signaling Gateway.

Un Gateway tradicional, cumple con la función de ofrecer conectividad y traducción entre dos redes diferentes e incompatibles como lo son las de conmutación de paquetes y conmutación de circuitos. Es aquí donde el Gateway

⁴⁹ www.ietf.org/rfc/rfc2326.txt

tiene como función la conversión del flujo de datos, y la conversión de la señalización, en sentido bidireccional.

MGCP separa conceptualmente estas funciones en los tres elementos previamente señalados. Así, la conversión del contenido multimedia es realizada por el MG, el control de la señalización del lado IP es realizada por el MGC, y el control de la señalización del lado de la red de conmutación de circuitos es realizada por el SG.

2.12.6. PROTOCOLO IP (INTERNET PROTOCOL)

El protocolo de IP (Internet Protocol) es la base fundamental de la red Internet, que transporta datagramas desde la fuente al destino, y cuando sea el caso en el nivel de transporte se puede convertir el flujo de datos en datagramas.

El protocolo IP presenta las siguientes características:

- Protocolo no orientado conexión.
- Fragmenta paquetes si es necesario.
- Direccionamiento mediante direcciones lógicas IP de 32 bits (Protocolo IPv4).
- Si un paquete no es recibido, este permanecerá en la red durante un tiempo finito.
- Al ser un protocolo no orientado a conexión, se basa en el "mejor esfuerzo" para la transporte de paquetes.
- Tamaño máximo del paquete de 65635 bytes.
- Realiza verificación por suma (checksums) únicamente al encabezado del paquete, no a los datos que éste contiene.

El Protocolo Internet es propio de redes conmutadas por paquetes, que proporciona un servicio de distribución de paquetes de información no orientado a conexión, es decir que la distribución de los paquetes de datos se realiza de manera no fiable. Los paquetes de información que serán emitidos a la red, son tratados de manera independiente, pudiendo viajar por diferentes trayectorias

para llegar a su destino. El término no fiable significa más que nada que no se garantiza la recepción del paquete, sin embargo para el caso en que lo que se transmite son cifras importantes a través de una red IP, existen protocolos de capas superiores que se encargan de la fiabilidad y seguridad en el envío y recepción de los mismos.

Los datos en una red basada en IP son enviados en bloques conocidos como paquetes o datagramas. En particular, en IP no se necesita ninguna configuración antes de que un equipo intente enviar paquetes a otro con el que no se había comunicado antes, lo cual implica menor tiempo de interconexión.

2.12.7. IMS SIP (IP MULTIMEDIA SUBSYSTEM)

El subsistema multimedia IP (IMS) definido en las versiones del sistema 3GPP de Release 5 y Release 6, consiste en un dominio, cuyo objetivo principal es la mejora y convergencia de diferentes redes de telecomunicaciones, para entregar a los usuarios nuevos y mejorados servicios. El IMS emplea como protocolos principales SIP e IPv6.

IMS para lograr la convergencia de redes heterogéneas plantea el protocolo IP a nivel de red y transporte, para llevar datos de información hacia los usuarios.

IMS representa la implementación conservadora de la arquitectura All-IP en 3G y promueve la convergencia con la Internet multimedia, proporcionando servicios de contenidos y comunicaciones multimedia en tiempo real. También posibilita una integración natural con los servicios TCP/IP (videoconferencia, voz sobre IP, “streaming”, presencia, mensajería instantánea y diferida, web, etc.), permitiendo al operador 3G que pueda proporcionar a sus abonados una atractiva oferta de servicios multimedia combinados, a más de ello una reducción en costo de la infraestructura de los mismos.

2.13. PILA DE PROTOCOLOS PARA SEGURIDAD Y AUTENTICACIÓN, EMPLEADOS EN LA TECNOLOGÍA WIMAX MÓVIL

Wimax móvil, a pesar de ser un estándar abierto, posee ciertos protocolos que garantizan el buen funcionamiento y rendimiento de sus redes, así por ejemplo cuenta con un “stack “de protocolos propios de esta tecnología los cuales manejan lo relacionado con seguridad Calidad de Servicio QoS y Seguridad.

En la figura 2.18 se observa la arquitectura de los protocolos de QoS y Seguridad empleados por Wimax Móvil:

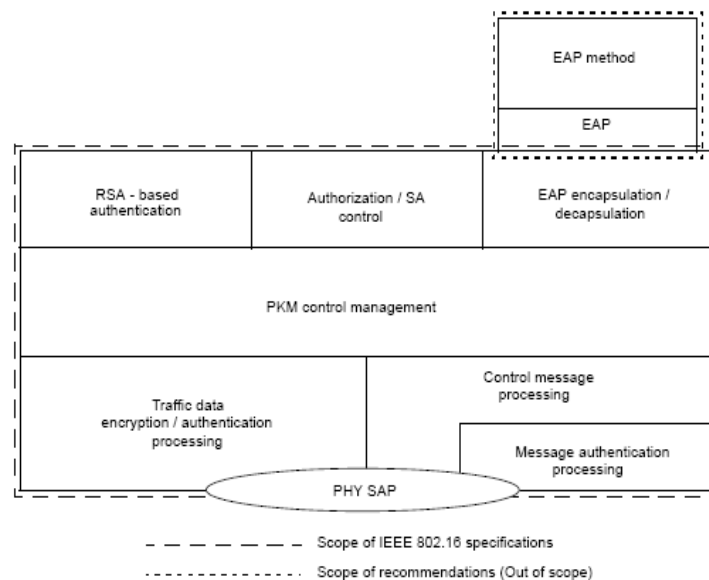


Figura 2.18. PROTOCOLOS DE QoS y Seguridad de Wimax Móvil ⁵⁰

2.13.1. PROTOCOLO EAP

Es un protocolo definido en la referencia RFC 2284 del IEEE, creado inicialmente para redes Wi-Fi, en el estándar IEEE 802.11x, sobre todo para conexiones punto a punto, el cual soporta varios mecanismos de autenticación. Este protocolo es empleado especialmente en la fase de control del enlace.

El protocolo EAP, es ideal para redes inalámbricas, por tal motivo también ha sido adoptado en el estándar IEEE 802.16e

⁵⁰ forum Wimax Móvil-IEEE802.16e

2.13.2. RSA (ALGORITMO ASIMÉTRICO DE ENCIFRAMIENTO)

El sistema criptográfico con clave pública RSA es un algoritmo asimétrico de enciframiento de bloques, que utiliza una clave pública, la cual se distribuye en forma autenticada preferentemente, y otra privada, la cual es guardada en secreto por su propietario.

Una clave es un número de gran tamaño, que una persona puede conceptualizar como un mensaje digital, como un archivo binario o como una cadena de bits o bytes.

Cuando se quiere enviar un mensaje, el emisor busca la clave pública de cifrado del receptor, cifra su mensaje con esa clave, y una vez que el mensaje cifrado llega al receptor, éste se ocupa de descifrarlo usando su clave oculta.

Los mensajes enviados usando el algoritmo RSA se representan mediante números y el funcionamiento se basa en el producto de dos números primos grandes (mayores que 10100) elegidos al azar para conformar la clave de descifrado.

Es por ello que es una opción acertada para ser empleado en redes inalámbricas, que son susceptibles a interferencias e invasiones por parte de usuarios no autorizados.

2.14. PROTOCOLOS DE MÓVILIDAD

Para que redes fijas y móviles puedan converger se necesita de una pila de protocolos que permitan el traspaso transparente de información entre diferentes redes, Wimax móvil al ser una tecnología de estándar abierto, presenta una gran ventaja, pues esto quiere decir que puede ser compatible con protocolos empleados por otras redes.

A continuación en la figura 2.19 se presenta un esquema de los diferentes protocolos que permitirán la gestión de movilidad entre redes fijas y móviles

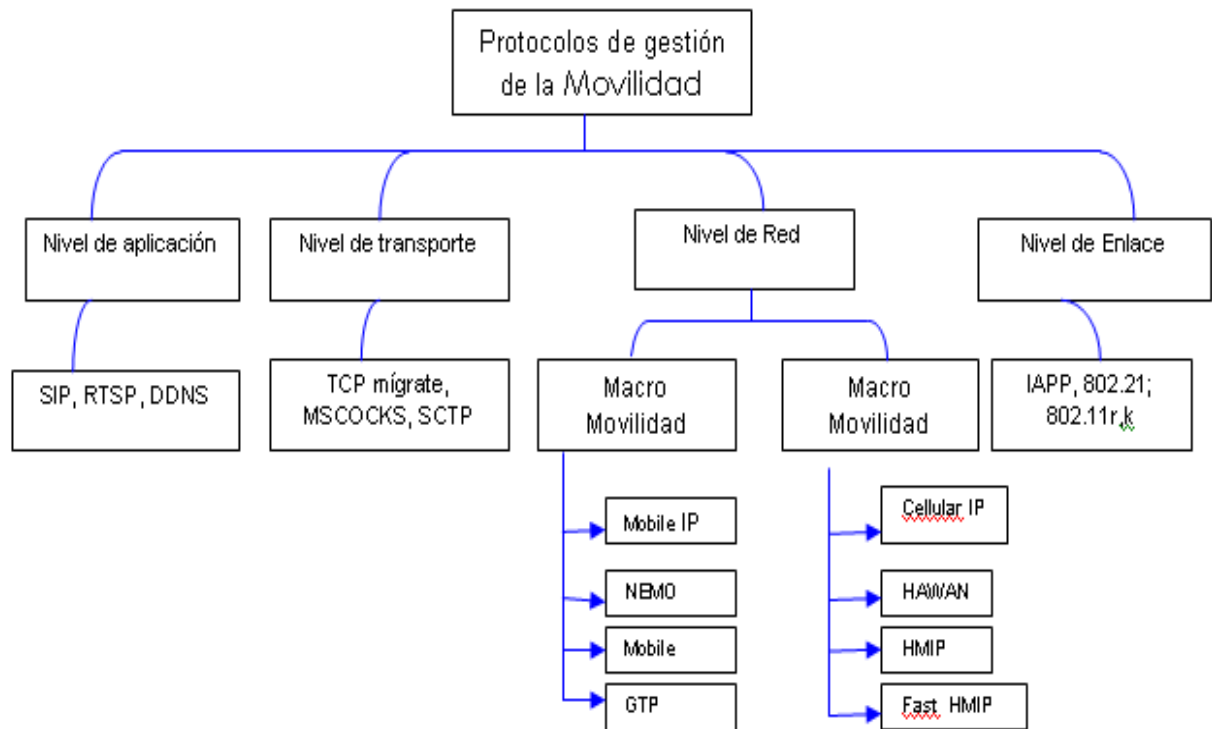


FIGURA 2.19. PROTOCOLOS DE GESTION DE MÓVILIDAD ⁵¹

Para el caso del presente estudio, se analizará los protocolos correspondientes al nivel enlace de datos, estos protocolos serán los que permitan o no la interoperabilidad entre diferentes redes, de manera confiable y transparente.

2.14.1. IAPP (INTER - ACCESS POINT PROTOCOL)

También conocido como IEEE 802.11F, es un protocolo que permite conectividad y acceso a redes inalámbricas desde oficinas, el hogar y establecimientos comerciales.

No especifica la comunicación entre los puntos de acceso con el fin de ofrecer a los usuarios itinerancia entre los diferentes puntos de acceso así como

⁵¹ www.telecom-id.com/ftp

distribución de la carga, además ofrece un traspaso seguro entre los puntos de acceso durante el proceso de handoff.

2.14.2. IEEE 802.11r FAST BSS TRANSITION (FAST ROAMING)

IEEE 802.11r es una propuesta del estándar IEEE 802.11, que ofrece conectividad incluso a bordo de vehículos en movimiento sin perder la conexión en ningún momento.

Para el caso de convergencia de redes heterogéneas, la especificación IEEE 802.11r es apropiada, ya que permite el traspaso entre estaciones base de manera rápida y con mínimas pérdidas de conectividad que son imperceptibles al usuario.

IEEE 802.11r permite la transición de un cliente móvil mientras se mueve entre los puntos de acceso. El protocolo establece además niveles de Calidad de Servicio para los usuarios cuando han pasado a un punto de acceso diferente antes de establecer una comunicación. En lo que se refiere a interferencia al pasar de un canal a otro diferente, IEEE 802.11r no presenta esa desventaja.

2.14.3. IEEE 802.11k RADIO RESOURCE MEASUREMENT (RRM)

IEEE 802.11k es un protocolo para la gestión de los recursos de radio, propuesto en el estándar IEEE 802.11-2007. En la cual se define y expone los recursos de radio de la red que facilita procesos de gestión y mantenimiento en una red inalámbrica móvil.

802.11 k es un conjunto de estándares de IEEE que gobiernan los métodos de transmisión en redes inalámbricas, además que permite seleccionar el mejor punto de acceso dentro de un conjunto de servicios básicos.

2.14.4. IEEE 802.21 MEDIA INDEPENDENT HANDOVER

El estándar IEEE 802.21 ha sido desarrollado con el propósito de brindar niveles de compatibilidad entre redes de diferentes tecnologías, es decir es el encargado de permitir el traspaso transparente entre redes heterogéneas de diferentes servicios de telecomunicaciones.

El estándar IEEE 802.21 Media Independent Handover proporciona inteligencia de capa de enlace y otras informaciones de red relacionadas a las capas superiores para optimizar las transiciones entre redes heterogéneas. El estándar es compatible con transiciones tanto para usuarios móviles como usuarios fijos. Para los usuarios móviles, las transiciones pueden ocurrir debido a un cambio en las condiciones del enlace inalámbrico o una laguna en la cobertura de radio debido al desplazamiento del cliente. Para los usuarios fijos, las transiciones pueden ocurrir cuando el ambiente alrededor del usuario cambia para hacer que una red sea más atractiva que la otra.

En otro caso, el usuario puede elegir una aplicación como, por ejemplo, descargar un archivo muy grande de datos o de medios que puede necesitar handover para una red capaz de soportar una mayor velocidad de datos. Todos esos escenarios de handover pueden maximizar la continuidad del servicio y mantener una experiencia de alta calidad para el usuario.

El estándar IEEE 802.21 compatibiliza la utilización en cooperación de clientes móviles que entran en la infraestructura de la red. El cliente móvil es capaz de detectar las redes disponibles, y la infraestructura puede almacenar la información de red requerida, tal como las listas de celulares vecinos y la localización de dispositivos móviles. Por lo general, tanto el dispositivo del cliente y los puntos de contacto de la red (estaciones base WiMAX o Access Points Wi-Fi) son compatibles con diversos estándares de radio (multimodo) y en algunos casos, utilizan más de una interfaz simultáneamente.

El estándar proporciona arquitectura para posibilitar una continuidad de servicio transparente mientras que un nodo móvil (Mobile Node – MN) hace la conmutación entre las tecnologías heterogéneas a nivel de enlace. Esta tecnología se basa en la identificación de una pila de protocolo de gestión de movilidad dentro de los elementos de la red.

Las funciones que permiten el handover dentro de la pila de protocolo de gestión de movilidad incluyen una nueva entidad denominada función de Media Independent Handover (MIH). El estándar también define los Puntos de Acceso al Servicio (Service Access Points – SAPs) y fundamentos vinculados que proporcionan acceso a los servicios de función MIH.

Par lograr la convergencia de las diferentes redes sean estas fijas o móviles, así como alcanzar una variedad de servicios de telecomunicaciones e integrar en una sola plataforma los mismos; se requiere de la intervención de capas superiores como lo son capa de red, capa de transporte, capa aplicación, de esta manera se podrá obtener un buen rendimiento y desempeño de las redes de telecomunicaciones conocidas como redes 4G o Redes de Nueva Generación.

CAPÍTULO III

3. INTEROPERABILIDAD ENTRE LAS TECNOLOGÍAS WIMAX (ANEXO E-2005) Y UMTS (SISTEMA UNIVERSAL DE TELECOMUNICACIONES MÓVILES)

3.1. POR QUÉ OPTAR POR LA INTEROPERABILIDAD

En la última década hemos sido testigos del desarrollo y evolución de los servicios de telecomunicaciones, hemos visto como los operadores de telefonía móvil celular, que en un inicio únicamente permitían la comunicación mediante la transmisión de voz entre personas separadas ciertos kilómetros de distancia, actualmente ofrece a sus usuarios servicios multimedia, servicios de mensajes, televisión, entretenimiento, juegos, música, e incluso negocios electrónicos conectándose a la gran red Internet, desde cualquier lugar dentro del área de cobertura de sus estaciones base. Todos estos servicios son los que marcan la diferencia entre un proveedor y otro, donde son los clientes quienes eligen que servicios satisfacen más sus necesidades y expectativas, en un mundo donde la tradicional telefonía fija ha dejado de ser el eje central de la comunicación.

Para lograr con una sola red brindar esta variedad de servicios, los operadores han tenido que introducir nuevas tecnologías a sus primeras redes, sin embargo se debe tomar en cuenta que el costo de infraestructura va en sentido proporcional con la calidad y variedad de servicios ofrecidos.

A pesar que en la actualidad los operadores de telefonía móvil han mejorado sus plataformas para brindar a los usuarios servicios mejorados en lo concerniente a video llamadas, conectividad a la red internet con mayor ancho de banda, entre otros, todavía existen problemas a la hora de llegar a lugares donde las obstrucciones (edificios, montañas, etc.) por línea de vista todavía constituyen un limitante para poder ofrecer sus servicios a los usuarios en cualquier lugar.

Es así que se presenta un esquema que contiene los problemas más comunes y frecuentes que todavía están por resolverse:

Problema Actual de las redes de telefonía móvil celular:

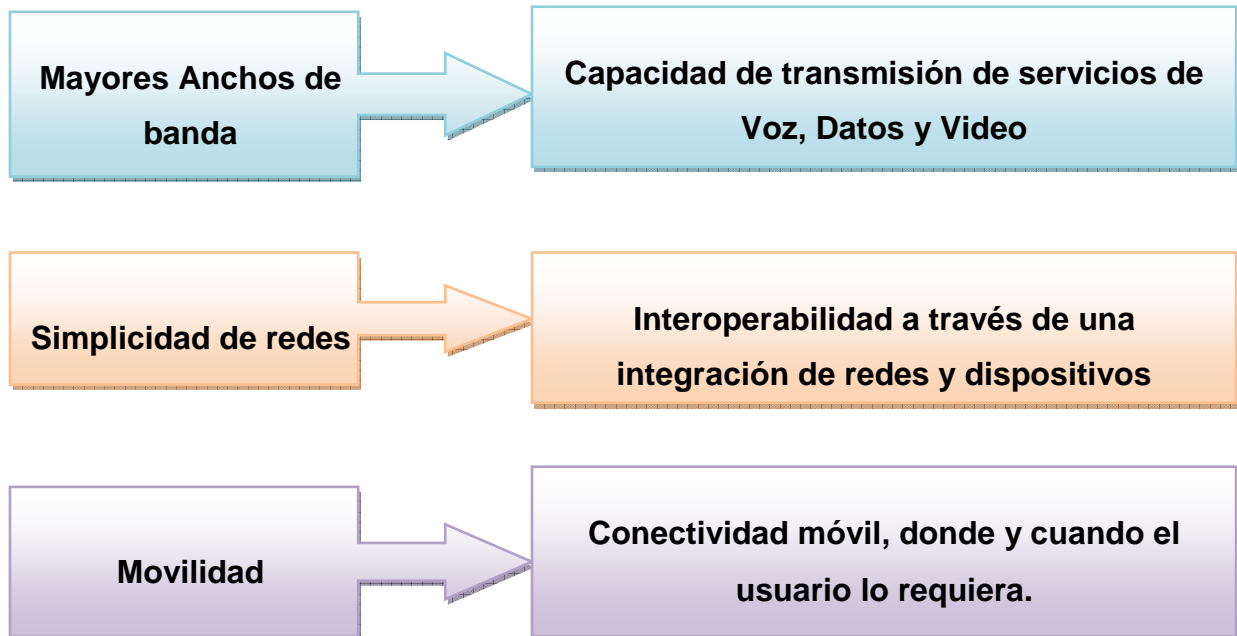


Figura 3.1. Niveles del problema de la telefonía móvil celular

3.2. ANÁLISIS DE FACTIBILIDAD PARA LA INTEROPERABILIDAD ENTRE WI - MAX (ANEXO E-2005) DEL ESTÁNDAR IEEE 802.16 CON LA RED CELULAR DE TERCERA GENERACIÓN: GSM (UMTS).

El primer problema y reto que ha sido resuelto por gran parte de los operadores de telefonía móvil, ha sido el incremento del ancho de banda, el mismo que ha permitido hoy por hoy mejorar los servicios de telefonía móvil tradicional y ha dado la oportunidad a los usuarios de contar con los tres servicios básicos como son: voz, datos y video; vale la pena aclarar que esta mejora se refiere a la prestación y calidad de servicio, ya que aún los costos de operación siguen siendo uno de los retos por lograr y brindar los mismos servicios pero a costos accesibles para todo tipo de usuarios.

En lo que se refiere al problema de movilidad, se podría decir que se ha mejorado en parte, ya que todavía existen lugares alejados de las estaciones base, donde se pierde señal, o lo mismo ocurre al cambiar de una celda a otra. De ahí que se ha convertido en una necesidad primordial poder contar con todos los servicios de comunicaciones sin importar el lugar, la hora, el momento en que deseemos realizar actividades relacionadas a utilizar los medios de comunicación.

Si bien es cierto, que actualmente se puede hablar de la movilidad ofrecida por los operadores de telefonía móvil, sin embargo existe aún varios problemas al momento que un usuario pasa de una plataforma de red a otra, ya que pierde conectividad o señal de dispositivos, lo cual se vuelve evidente y hasta molesto desde el punto de vista del usuario.

Otro de los inconvenientes que se debe todavía solucionar es el hecho de no poder llegar a las zonas alejadas o rurales donde la presencia de cadenas montañosas u otros obstáculos no permiten llegar con la señal óptima y por ende no pueden ofrecer los servicios de comunicaciones actuales a todos los usuarios sin importar el lugar donde se encuentren.

En lo que se refiere a la simplicidad de redes para brindar servicios de voz, datos y video a través de una sola plataforma, desde mi punto de vista es un objetivo que todos los operadores están persiguiendo, pero que realmente está lejano, no sólo por la falta de estándares sino también por lo limitado del espectro electromagnético. A pesar que Wimax móvil se presenta como la solución a las redes 4G, no se muestra como una propuesta atractiva para las redes actuales, ya que cada operador ha invertido costos significativos para implementar nuevas tecnologías, para lo cual han tenido que realizar cambios en sus plataformas iniciales, sin embargo no les ha implicado hacer cambios totales de las mismas, mientras que según estudios de expertos, Wimax Móvil tendría que emplear una arquitectura de red diferente a las existentes, es decir el operador que opte por esta tecnología tendría que diseñar una nueva red para brindar el servicio móvil celular.

Es por ello que surge la necesidad de analizar si la tecnología propuesta por el estándar IEEE 802.16e-2005, podría ser compatible e interoperable con las tecnologías actuales de la telefonía móvil celular, una de ellas UMTS con interfaz de radio WCDMA, entendiéndose interoperable en aspectos como tecnología de transmisión en uplink y downlink, tipo de modulación, acceso múltiple, jitter, calidad de servicio, técnicas de multiplexación, números de canal, modulaciones, parámetros de calidad de servicio, protocolos, etc.

3.2.1. CRITERIOS DE INTEROPERABILIDAD DE LAS TECNOLOGÍAS EN ESTUDIO

Se ha hablado acerca de sistemas de telefonía móvil, sistemas para la transmisión de datos, o los tradicionales sistemas de telefonía fija, pero hoy en día las telecomunicaciones tienen un enfoque diferente, pues apuntan a brindar todos los servicios de manera unificada, es decir que un solo operador pueda ofrecer voz, datos y video mediante una única plataforma de red, con lo que conseguiría mayores beneficios económicos.

Para lograr este objetivo tanto fabricantes como operadores de telefonía móvil celular han considerado que no es una tarea fácil, ya que esto implica la interoperabilidad entre diferentes tecnologías inalámbricas heterogéneas, así como estándares que permitan el traspaso transparente entre las diferentes plataformas de red de cada uno de los servicios o tecnologías, lo cual no es tan sencillo, considerando que algunos de los estándares que se deberían emplear son de tipo propietario.

Cuando se habla de interoperabilidad, se hace referencia a la condición mediante la cual sistemas heterogéneos pueden intercambiar procesos o datos de información; dicho intercambio debe ser de manera transparente entre las distintas tecnologías empleadas para la convergencia e integración de los servicios de comunicaciones.

La interoperabilidad es una propiedad que puede atribuirse a sistemas de naturaleza muy diferente, como pueden ser los sistemas informáticos, o los sistemas de telecomunicaciones.

Así por ejemplo en el campo de la informática se habla de la interoperabilidad de la Web como una condición necesaria para que los usuarios tengan un acceso completo a la información disponible.

En el mundo de las Telecomunicaciones se hace referencia al traspaso transparente entre redes de diferente tecnología, sin que el usuario pierda en ningún momento su conexión a dicha red.

Haciendo un poco de historia, se puede mencionar que en cada uno de los servicios de telefonía móvil celular, e incluso otros servicios informáticos, han existido variedad de tecnologías que han ido evolucionando con el pasar del tiempo, muchas de las cuales han sido obsoletas al momento de migrar a las nuevas tecnologías presentes en el mercado, tal es el caso del primer sistema empleado para telefonía celular AMPS (Advanced Mobile Phone Service), cuya infraestructura no pudo ser empleada para migrar a la segunda generación. Es por ello que los grupos encargados de las certificaciones de las nuevas tecnologías como IEEE (The Institute of Electrical and Electronics Engineers) el Wimax Forum, UMTS Forum, buscan los métodos adecuados para conseguir que exista cierto nivel de interoperabilidad entre las tecnologías emergentes.

Por otra parte, fabricantes de equipos de telecomunicaciones, como MOTOROLA, INTEL, ALCATEL, HUAWEI, consideran la tecnología Wimax Móvil como un posible competidor de las redes 3G (Redes de telefonía celular UMTS), no obstante el tiempo para dicha competencia se estima como mínimo diez años, la misma que será capaz de ofrecer los mismos servicios de la telefonía celular con la gran diferencia de poder llegar a lugares alejados de zonas urbanas donde llegar con tecnologías tradicionales es más costoso debido a que se emplearía mayores recursos materiales como estaciones base, torres, antenas, y además la calidad de servicios prestados por la red tendría ciertas limitaciones.

A la fecha existen fabricantes como HUAWEI que han optado por apostar hacia la nueva tecnología, para ello han implementado plataformas que sean interoperables con tecnología 2G, 3G, cuya interoperabilidad no implica hacer cambios significativos en las redes actuales.⁵²

A pesar de todos estos avances, en cuanto a la tecnología Wimax móvil, la compatibilidad e interoperabilidad entre equipos de comunicaciones siguen siendo discutidos bajo la supervisión del WIMAX FORUM.

Wimax móvil ha atraído la atención como una tecnología que permite acceso a la información para el usuario. Se puede usar, por ejemplo, para lograr una comunicación a mayores velocidades entre usuarios de teléfonos celulares de 2G/3G en zonas metropolitanas, o permitir el acceso a servicios a través de un sistema inalámbrico para usuarios en zonas suburbanas, en donde colocar líneas de fibra o ADSL es difícil.

Wimax móvil al ser una tecnología que opera en entornos Sin Línea de Vista (NLOS), se convierte en una solución atractiva de última milla para llegar a sitios alejados y proveer servicios básicos de telecomunicaciones como voz y datos, también si se considera que es un estándar abierto y apto para operar con otras tecnologías.

Por otra parte se entiende que la interoperabilidad entre las tecnologías Wimax móvil y UMTS, se basa en redes inalámbricas heterogéneas que consiste en redes multi-acceso formadas por la combinación de diferentes estándares de acceso radio y en el que el acceso a los servicios se realiza través de un terminal con soporte a los diferentes estándares radio y las redes basadas en estructuras celulares jerárquicas donde el acceso se realiza siempre a través del mismo estándar radio pero donde el despliegue estaba basado en el uso de diferentes clases de estaciones bases (como las macro, micro, y, pico celdas de las redes UMTS).

⁵² <http://www.huawei.com/es/catalog.do>

3.3. OPERACIÓN DE LAS TECNOLOGÍAS WIMAX MÓVIL Y UMTS EN SUS DIFERENTES CAPAS, PARA LA TRANSMISIÓN DE SERVICIOS DE COMUNICACIONES

Wimax móvil ha sido considerada como una tecnología emergente que podría solucionar el problema de movilidad en entornos NLOS, así como la interoperabilidad durante el traspaso de una red a otra es decir entre redes heterogéneas; por otra parte en el mundo de las telecomunicaciones, la telefonía móvil celular ha sufrido una gran transformación desde su aparición en el mercado hasta la fecha tratando siempre de mejorar y ofrecer mejores servicios al usuario final; sin embargo no se debe dejar de lado el hecho que estas nuevas implementaciones han representado costos significativos no sólo para los operadores de dicho servicio sino también para los clientes.

Es por ello que en el constante avance tecnológico, se está tratando de buscar nuevas interfaces o tecnologías que permitan brindar los servicios mejorados de comunicaciones pero con beneficios altos en el sentido de ingresos económicos para los operadores y de comodidades para quienes lo consumen sin que esto les signifique mayor inversión.

La telefonía móvil celular en el mundo no ha desmayado en su afán de mejorar sus plataformas de servicios, actualmente en la mayoría de países avanzados no sólo que tienen implementado el sistema 3G sino también que han mejorado sus interfaces hacia el usuario; sin embargo frente a la propuesta del IEEE con sus nuevos estándares tanto fijo IEEE 802.16d-2004 como móvil IEEE 802.16e-2005, se encuentra en estudio la factibilidad de poder implementar en la red 3G como interfaces cualquiera de los dos estándares del 802.16 debido a las características mejoradas en lo que se refiere a cobertura, operación en entorno LOS y NLOS, frecuencias de operación técnicas de modulación, entre otras; dichos esfuerzos se hallan en estudios sobre todo con Wimax móvil debido a que todavía no existe la suficiente infraestructura en cuanto a equipos para poder desplegar una red de nueva generación.

3.3.1. CONDICIONES TÉCNICAS DE OPERACIÓN DE LA TECNOLOGÍA WIMAX MÓVIL (ESTÁNDAR IEEE 802.16e-2005), EN SU NIVEL FÍSICO Y DE ENLACE

Wimax móvil, es una tecnología definida dentro del estándar IEEE 80.16-e; cuya principal ventaja es la movilidad que ofrece a los usuarios, esto es que a pesar de estar en movimiento los usuarios podrán contar con las mismas características que un usuario fijo, como es velocidad de transmisión, calidad en lo referente al servicio (tiempo de establecimiento de la llamada, intentos fallidos para establecer la conexión con otros terminales), adicionalmente la no pérdida de señal al pasar de una plataforma a otra a través de redes heterogéneas, la misma que será imperceptible a los usuarios.

Para el estudio de Wimax móvil y en lo que concierne a este proyecto básicamente se han considerado la capa física y de enlace de la arquitectura de red para su análisis, tomado en cuenta factores importantes para la transmisión de información como son velocidades de transmisión, calidad de servicio, retardos o jitter en la transmisión de voz, alcance y cobertura de la misma, por otra parte en lo referente a la red de Wimax móvil todavía no se ha desplegado un modelo de funcionamiento para las capas superiores de transmisión de información

Pese a que la arquitectura por capas considerada para Wimax móvil es muy similar a la de la versión fija, sin embargo en esta se ha incluido un subnivel para brindar seguridad en las comunicaciones debido a que la tecnología está orientada a servicios en un entorno sin línea de vista y con amplias zonas de cobertura en entornos rurales, así como la condición de movilidad, razones que la hacen susceptibles a alteraciones en la señal transmitida.

3.3.2. NIVEL FÍSICO DE WIMAX MÓVIL

El estándar IEEE 802.16e es una enmienda al estándar IEEE 802.16-2004, ya que contiene mejoras que permiten el soporte de estaciones suscriptoras móviles a velocidades vehiculares. No compromete la capacidad de suscriptores fijos

que trabajan bajo IEEE 802.16. Este estándar tiene como propósito ampliar el mercado de soluciones de acceso especialmente en entornos de movilidad

3.3.2.1. Bandas de frecuencia

Los sistemas móviles que operan bajo el estándar 802.16e se limitan a las bandas con licencia por debajo de los 6 GHz, ya que son bandas apropiadas para la movilidad. Sin embargo se debe tener en cuenta que Wimax móvil puede trabajar en entornos sin línea de vista, y la habilidad de no requerir LOS y soportar además LOS cercana requiere funcionalidad adicional tanto en la capa PHY con el soporte de técnicas de administración de energía avanzadas, mitigación de interferencia, múltiples antenas, así como en la capa MAC con mecanismos como ARQ (Automatic Repeat Request).

Para el estándar IEEE 802.16e-2005, se han considerado tres de los cinco interfaz aire establecidos para IEEE 802.16-2004, las mismas que se aplican en bandas con licencia bajo 11 GHz siendo aplicables a sistemas móviles.⁵³

1. WirelessMAN-SCa™
2. WirelessMAN-OFDM™
3. WirelessMAN-OFDMA

La operación de cada una de los interfaz aire (AI), dependerá del rango de frecuencia requerido, así como de la aplicación.

3.3.2.2. Especificaciones de capa física

3.3.2.2.1. WirelessMAN-SCa™ PHY

La capa física WirelessMAN-SCa se basa en tecnología de portadora única y se encuentra diseñada para operación NLOS (sin línea de vista) en bandas de frecuencia con licencia menores a 11GHz.

⁵³Fuente: IEEE Std 802.16™-2004

Estructura de la trama

Entre los requerimientos básicos de un sistema 802.16e se encuentra el soporte de operación en FDD y TDD, siendo obligatorio el soporte de al menos uno de ellos. FDD se utiliza para separar los enlaces de subida UL (UpLink) y de bajada DL (DownLink) sobre diferentes portadoras de frecuencias, las estaciones base (BS) transmiten sobre la portadora de frecuencia DL, mientras que las estaciones suscriptoras (SS) utilizan la portadora de frecuencia UL. Sin embargo, para un sistema FDD una SS es capaz de operar sobre bursts DL o burst UL, además de una operación continua DL. TDD multiplexa UL y DL sobre la misma portadora, sobre diferentes intervalos de tiempo dentro de la misma trama MAC.

Tanto en UL como en DL las transmisiones se realizan en Burst Sets entramados. El UL soporta uno o más Burst Sets TDMA entramados, mientras que el DL soporta Burst Sets TDM entramados. Existen tres formatos de Burst Set:

- Formato estándar: soportado tanto en UL como en DL, utilizado siempre con los datos del FCH (Frame Control Header).⁵⁴

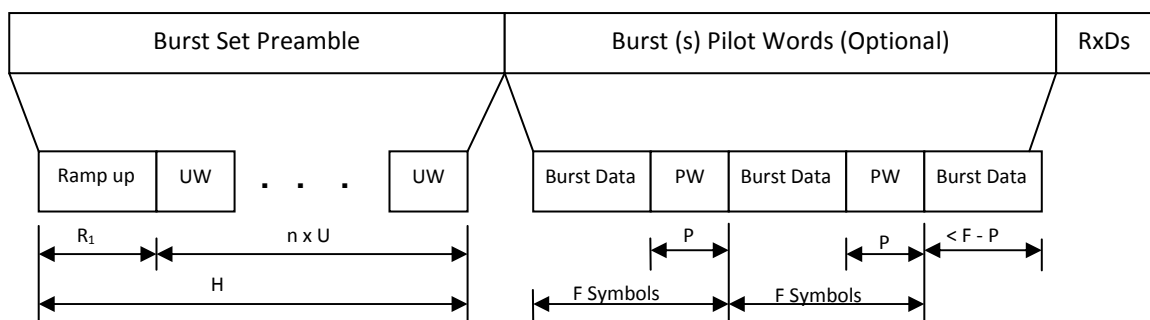


Figura 3.2. Formato de Burst set

⁵⁴ IEEE Std 802.16TM-2004, <http://standards.ieee.org/getieee802/download/802.16-2004.pdf>

El Burst Set Preamble está formado por un campo Ramp Up que tiene una longitud de R_r , que incluye los últimos R_r símbolos de UW (Unique Word), y n UWs cada uno de los cuales tiene una longitud U igual a 16 símbolos QPSK o 64 símbolos 8PSK. Un Burst contiene datos de Payload y Pilot Words. Para DL el burst puede contener TDM bursts. El primer burst de corresponde al FCH en caso de ser transmitido, y los siguientes se ordenan de mayor a menor dependiendo de la fortaleza de la modulación. El null payload fill es un relleno de bits 0 escogidos aleatoriamente utilizado cuando no existen suficientes datos para llenar la trama MAC. Para UL se transmite un solo burst. Un Pilot Word (PW) es una secuencia de símbolos compuesta por un múltiplo entero de UW. F es el periodo de PW y puede ser 1024, 2048 y 4096 para demoduladores de estaciones suscriptoras (SS) y 256, 512, 1024, 2048 y 4096 para moduladores de SSs.

- **Formato STC (Space Time Coding):** opcional, utilizado únicamente para datos codificados con STC en UL y DL. El esquema de diversidad de transmisión STC da formato a pares de bloques de datos para transmisión sobre dos antenas. La antena de transmisión 0 transmite secuencias de datos en orden, sin modificaciones, mientras que la antena de transmisión 1 invierte el orden de transmisión, conjuga los símbolos complejos transmitidos y revierte en tiempo la secuencia de datos dentro de cada bloque. A diferencia de burst sets convencionales, RxDS no aparece al final del STC burst set. El preámbulo del burst set está formado por un bloque de ramp-up y varios bloques UW.⁵⁵

⁵⁵ IEEE Std 802.16TM-2004, <http://standards.ieee.org/getieee802/download/802.16-2004.pdf>

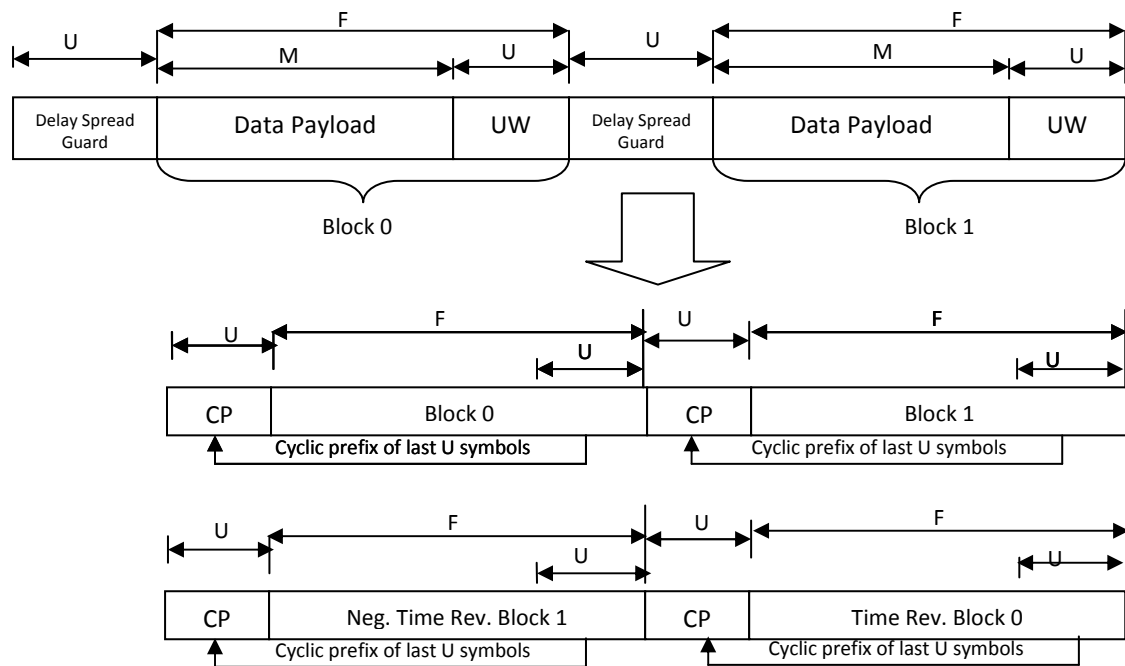


Figura 3.3. STC (Space Time Coding)

- **Formato de Subcanal:** utilizado únicamente para UL, para entamar burst sets que son transmitidos sobre subcanales.

3.3.2.2.2. Wireless MAN-OFDM™ PHY

La capa física Wireless MAN-OFDM™ se basa en la modulación OFDM y se encuentra diseñada para operar NLOS en bandas de frecuencia bajo los 11GHz. Para IEEE802.16e las bandas de frecuencia a utilizarse son aquellas menores a 6GHz que forman parte de esta especificación.⁵⁶

En el capítulo 1, ya se explicó el modo de operación de OFDM, sin embargo a continuación se presenta una tabla con los parámetros más sobresalientes de OFDM.

⁵⁶ IEEE Std 802.16TM-2004, <http://standards.ieee.org/getieee802/download/802.16-2004.pdf>

Tabla 3.1. Parámetros de símbolo OFDM⁵⁷

PARÁMETRO		VALOR	
N_{FFT}	Menor potencia de dos superior N_{used}	256	
N_{used}	Número de subportadoras utilizadas	200	
n	Factor de muestreo	BW de canal múltiplo de 1.75 MHz	8/7
		BW de canal múltiplo de 1.5 MHz	86/75
		BW de canal múltiplo de 1.25 MHz	144/125
		BW de canal múltiplo de 2.75 MHz	316/275
		BW de canal múltiplo de 2.0 MHz	57/50
	Otros	8/7	
G	Relación entre el tiempo de CP y el tiempo "útil"	1/4, 1/8, 1/16, 1/32	
# de Subportadoras de guarda de frecuencia inferior		28	
# de Subportadoras de guarda de frecuencia superior		27	
Índices de offset de frecuencia de subportadoras de guarda		+128, -127, ..., -101 +101, +102, ..., 127	
Índices de offset de frecuencia de portadoras piloto		-88, -63, -38, -13, 13, 38, 63, 88	

Estructura de la trama⁵⁸

Todos los preámbulos se encuentran estructurados por uno o dos símbolos OFDM. El primer preámbulo en el PDU PHY DL así como el preámbulo inicial están formados por dos símbolos OFDM. El primero utiliza únicamente subportadoras cuyos índices son múltiplos de 4, mientras que el segundo utiliza únicamente portadoras pares, lo cual resulta en formas de onda en el dominio del tiempo que consisten en cuatro repeticiones de un fragmento de muestra-64 y de dos repeticiones de un fragmento de muestra-128 respectivamente, cada uno de los cuales se encuentra precedido por un Prefijo Cíclico (CP).

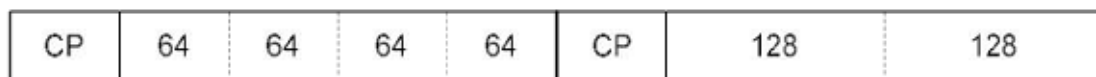


Figura 3.4. Estructura del preámbulo DL y entrada de la red

En el UL, cuando todos los 16 subcanales son utilizados, el preámbulo consiste de un sólo símbolo OFDM utilizando únicamente subportadoras pares precedidas

⁵⁷ IEEE Std 802.16 -2004, <<http://standards.ieee.org/getieee802/download/802.16-2004.pdf>>

⁵⁸ IEEE Std 802.16TM-2004

por un CP. Como el sistema funciona sobre bandas con licencia, el mismo puede utilizar como método de duplexación FDD o TDD.

3.3.2.2.2. WirelessMAN-OFDMA PHY

La capa Física Wireless MAN-OFDMA, está diseñada para operación NLOS en bandas de frecuencia por debajo de los 11GHz. Al trabajar en bandas bajo licencia, los anchos de banda de canal permitidos deben limitarse al ancho de banda provisto por el organismo de regulación dividido por cualquier potencia de 2, sin llegar a ser menor a 1.0MHz. Está basada en modulación OFDMA.⁵⁹

El modo OFDMA PHY debe ser soportado en al menos una de las dimensiones FFT 2048, 1024, 512 y 128, lo que facilita el soporte de varios anchos de banda de canal. La Estación Móvil (MS) puede implementar mecanismos de escaneo y búsqueda para detectar la señal DL al realizar el ingreso inicial a la red, lo que puede incluir detección dinámica de la dimensión FFT y del ancho de banda del canal utilizados por la BS.

OFDMA, es una técnica que por sus características es más atractiva para operar en entornos LNOS, sin embargo dependerá de las aplicaciones que decida ofrecer la red.

3.3.3. NIVEL DE ENLACE DE WIMAX MÓVIL

En lo que se refiere a la capa de enlace o MAC, Wimax móvil emplea protocolos que le permiten asegurar calidad de servicio end to end, cumplir con las velocidades establecidas para la tecnología, y sobre todo entregar la señal optima al usuario final.

En la figura 3.5. Se puede apreciar las capas o niveles que son considerados para la implementación de una red con tecnología Wimax móvil.

⁵⁹ WiMAX Forum, Mobile WiMAX – Part I: A Technical Overview and Performance Evaluation, marzo de 2006

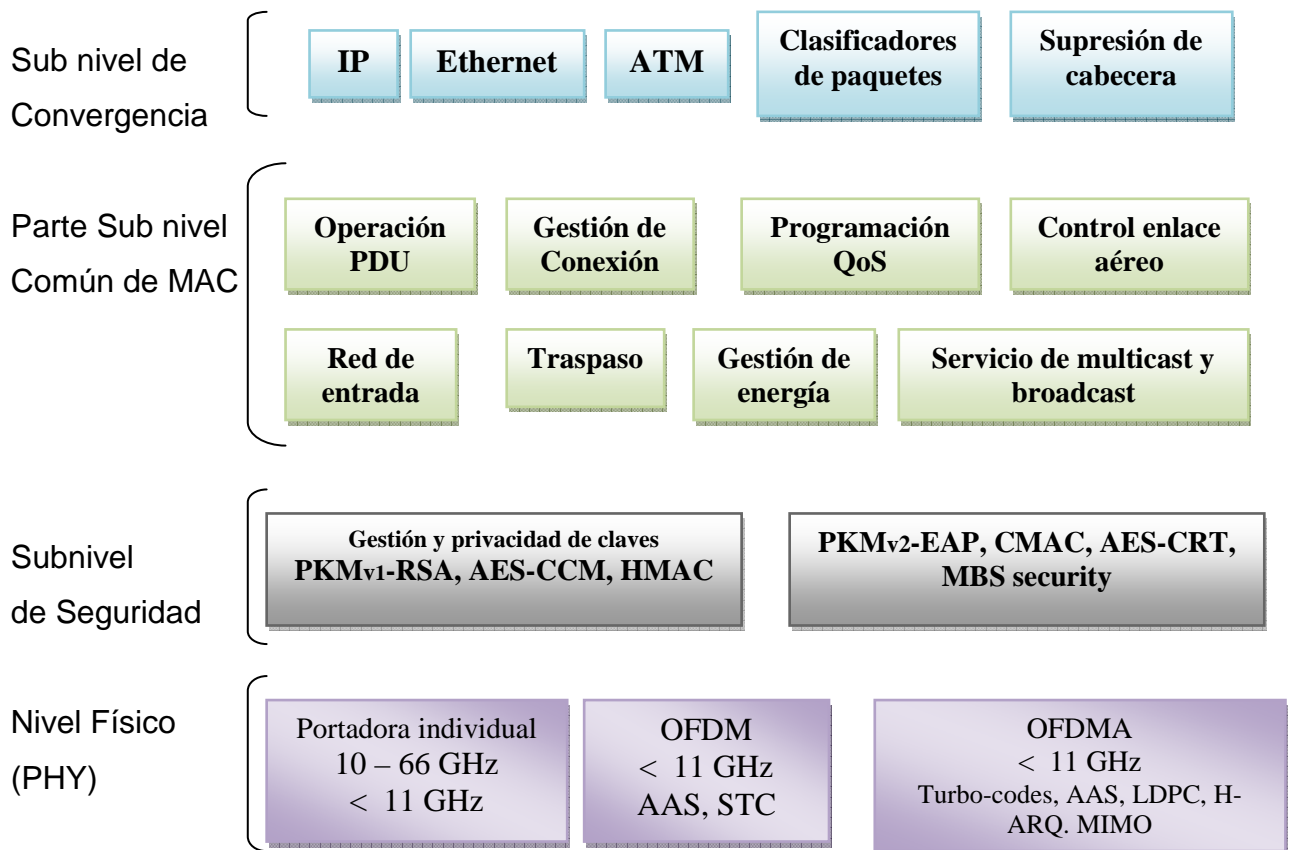


Figura 3.5. Nivel físico y de enlace de la Arquitectura Wimax Móvil

Como se puede apreciar en el gráfico anterior, cada nivel de la estructura de red para Wimax móvil posee una serie de protocolos que van a garantizar el funcionamiento de la red, cada protocolo cumple una función específica dentro de la red.

El nivel físico PHY, es el encargado de la transmisión de los datos empleando las mejores técnicas de multiplexación y modulación como son OFDMA o S-OFDMA, dichas técnicas han sido explicadas en el capítulo II.

Mientras que el subnivel de seguridad emplea los siguientes protocolos, para proveer seguridad a la red, cada uno de los cuales emplea mecanismos de encriptación y autenticación para dar seguridad a los datos que serán enviados a través de la red de Wimax móvil.

3.3.3.1. PKMv1-RSA (Protocolo de Gerenciamiento de Llaves)

A través de este protocolo de gerenciamiento de llaves, la SS y BS sincronizan los datos clave; adicionalmente la BS usa el protocolo para reforzar el acceso condicional a los servicios de la red.

Una SS usa el protocolo PKM para obtener autorización y tráfico de material codificado de la BS, y para soportar reautorizaciones periódicas y refrescos de llaves. El protocolo de gerenciamiento de llaves usa certificados digitales X.509 (IETF RFC 3280), el algoritmo de encriptado RSA de llave pública (PKCS 1), algoritmo de fuerte encriptado para realizar intercambio de llave entre la SS y BS.

El protocolo PKM adhiere al modelo cliente / servidor, donde la SS, el “cliente” PKM, peticiona llaves, y la BS, el servidor “PKM”, responde a estos requerimientos asegurando que un cliente SS individual recibe solamente el material de llaves para el cual está autorizado. El protocolo PKM usa gerenciamiento de mensajes MAC.

Esta versión de protocolo PKM en conjunto con RSA, mediante el envío de acuses de recibo, garantiza que la información sea transmitida únicamente a la SS permitida, con lo que se garantiza seguridad en la red inalámbrica.

3.3.3.2. AES-CCM (Advanced Encryption Standard modo MCP)

Es un modo de funcionamiento de algoritmos de cifrado por bloques criptográficos. Se trata de un algoritmo de cifrado autenticada diseñado para proporcionar autenticación y privacidad. El modo MCP sólo está definido para algoritmos de cifrado por bloques, con una longitud de bloque de 128 bits. En el RFC 3610, se define para su uso con AES.

El proceso de cifrado y autenticación, combina el modo MCP bien conocido el modo de contador de la encriptación con la conocida de CBC-MAC modo de autenticación.

3.3.3.3. HMAC Hash Message Authentication Codes

Estos códigos de autenticación de mensaje basados en resúmenes, permiten dar mayor seguridad a las redes basadas en el protocolo IP a nivel de capas superiores, mediante estos códigos se puede autenticar la información que será transmitida por la red.

Mientras que el sub-nivel MAC, en la red Wimax móvil, tiene como funciones las que se describen en figura 3.6.

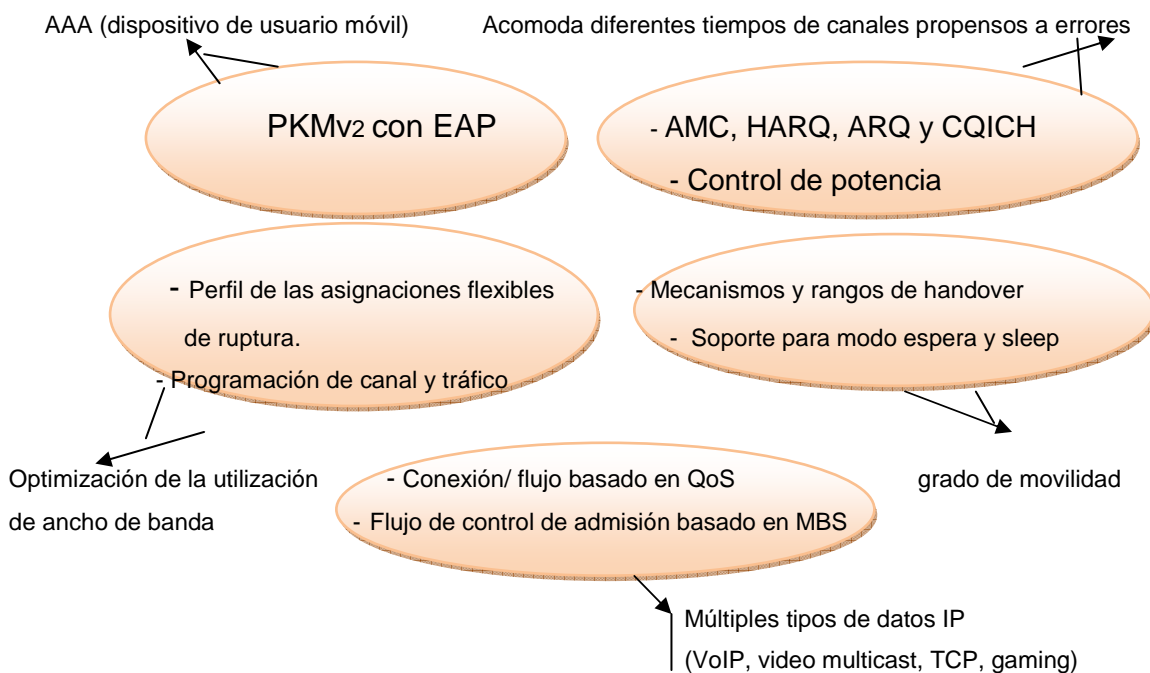


Figura 3.6. Funcionalidades de la sub-capas MAC en la especificación IEEE 802.16e-2005

Las principales funciones de la capa MAC son:

- **Seleccionar el perfil apropiado de modulación y codificación que se utilizará:** mediante la técnica de OFDMA se puede asignar un perfil para cada usuario logrando mejores respuestas de SNR. No existen algoritmos

definidos en el estándar Wimax. Se deja a los diseñadores implementar sus propios algoritmos. La idea es desarrollar algoritmos para determinar qué recursos asignar y como determinar los niveles de potencia adecuados para cada usuario en cada subcanal.

- **Proveer control de QoS y prioridad de tráfico:** Las estaciones bases son las encargadas de proveer el control, y principalmente se establecen 5 conexiones distintas que ya han sido descritas en el capítulo II.
- **Retransmisión de paquetes:** Para conexiones que requieren elevada confiabilidad soporta peticiones automáticas de retransmisión (ARQ). La habilitación de conexiones ARQ requiere que por cada paquete transmitido se envíe un ACK por parte del receptor; si un ACK no es recibido este paquete se asumirá como perdido y se retransmitirá. Opcionalmente soporta hybrid-ARQ, el cual es un efectivo híbrido entre FEC y ARQ.
- **Proveer seguridad:** Los aspectos de seguridad son las más altas usando Advanced Encryption Standard (AES) y tiene un protocolo de privacidad robusta y administración de llaves. El sistema también ofrece una arquitectura de autenticación muy flexible basada en Extensible Authentication Protocol (EAP), el cual permite para una variedad de usuarios credenciales incluyendo username/password y certificado digital.

En resumen, la especificación del estándar IEEE 802.16e-2005 ofrece mejoras comparado con la tecnología especificada en el estándar Wimax fijo original. Estas importantes mejoras ofrecen servicios rentables de banda ancha a los usuarios finales, ofreciendo un mayor rendimiento en entornos de movilidad (NLOS) y fijos. Estas mejoras se pueden clasificar de la siguiente manera:

Movilidad: El apoyo a la movilidad es la principal característica de Wimax móvil, que presenta una nueva implementación para el nivel MAC y permite a una SS mantener conexión al pasar de una BS a otra. Wimax móvil está diseñado para apoyar aplicaciones de movilidad de hasta 160 km / h.

Alta disponibilidad: conexión de alta disponibilidad en entornos de (NLOS) se puede apoyar en Wimax móvil utilizando tecnologías como antenas avanzadas, codificación de canal, sub-canalización y modulación dinámica para aumentar el rendimiento del enlace.

Rendimiento en entorno NLOS: se han introducido nuevas tecnologías en Wimax móvil. Estas incluyen soporte para tecnología de antenas inteligentes, tales como el sistema de Múltiples entradas Múltiples salidas (MIMO) y el sistema de adaptación de antena (AAS), de la misma manera se ha mejorado la técnica de codificación de alto rendimiento, como codificación turbo (TC), y la petición de repetición automática híbrida (HARQ), mecanismos para aumentar el rendimiento en entornos NLOS.

Seguridad: El estándar Wimax móvil ha introducido mejoras a los elementos de seguridad del estándar Wimax fijo. Por ejemplo, el AES y 3DES son ahora una característica obligatoria. Nuevos sistemas de codificación de alto rendimiento, como la TC y la paridad de baja densidad de verificación (LDPC), están incluidos. Estas características permiten mejorar la seguridad de la interfaz aire de Wimax móvil.

En lo que se refiere a las capas superiores de red, el grupo de trabajo de Wimax móvil no ha definido estrictamente cuales serán las condiciones para establecer la comunicación, por lo que se ha dejado a criterio de los operadores el desarrollo de dichas aplicaciones.

3.3.4. MODO DE OPERACIÓN DE LA RED UMTS CON TECNOLOGÍA WCDMA A NIVEL FÍSICO Y DE ENLACE

La red UMTS (Universal Mobile Telecommunication System) presenta una arquitectura en la cual se describen tres elementos principales, el equipo de usuario (UE), la red de acceso de radio terrestre (UTRAN) y la red central (CN), como interfaz aire entre el equipo de usuario y la UTRAN se ha empleado la tecnología WCDMA.

En la figura 3.7, se aprecia el diagrama de bloques de la red UMTS básico.

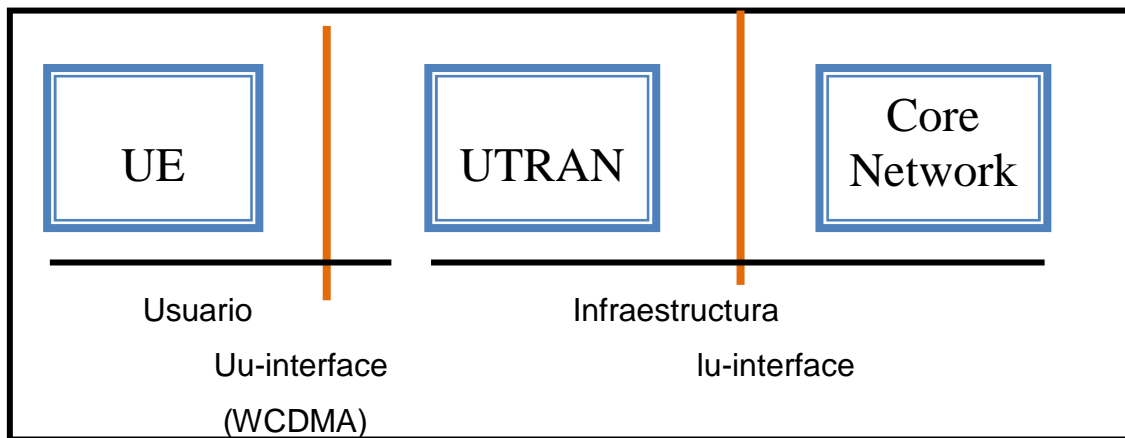


Figura 3.7. Esquema básico de la red UMTS con tecnología WCDMA

Donde:

UE.- User Equipment, o equipamiento del usuario. Es el terminal móvil y su módulo de indentidad de servicios de usuario/suscriptor (USIM) equivalente al SIM card de los terminales GSM.

UTRAN.- UMTS Terrestrial Rádio Access Network, o red terrestre de acceso radio del UMTS basada en el Wideband Code Division Multiple Access (WCDMA).

CN Core Network.- o núcleo de red que soporta servicios basados en conmutación de circuitos y conmutación de paquetes.

Uu e Iu son las interfaces entre estas entidades. La figura 3.8, presenta una visión más detallada de esta arquitectura.

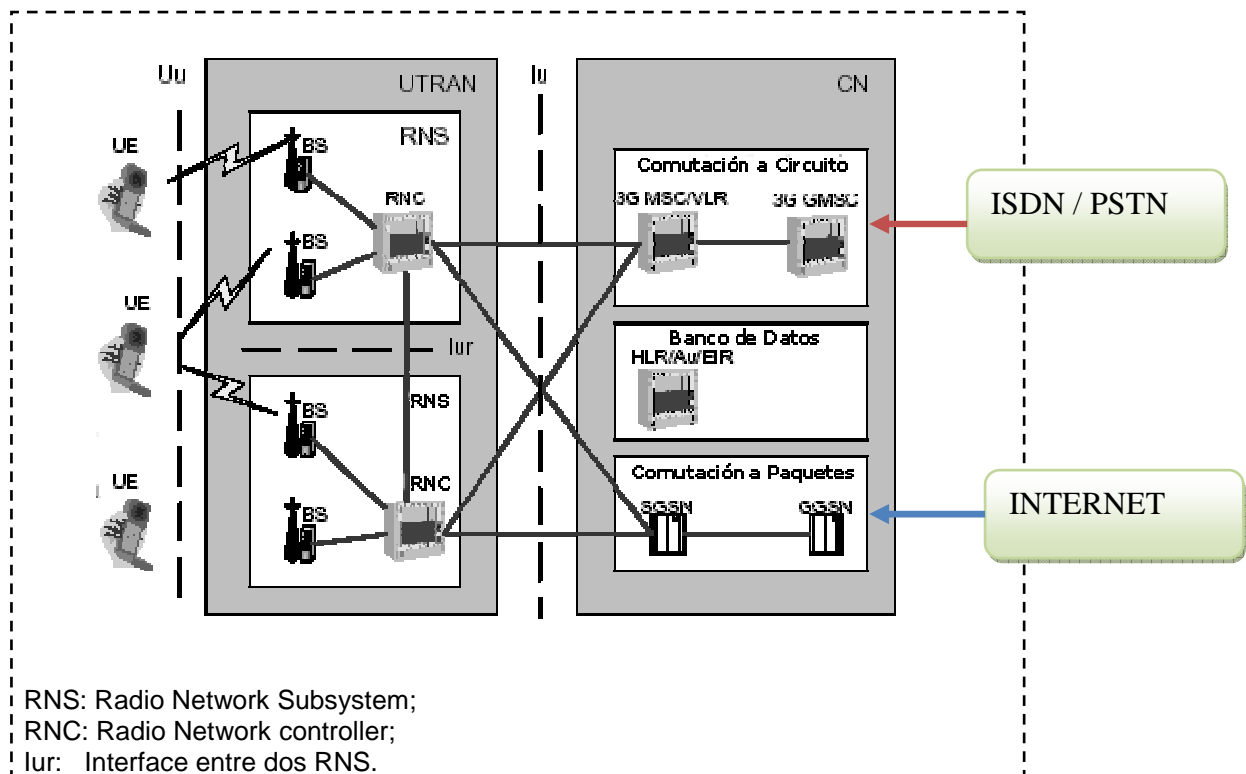


Figura 3.8. Arquitectura de la red UMTS

En esta arquitectura, podemos apreciar como en la red UMTS, se deben realizar dos procesos diferentes para la transmisión de voz, y datos; pues para llevar la voz hasta el usuario aún se sigue empleando la conmutación por circuitos la misma que lleva información desde la red Digital de Servicios Integrados (ISDN) o desde la Red Telefónica Pública Conmutada (PSTN); mientras que los datos antes de llegar al usuario final deben atravesar el proceso de la conmutación de paquetes. Por tanto debe manejar protocolos que permitan realizar este tipo de funciones de manera óptima.

Por otra parte no debemos olvidar que la arquitectura de UMTS es una mejora implementada a la tecnología GSM, donde se han añadido nuevos equipos, interfaces y protocolos, pero a la vez se ha aprovechada de la infraestructura existente.

Los protocolos utilizados en la comunicación entre entidades en esta arquitectura buscan mantener compatibilidad con los definidos actualmente para el GSM, principalmente en lo que se refiere a la parte del usuario.

La comunicación realizada a través de la interface radio de UTRAN utiliza tres tipos de canales como se presenta en la figura 3.9.

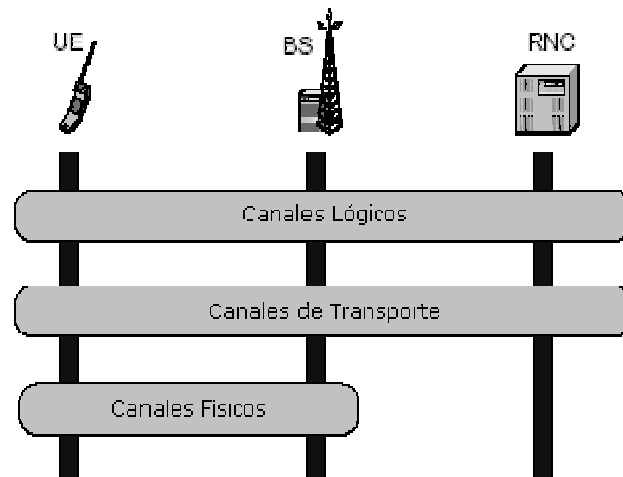


Figura 3.9. Canales empleados en UTRA

Lógicos: Son mapeados en los canales de transporte.

Transporte: RNC trabaja con canales de transporte utilizados para transportar diferentes flujos de información.

Físicos: Compose la existencia física de la interface Uu. Diferentes tipos de banda pueden ser ubicadas para diferentes finalidades

En lo que se refiere al funcionamiento de la red de telefonía móvil celular basada en UMTS, de acuerdo al modelo OSI, se encuentra estandarizada en todos los niveles, sin embargo son las tres primeras capas las que tienen prioridad pues en ellas se llevan a efecto procesos como calidad de servicio, interoperabilidad con las tecnologías que servirán de interfaz entre el usuario y UTRAN.

La Capa 3 es básicamente responsable de la gestión del envío de señales en UTRAN, y se encuentra localizada en el Nivel de Control.

Las Capas 1 y 2 también desarrollan funciones de transmisión y así proveen una base de transporte tanto para la información de control como para la información de usuario. En ese sentido, las capas 1 y 2, cruzan a través de los niveles de usuario y de control.

3.3.4.1. Operación de la Capa Física

La capa física de UMTS está basada en la técnica de acceso por división de códigos de banda ancha WCDMA. En los sistemas CDMA tradicionales, los usuarios comparten los recursos radioeléctricos: ancho de banda, tiempo y espacio (zona de cobertura). CDMA tiene su fundamento teórico en las técnicas de espectro ensanchado (spread spectrum) donde la señal ocupa una anchura de banda muy superior a la que sería estrictamente necesaria para su transmisión. Para ensanchar la señal se utiliza una secuencia de código que es independiente de la señal de información.

Existen dos modalidades fundamentales para la generación de un código de expansión:

- Modulación por secuencia directa (Direct Sequence, DS) que se realiza en banda base. WCDMA es una técnica de modulación por secuencia directa.
- Modulación por saltos de frecuencia (Frequency Hopping, FH) que se realiza en radiofrecuencia.

Estas técnicas presentan frente a las TDMA/FDMA mayor capacidad, mejor calidad de voz al eliminar los efectos audibles de los desvanecimientos, disminución del número de llamadas interrumpidas en traspasos y la posibilidad de compartir la banda con otros sistemas. En la técnica CDMA-DS las señales de espectro ensanchado se generan mediante modulación lineal con secuencias ortogonales o cuasi-ortogonales de banda ancha que son asignadas a los usuarios. Estas secuencias pueden diferir en enlace ascendente y descendente.

3.3.4.2. Proceso a nivel de capa física

Emplea codificación de canal y entrelazado para protección contra errores. La transmisión se realiza mediante tramas de 10 mseg con 15 intervalos o time slot por trama. En FDD se utilizan las tramas y los intervalos como puntos de referencia temporal. La velocidad de chip para ambos modos es de 3,84 Mchip/seg. La velocidad de los datos puede variar debido a que varía el factor de ensanchamiento (SF, Spreading Factor). Se utiliza modulación QPSK tanto en modo FDD como TDD.

3.3.4.3. Estructura de la trama y supertrama en UMTS (UTRA FDD: W-CDMA)

Bits piloto:

- Diferentes para cada uno de los 15 slots de una trama
- Existen patrones diferentes para los diferentes valores de Npilot que conforman palabras de sincronismo de trama

Bits FBI (Feedback Information):

- Para soporte de técnicas que requieren feedback entre el móvil y la base

Bit S: Para SSDT (Site Selection Diversity Transmit)

- Permite realizar macrodiversidad en caso de Soft Handover.
- El móvil comunica la identidad de su celda primaria a través de estos bits.

Bit D: Para diversidad en transmisión en modo bucle cerrado

- El móvil comunica los pesos adecuados para la diversidad en transmisión en el enlace descendente.

Bits TPC (Transmit Power Control):

- Permiten efectuar control de potencia en lazo cerrado en el enlace descendente.

Bits TFCI (Transport Format Combination Indicator):

- Proporcionan información sobre la tasa y la combinación de canales de transporte CCTrCH (Coded Composite Transport Channel) que viajan en la trama recibida.⁶⁰

⁶⁰ Overview of The Universal Mobile Telecommunication System (DRAFT, July 2002)
[http:// www.umtsworld.com/technology/timeslot.html](http://www.umtsworld.com/technology/timeslot.html)

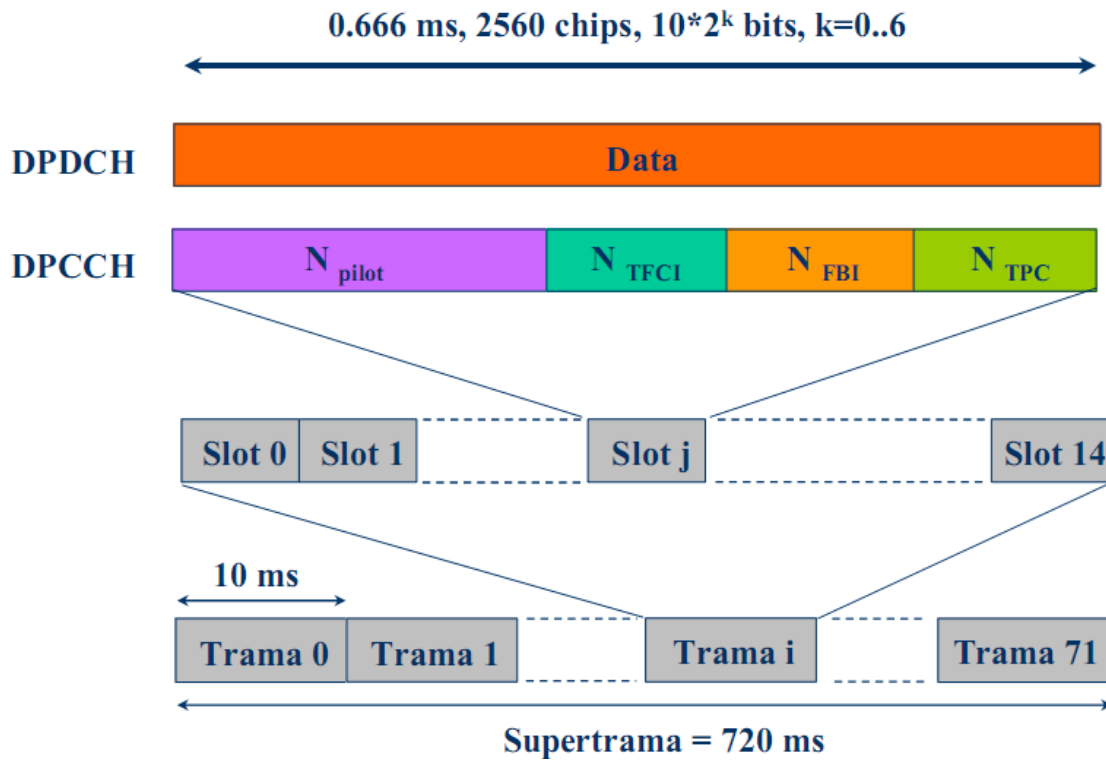


Figura 3.11. Estructura de la Supertrama UL del canal DPCH (Dedicated Physical Channel)

3.3.2.3.1. Estructura de la trama y supertrama en UMTS (UTRA TDD: TD-CDMA)

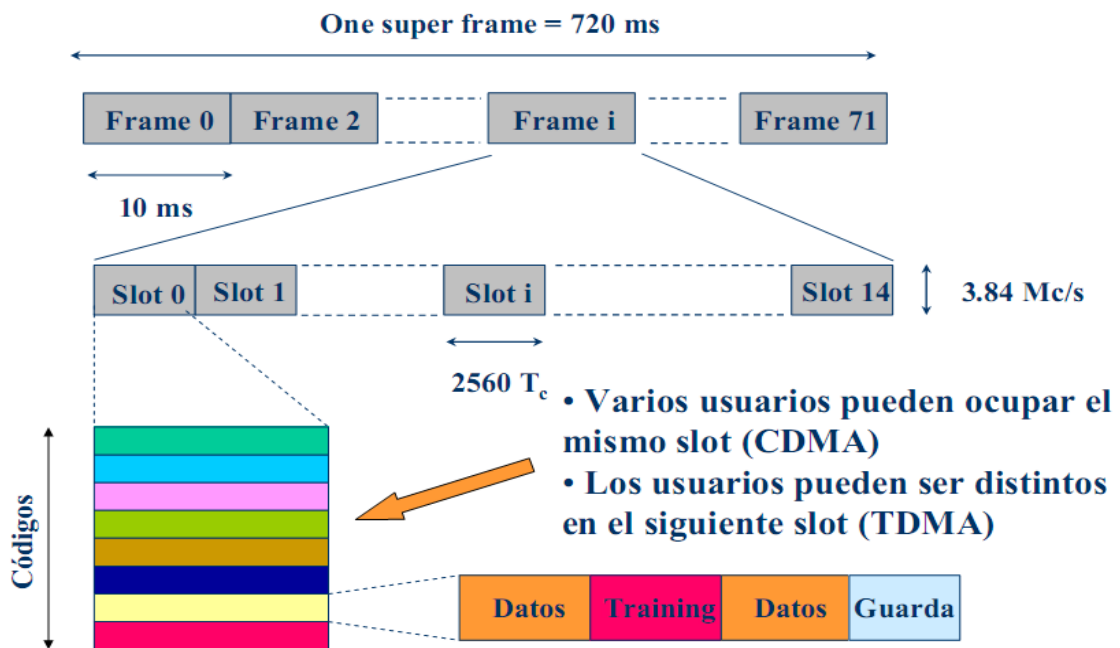


Figura 3.12. Estructura de la Supertrama DL del canal DPCH (Dedicated Physical Channel)

3.3.5. LA CAPA DE ENLACE

Está dividida en dos subcapas: la subcapa MAC (Médium Access Control) y la subcapa RLC (Radio Link Layer). Así mismo PDCP (Packet Data Convergence Protocols) y BMC (Broadcast - Multicast Control) pertenecen a la capa 2.

La subcapa MAC

En una red de telecomunicaciones, encargada de la gestión simultánea del acceso de un número de usuarios (acceso múltiple) para un recurso compartido. En el caso de UTRAN, este recurso compartido es el recurso radio, el cual es particularmente apreciado por su escasez. En este contexto la capa MAC asume un rol especial el cual se vuelve incluso más importante si consideramos la importancia que el servicio de transmisión de datos tiene para UMTS.

Este tipo de servicio se caracteriza por una alta tasa de transmisión durante espacios cortos de tiempo, con espacios grandes de espera de llegada entre los paquetes a ser transmitidos. Consecuentemente, la idea es usar eficientemente los recursos, utilizándolos en los periodos de inactividad de usuario para transmitir datos a otros usuarios. Entonces la sub capa MAC provee un interfaz de acceso de radio el cual es optimizado para transmitir paquetes de datos a través de multiplexación estadística de varios usuarios en un conjunto de canales comunes.

3.3.5.1. La subcapa RLC (Radio Link Control)

Asegura que la información sea transmitida de forma fiable en UTRAN y provee del servicio de transmisión a aquellos paquetes que la Capa 1 fue incapaz de enviar correctamente a su destino. El mecanismo de retransmisión es una forma de protección de datos que coincide en parte con el proporcionado por el canal de codificación en la Capa 1. De esta forma, es posible garantizar la integridad de los datos bajo condiciones adversas de canal de radio móvil. El RLC también desarrolla una función de encriptación (en los casos en los que no es desarrollado

por la Capa MAC) para proteger la información de usuario de aquellas que no son deseadas.

La parte más compleja dentro de un sistema celular, lo constituye la red de acceso que para el caso de UMTS se denomina UTRAN, pues esta es la más costosa ya que es la encargada de la comunicación entre el usuario y el núcleo de red, por lo que es ahí donde se centra la atención de los diseñadores de las redes celulares, empleando los protocolos más acertados para lograr el objetivo final.

De acuerdo a las especificaciones del Release 99, la capa Red de Transporte (TNL) funciona mediante el empleo de ATM. La información que se transporta sobre ATM es básicamente de dos tipos:

- Información móvil-red: Se trata de la información, señalización o tráfico de usuario, que intercambian entre sí los móviles y el nodo de entrada al núcleo de red. Este nodo será un MSC (Mobile Switching Center) en caso de una comunicación con el dominio conmutación de circuitos (CS), o un SGSN (Serving GPRS Support Node) en caso del dominio de conmutación de paquetes (PS).
- Señalización UTRAN: Se trata de información intercambiada entre nodos-Bs y RNCs (protocolo NBAP, Node-B Application Part), entre RNCs y Núcleo de Red (protocolo RANAP, Radio Access Network Protocol) y entre RNCs (RNSAP, Radio Network Subsystem Application Part).

NBAP (Node-B Application Part)

NBAP se usa para controlar el Nodo B por el RNC mediante la interfaz Iub, además es usado sobre el interfaz Iur. Este protocolo incluye procedimientos dedicados, los mismos que son empleados para voz, información de sistema broadcast y otros más. El protocolo NBAP tiene muchos tipos de mensajes, en los cuales se lleva un alto volumen de datos.

NBAP es un protocolo de la capa de enlace de radio, el cual, mantiene comunicación en el plano de control, atravesando la interfaz lub, para de esta manera controlar los recursos en la interfaz lub y proveer la comunicación para la radio base y RNC.

RANAP (Radio Access Network Application Part)

Es el protocolo que provee los servicios de señalización entre UTRAN y CN. Se caracteriza por controlar la conexión entre RNC y SGSN. Además controla la conexión de conmutación de circuitos entre RNC y MSC sobre la interfaz lu. Este se ubica entre UTRAN y CN. Maneja señalización entre RNC y SGSN en la interfaz lu-PS y entre RNC y MSC en la interfaz lu-CS

Algunas de las funciones del Protocolo RANAP, son:

- Control del acceso de la radio (RAB) es decir es la responsable del establecimiento, modificaciones y liberación de la RAB.
- Recolocación del SRNC, para permitir el cambio de funcionalidad de un RNC a otro.
- Provee la capacidad para vocear al equipo de usuario
- Permite transferir información desde el núcleo de red CN hacia el RNC

De la misma manera en el plano de usuario existen otros protocolos que hacen posible la transmisión de información (datos, voz, video) entre equipos de usuario.

En la figura 3.13 se muestran con detalle los protocolos involucrados en el plano de usuario de los interfaces lub, lu-CS e lu-PS. Los protocolos de adaptación ATM utilizados en cada caso son AAL2 para lub e lu-CS y AAL5 para lu-PS.

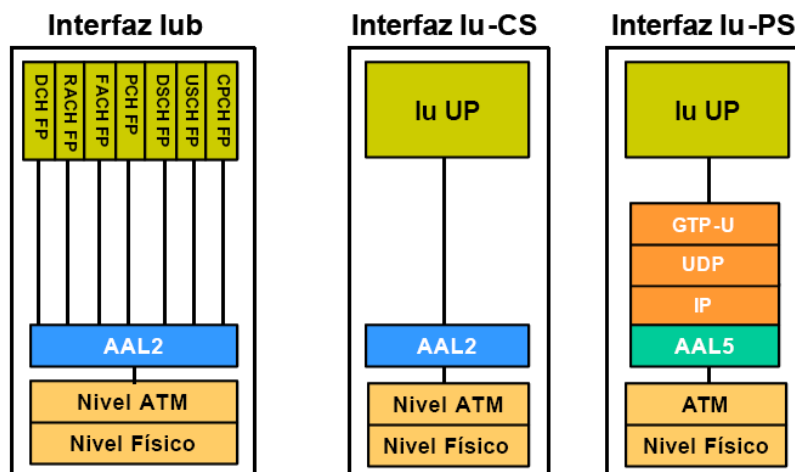


Figura 3.13. Protocolos UTRAM en el plano usuario

Los protocolos de mayor funcionalidad para la operación de la red UTRAM constituyen AAL2 cuando se trata de una comunicación modo circuito y AAL5 si la comunicación es de tipo paquete; que serán los encargados de transmitir la información entre el equipo de usuario y el core network.

Cabe recalcar que estos protocolos son utilizados a nivel de enlace, y a su vez permiten transmitir la información de datos o señalización no sólo hacia el usuario final sino también a las capas superiores.

3.3.5.2. Arquitectura de la red UMTS con tecnología WCDMA

La gran mayoría de operadores de telefonía móvil celular han migrado de la 2,5G a la 3G donde la tecnología predominante es UMTS, sin embargo según datos estadísticos no ha sido tarea fácil debido al coste de infraestructura, pese a que UMTS es compatible con GSM; las nuevas redes ofrecen una gran gama de servicios a los usuarios lo cual la hecho atractiva en el mercado, sin embargo todavía no ha podido cubrir ciertas necesidades como lo es operación en entorno NLOS, por lo que llegar a zonas alejadas o rurales les ha significado mayores inversiones. En zonas alejadas las celdas de operación de la red celular deben tener un menor radio para poder ofrecer un mejor servicio lo que conlleva a emplear una gran cantidad de recursos en equipos de instalación.

En ambientes urbanos se podría decir que UMTS no tendría necesidad de buscar nuevas tecnologías como interfaz aire; pero debido a ciertas falencias en el estándar, los fabricantes de equipos de comunicaciones móviles están tratando de implementar redes menos costosas y que ofrezcan la misma calidad de servicio.

Tabla 3.2. Especificaciones técnicas de W-CDMA

Esquema de acceso múltiple	DS-CDMA
Esquema de duplexación	FDD/TDD
Esquema de tasa Multirate/Variable	La difusión de factor expandido variable y multi código
Paquete de acceso modo dual	(canal combinado y dedicado)
Chip rate	3,84 Mcps
Portadora espaciada	4,4 – 5,2 MHz (200 KHz portador de trama)
Longitud de la trama	4,4 – 5,2 MHz (200 KHz portador de trama)
Sincronización Inter Base Station	FDD: no se necesita sincronización TDD: Es necesario sincronización

3.4. CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE LAS TECNOLOGÍAS EN ESTUDIO

3.4.1. UMTS (SISTEMA UNIVERSAL DE TELECOMUNICACIONES MÓVILES)

Las redes de telefonía móvil celular basadas en la tecnología UMTS interfaz área WCDMA, cuentan con la ventaja de ser redes conmutadas por paquetes y conmutadas por circuito, gracias al empleo de WCDMA que soporta el protocolo IP; es ventaja ya que si se trata de migrar de esta tecnología a redes completamente IP, los proveedores de esta red, contarían con parte de infraestructura para alcanzar redes ALL IP.

Cuando surgió UMTS, la idea era que esta se constituya en un estándar capaz de unificar los distintos sistemas de telefonía móvil empleados a nivel mundial, pero actualmente en pocos países se han implementados redes con esta tecnología.

A continuación se detallan los parámetros más sobresalientes de la tecnología UMTS:⁶¹

- Bandas de Frecuencia asignadas para su operación: 1920 MHz -1980 MHz y 2110 MHz - 2170 MHz (FDD) UL y DL
- Banda de frecuencia mínima requerida: ~ 2x5 MHz
- Reuso de frecuencia: 1
- Espaciamiento entre portadoras: 4.4MHz - 5.2 MHz
- Número máximo de canales (voz) sobre 2x5 MHz: ~196 (factor de ensanchamiento 256 UL, AMR 7.95kbps) / ~98 (factor de ensanchamiento 128 UL, AMR 12.2kbps)
- Codificación de voz: AMR codecs (4.75 kHz - 12.2 kHz, GSM EFR=12.2 kHz) y SID (1.8 kHz)
- Codificación de canal: Codificación convolucional, código Turbo para Duplexor de datos de alta velocidad necesario (separación de 190MHz). Conexión asimétrica soportada.
- Receptor: Rake
- Sensibilidad del Receptor: Nodo B: -121dBm, Móvil -117dBm a BER de 10^{-3}
- Tipo de datos: Conmutación de paquetes y circuitos
- Modulación: QPSK
- Velocidad de Chip: 3.84 Mcps
- Tamaño de canal: 200 kHz
- Velocidad máxima de datos de usuario (canal físico): ~ 2.3Mbps (factor de ensanchamiento 4, códigos paralelos (3 DL / 6 UL), codificación de velocidad 1/2), pero interferencia limitada.
- Velocidad máxima de datos de usuario (ofrecida): 384 kbps (año 2002), velocidades mayores (~ 2 Mbps)
- Velocidad de bit por canal: 5.76Mbps
- Longitud de trama: 10ms (38400 chips)
- Número de slots / trama: 15
- Número de chips / slot: 2560 chips

⁶¹ Comunicaciones Inalámbricas

- Handovers: Soft, Softer, (inter frecuencia: Hard)
- Rango de control de Potencia: UL 80dB, DL 30dB
- Potencia pico del Móvil: Clase de potencia 1: +33 dBm (+1dB/-3dB)= 2W; clase 2 +27 dBm, clase 3 +24 dBm, clase 4 +21 dBm
- Número de códigos para identificación de estación base única: 512 / frecuencia
- Factores de ensanchamiento de capa física: 4 - 256 UL, 4 - 512 DL

De los parámetros más importantes que los fabricantes de equipos estiman se deberían considerar para la interoperabilidad entre tecnologías diferentes son: técnicas de modulación, rangos de frecuencia en los que operan, compatibilidad a nivel de capas dentro de la arquitectura de red, niveles de potencia, calidad de servicio, handovers, rehuso de frecuencia, tamaño de las celdas, entre otros.

A pesar de que existen más de 339 redes con tecnología GSM (Segunda Generación), y al ser el espectro radioeléctrico un recurso agotable, la UIT asigna a cada país diferentes rangos de frecuencia para su funcionamiento, lo que quiere decir que si bien las redes de segunda generación emplean la misma tecnología GSM, su frecuencia de operación es diferente lo cual las convierte en incompatibles, aspecto fundamental que debe ser superado no solo para llegar a ser redes 3G, sino para en un futuro no muy lejano migrar hacia una red de nueva generación.

3.4.2. WIMAX MÓVIL – IEEE 802.16e – 2005

Wimax móvil es una tecnología atractiva para grandes fabricantes de equipos de comunicaciones, al ser un estándar abierto con la posibilidad de ser compatible con tecnologías inalámbricas ya existentes en el mercado, además por los parámetros técnicos que presenta, especialmente en la velocidad de transmisión en zonas urbanas, en la factibilidad de poder llegar a sitios alejados de las estaciones base empleando equipos de infraestructura menos costosos, además de tener buenas condiciones si se trata de interferencia multi trayectoria ocasionada al operar en entornos NLOS.

En el capítulo II se estableció los parámetros técnicos más sobresalientes de la tecnología Wimax Móvil, de los cuales reconsideraremos los siguientes.⁶²

Tabla 3.3. Parámetros técnicos de Wimax Móvil

PARAMETROS	WIMAX MÓVIL IEEE 802.16e-2005
Método de duplexación	TDD
Acceso Multiple Uplink/downlink	S-OFDMA
Ancho de Banda del canal (BW)	Escalable: 5; 7; 8.75; 10 MHz
Tamaño de Trama	5 ms TDD
Modulación enlace ascendente Modulación enlace descendente	QPSK / 16 QAM QPSK / 16 QAM / 64 QAM
Tasa de datos pico sobre DL	46 Mbps DL/UP 32 Mbps DL/UP 10 MHz = BW
Tasa de datos pico sobre UL	7 Mbps DL/UP 4 Mbps DL/UP 10 MHz = BW
Alcance	3Km NLOS
Espectro	FDD/TDD 2 – 6 GHz

Wimax móvil, al estar basada completamente en el protocolo IP, tiene como objetivo integrar los servicios de telecomunicaciones en una única plataforma proporcionando a los abonados ubicuidad, mayores velocidad de transmisión, mayor alcance en zonas urbanas e incluso servicios en lugares donde es casi imposible llegar con cable.

3.4.3. POSIBLES PROBLEMAS DE INTEROPERABILIDAD

Para hablar de interoperabilidad entre dos tecnologías completamente diferentes como es el caso, se deben tener en cuenta parámetros de operación como son: frecuencias de operación, anchos de banda de canal, radios de celda dentro del

⁶² www.wimaxforum.org

área de cobertura, técnicas de multiplexación y modulación, parámetros de calidad de servicio, velocidad de transmisión de datos, la infraestructura de red: que incluye equipos de usuarios final, estaciones bases, antenas, entre otras.

A continuación se presenta un cuadro comparativo entre las dos tecnologías en estudio:

Tabla3.4. Análisis de las tecnologías: UMTS – WIMAX MÓVIL IEEE 802.16e-2005.

Parámetros	UMTS	802.16e-2005	Factibilidad de interoperabilidad entre UMTS y Wimax MÓVIL
Funcionamiento	LOS	Sin Línea de Vista (NLOS)	Wimax móvil mejoraría las condiciones de operación en entornos NLOS
Tasa de bit	144 Kbps en vehículos a gran velocidad (500 km/h) 384 Kbps para usuarios en vehículos a baja velocidad (< 120 Km/h) o en exterior Hasta 2 Mbps en interior de edificios o a muy baja velocidad (< 10 Km/h)	Hasta 20 Mbps con canales de 5 MHz	Wimax móvil ofrece mejores tasas de transmisión de información (depende directamente de la distancia a cubrir)
Modulación	Se utiliza la modulación QPSK (Quadrature Phase Shift Keying) que es una forma de modulación en la que la señal se envía en cuatro fases y el cambio de fase de un símbolo al siguiente codifica dos bits por símbolo.	Simple Portadora (Sc), OFDM OFDMA con 1024 sub portadoras BPSK, QPSK, 16 QAM, 64 QAM	La modulación empleada lo realiza a nivel de capa física lo cual es independiente de los servicios que brindan las capas superiores.
Modulación en Downlink	QPSK (Quadrature Phase-Shift Keying). 16 QAM (Modulación de amplitud en cuadratura de 16 estados)	QPSK (Quadrature Phase-Shift Keying 16 QAM (Modulación de amplitud en cuadratura de 16 estados) 64 QAM Modulación de amplitud en cuadratura de 64 estados)	La modulación empleada en cada una de las tecnología en estudio, son similares, sin embargo en Wimax Móvil se emplea 64QAM, ya que es ideal para la recepción de la señal en entornos rurales, y sin línea de vista.
Modulación en Uplink	BPSK (Binary Phase Shift Keying). QPSK (Quadrature Phase-Shift Keying)	QPSK (Quadrature Phase-Shift Keying) 16 QAM (Modulación de amplitud en cuadratura de 16 estados).	Para la transmisión de datos en Wimax móvil se emplea 16 QAM, que es más óptima para trabajar en entornos NLOS.

Ancho de Banda de canal	5 MHz	Entre 1,25 y 20 MHz (más usada =5MHz)	El ancho de banda en el canal es el mismo para las dos tecnologías
Duración de trama	10 ms (38400 chips)	Se puede seleccionar entre 2,5, 5, 10 y 20 ms (más usada = 5 ms)	La duración de la trama no presenta inconveniente al momento de realizar la transmisión a otro nivel.
Radio Típico de celda	5 – 10 Km (dependiendo del área a cubrir	5 – 8 Km aprox. (alcance máximo de unos 10 Km)	Dependerá del tipo de área a cubrir, así como de los equipos que se utilicen para ello.
Bandas de Frecuencia	Un par de bandas “apareadas” en torno a los 2000 Mhz. Para el enlace ascendente utiliza la banda de frecuencias 1920-1980 Mhz, y para el enlace descendente utiliza 2110-2170 Mhz. Una banda de frecuencias “desapareada”. 1910-1920 Mhz + 2010-2025 Mhz.. Nuevas bandas para conseguir 160 Mhz de espectro adicional. 806-960 Mhz, 1710-1885 Mhz, 2500-2690 Mhz.	2 – 11 GHz (2,3; 2,5; 3,3;3,5 GHz) LICENCIADAS	Wimax móvil opera en bandas de frecuencia muchos más altas que la tecnología UMTS, es decir el espectro empleado para Wimax móvil es más amplio, además de operar en bandas de frecuencia no licenciadas.
Técnica de multiplexación	WCDMA	OFDMA S-OFDMA	Las dos técnicas de multiplexación ofrecen mejoras en los servicios que serán transmitidos a los usuarios. (voz, datos, video)
Tipo de datos	Soporta conmutación de circuitos y conmutación de paquetes	Es una red All IP	Existirían problemas al momento de realizar la transmisión de información que emplea la conmutación de circuitos.

3.5. ANÁLISIS Y CONSIDERACIONES TÉCNICAS PARA LA INTEROPERABILIDAD ENTRE UMTS – WIMAX MÓVIL IEEE 802.16e-2005

Un diseñador de la arquitectura de red, al momento de diseñarla debe considerar los siguientes aspectos:

- En lo referente al nivel físico en UMTS se emplea la técnica de acceso por división de códigos de banda ancha WCDMA, la misma que permite mayor

capacidad, mejor calidad de voz al eliminar los efectos audibles de los desvanecimientos, disminución del número de llamadas interrumpidas en trasposos y la posibilidad de compartir la banda con otros sistemas. Mientras que en Wimax móvil a nivel físico se emplea la técnica OFDMA que a pesar de presentar las mismas características en cuanto a beneficios hacia el usuario son técnicas muy diferentes; pues en el primer caso la señal a ser transmitida sufre un proceso de ensanchamiento y en la segunda la señal es solapada porque emplea frecuencias ortogonales.

- La eficiencia espectral empleada para Wimax móvil, es mucho mejor que en 3G UMTS, ya que tiene bandas de frecuencias más flexibles, al igual que la velocidad de transmisión que es mayor a la obtenida con UMTS.
- En lo que se refiere a las técnicas de modulación, en Wimax Móvil la técnica empleada presenta mejores características para soporte de tráfico, por lo que serviría para próximas generaciones XG.
- Las técnicas de multiplexación en Wimax móvil presentan mayor capacidad de ajuste de ratio en uplink y downlink.
- Wimax móvil presenta mejores condiciones para operar en entornos NLOS, mientras que UMTS aún presenta problemas al momento de llegar hacia lugares alejados.
- La velocidad de transmisión (bite rate) de datos en Wimax móvil es mayor que en UMTS, lo cual implica una gran ventaja de la una tecnología respecto de la otra, sin embargo podría causar ciertas complicaciones al momentos de hablar de interoperabilidad entre las dos tecnologías.

Una vez que se han analizado los diferentes aspectos técnicos para el funcionamiento e interoperabilidad de dos tecnologías de estándares diferentes se puede establecer los tipos de inconvenientes para lograr la interoperabilidad de las dos tecnologías.

1. El entorno de operación de las dos tecnologías es diferente, en UMTS se trabaja considerando Línea de Vista mientras que Wimax móvil puede operar en entornos NLOS, lo que implica una infraestructura más compleja para poder llegar a zonas alejadas, a su vez un mayor coste al momento de la implementación de la red. Sin embargo la gran ventaja radica en que al emplear Wimax móvil para llegar hacia los abonados finales, se conseguiría brindar todos los servicios de comunicaciones (voz, datos y video) en lugares que UMTS tiene dificultad llegar.
2. En lo que se refiere a las bandas de frecuencia en Wimax móvil se emplea un espectro mucho más amplio que en UMTS, las bandas para la operación de Wimax móvil son no licenciadas mientras que UMTS opera en bandas licenciadas, cuya operación a su vez está regulada por el organismo pertinente de cada país.

El principal inconveniente para la interoperabilidad de estas dos tecnologías radicaría en la utilización y homologación de diferentes equipos para el correcto funcionamiento de la red entre las tecnologías en estudio. Por otra parte al ser tecnologías que operan en bandas de frecuencias diferentes, se convierten a su vez en incompatibles, es decir no se podría hablar de interoperabilidad dentro de las bandas de frecuencias que tienen asignadas actualmente. Sin embargo, existe la posibilidad de desplegar Wimax móvil en las bandas del servicio celular, el espectro más probable está disponible en 2.3GHz, 2.4GHz, 2.5GHz, 3.5GHz, 5.8GHz y potencialmente en 700MHz, lo cual solucionaría el problema de incompatibilidad entre las tecnologías en estudio.

Por otra parte cuando se habla de funcionamiento en bandas no licenciadas, se debe tener en cuenta ciertas desventajas como son:

Interferencias: Cuando se opera en el espectro que no requiere licencia, este a su vez puede ser empleado por varios sistemas diferentes de RF a la vez, con lo cual existe probabilidades de que ocurran interferencias. Sin embargo Wimax móvil soporta la DFS (Dynamic Frequency Selection -

Selección Dinámica de Frecuencia) la cual permite que se utilice un nuevo canal si fuera necesario, es decir en caso que se detecten interferencias. No obstante al emplear DFS puede introducir una mayor latencia que afecta las aplicaciones en tiempo real como VoIP.

Mayor competencia: Ya que el espectro no licenciado podría ser fácilmente utilizado por otros operadores, asumiendo el riesgo de tener un mayor número de competidores.

Potencia limitada: Otra desventaja del espectro que no requiere licencia es que los entes reguladores del gobierno por lo general limitan la cantidad de potencia que puede transmitirse. Esta limitación es especialmente importante en 5.8GHz, donde la mayor potencia podría compensar la pérdida de propagación relacionada con el espectro en frecuencias más altas.

UMTS opera en el espectro que requiere licencia, el mismo que tiene un precio potencialmente alto, lo cual se justifica ya que la calidad requerida para brindar los servicios debe ser adecuada. La mayor ventaja de tener el espectro que requiere licencia es que el operador tiene uso exclusivo del espectro, así también está protegido de interferencias externas, con lo cual asegura la calidad en la transmisión de sus servicios.

3. Las técnicas de multiplexación tanto en enlace uplink como en downlink, en las dos tecnologías son similares, sin embargo Wimax móvil al ser considerada para operar en entorno NLOS, tiende a disminuir por efectos de trayectoria, ya que la señal al llegar a su destino final puede sufrir alteraciones, para ello es necesario la utilización de equipo adicional para no perder la calidad de la señal, por ejemplo se podría hablar de los receptores rake de alta potencia o de algún tipo de modulador – demodulador, que permita que la señal, al atravesar grandes obstáculos sufra alteraciones imperceptibles al receptor.

Por otra parte, Wimax presenta ciertas ventajas ya que puede soportar varios cientos de usuarios por canal, con un gran ancho de banda y es adecuada tanto para tráfico continuo como ráfagas, siendo independiente del protocolo. También soporta las llamadas antenas inteligentes, propias de las redes celulares, lo cual mejora la eficiencia espectral. Además se contempla la posibilidad de formar redes en malla, para que los distintos usuarios se puedan comunicar entre sí, sin necesidad de tener visión directa entre ellos.

4. La velocidad de transmisión de los datos, es un parámetro muy importante en una red de comunicaciones, por lo tanto debe considerarse a la hora de su diseño; teniendo presente, que la velocidad de transmisión está directamente relacionada con el ancho de banda del canal que se vaya a emplear. En este sentido, las tecnologías en estudio operan con diferentes velocidades de transmisión teóricas, por lo que a la hora de hablar de interoperabilidad entre dichas tecnologías se debe considerar la mejor técnica de multiplexación a fin de lograr el buen funcionamiento de la red, además el ancho de banda del canal debe ser elegido de manera adecuada.
5. El handover entre las celdas de la red UMTS actual, es muy flexible, pues cuenta con diversos métodos para realizar el traspaso entre una celda y otras, en cuanto que Wimax móvil presenta las mismas condiciones para realizar los trasposos, que a su vez tratan de ser en lo posible desapercibidos para los usuarios del servicio, sin embargo el más apropiado para las dos tecnologías es el hard-handover.

3.5.1. POSIBLES SOLUCIONES PARA LOGRAR LA INTEROPERABILIDAD ENTRE UMTS y WIMAX MÓVIL (IEEE 802.16–e 2005)

Para hablar de una factibilidad de interoperabilidad entre las tecnologías Wimax Móvil y UMTS, se debe considerar el entorno estación base (BS) y el equipo de

usuario (UE), por lo que al hablar de la red UMTS para telefonía móvil, ya establecida, la misma que emplea como interfaz aire BS – UE la tecnología WCDMA, se debe considerar a la tecnología Wimax móvil como una tecnología complementaria la misma que servirá como enlace para llegar al abonado, de ahí que es necesario encontrar los quipos que permitan la compatibilidad de estándares diferentes.

Como ya se ha visto anteriormente, son estándares cuyas características de funcionamiento, difieren en varios aspectos cruciales para el buen desarrollo de la red de telefonía móvil, por tanto todavía no se puede hablar de estándares compatibles en su totalidad, ya que aún no se han podido resolver diferencias como la tasa de transferencia de los datos, las diferentes técnicas de multiplexación empleadas tanto para el uplink como para el downlink, así como el espectro de frecuencias diferentes en el que operan.

De ahí que es necesario, la existencia de dispositivos que permitan acoplar la tecnología existente e implementada de UMTS para el servicio de telefonía móvil con el estándar IEEE 802.16e-2005, teniendo presente, que actualmente no se habla de dicha interoperabilidad, sino al contrario se ve a cada una de las tecnologías como independientes una de la otra, especialmente por cuestiones de coste de implementación, considerando que UMTS está ya desplegada y desarrollada en su totalidad en gran parte de los países, mientras que Wimax móvil es una tecnología enfocada a una nueva estructura de red, cuyos costes son proporcionales a los servicios que es capaz de proveer. También se debe considerar el hecho que UMTS tiene incorporado en su estructura sistemas de otras tecnologías como GSM, GPRS, y para ello ha tenido que encontrar la manera de hacerlos interoperables entre ellos.

A continuación se presenta un breve esquema de la red UMTS, en donde se podría añadir un equipo que permite resolver ciertas diferencias entre las dos tecnologías en estudio.

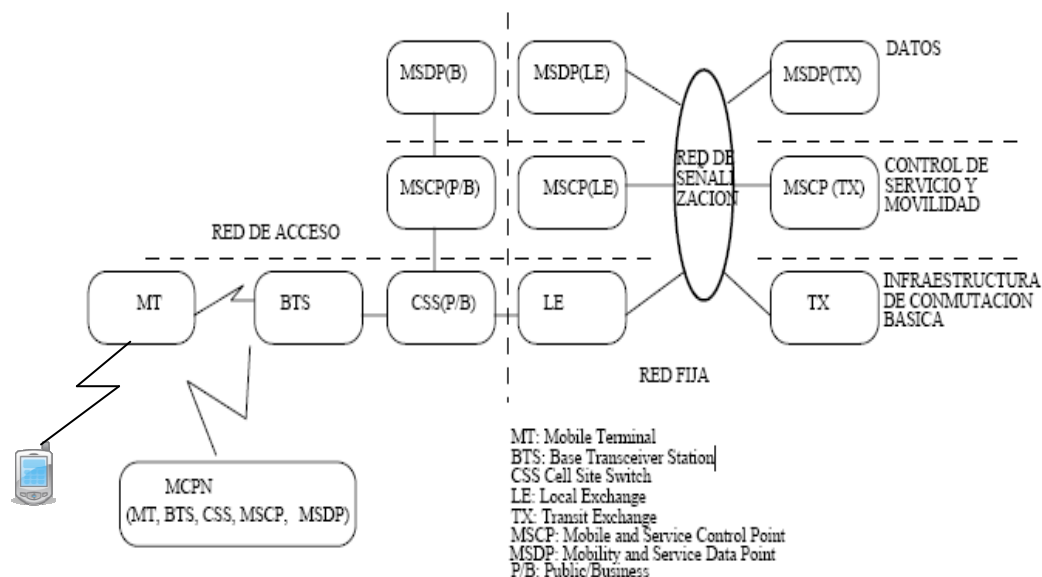


Figura 3.14. Red UMTS con factibilidad de emplear Wimax Móvil

Este esquema de red, es la estructura básica de operación de UMTS, en donde cada bloque tiene su función definida para operar, sin embargo si se considera la posibilidad de operar con un estándar diferente a los ya establecidos como lo es IEEE 802.16e-2005, se debería buscar los dispositivos adecuados para lograr dicho fin, así pues el bloque MT podría estar constituido por un “terminal multimodo inteligente”, poseedor de subsistemas programables, los mismos que permitan seleccionar el tipo de control de frecuencias, tipo de modulación para enlace uplink y downlink, funciones de codificador-decodificador, método de acceso múltiple, tipo de modulación, control de ráfaga, secuencia “spreading”, frecuencias portadoras, así como funciones de cifrado, encriptación, que implican seguridad, las mismas que implicarían adicionalmente de una tarjeta inteligente.

3.6. ARQUITECTURA DE RED DE LA TECNOLOGÍA INALÁMBRICA: WI-MAX (ANEXO E-2005) DEL ESTÁNDAR IEEE 802.16 Y DE LA RED CELULAR DE TERCERA GENERACIÓN: GSM (UMTS).

De acuerdo a informes técnicos, se tiene datos de que UMTS es una tecnología que ya ha sido puesta en marcha, por algunos operadores de telefonía móvil celular la misma que ha sido compatible con elementos de la red de la generación 2.5G GSM, lo cual no ha implicado mayores cambios en la

infraestructura de las plataformas de red, en sí la tecnología UMTS desde su aparición hasta la fecha ha introducido varias mejoras en su mismo estándar y ha permitido con ello ofrecer y llegar a los usuarios con una gran gama de servicios, favorablemente acogidos por ellos.

3.6.1. Modelo de una posible Arquitectura de Red para la red de Wimax Móvil

La Figura 3.15, representa una de las posibles implementaciones del modelo de red Wimax de referencia NRM (Network Reference Model). En esta red es posible identificar un conjunto de entidades funcionales (MS o Mobile Station, ASN o Access Service Network y CSN o Connectivity Service Network).

Es decir, se analiza una implementación que presenta la siguiente topología de red:

- Cuatro estaciones base en cada una de las redes ASN,
- Dos redes ASN interconectadas en cascada y
- La red CSN conectada con una conexión Ethernet a la red ASN.

Las redes Wimax están diseñadas para soportar cinco diferentes escenarios de uso: fijo, nómada, portátil, movilidad simple y movilidad total, así como un conjunto de diversas aplicaciones. Estas aplicaciones están agrupadas, a su vez, en cinco tipos o clases: clase 1 (juego interactivo), clase 2 (voz y video conferencia), clase 3 (video y audio bajo demanda), clase 4 (mensajería instantánea y navegación web), clase 5 (descarga de contenidos multimedia).

Los requisitos generales que han de cumplirse por parte de una red Wimax en los entornos de alta movilidad son los siguientes:

- La continuidad de sesión durante los procesos de handover,
- Un límite de pérdida de paquetes inferior al 1%,

- Soporte, a lo largo de múltiples BSs a los diferentes niveles de QoS pre-negociados,
- Una latencia de handover menor de 50ms, etc.

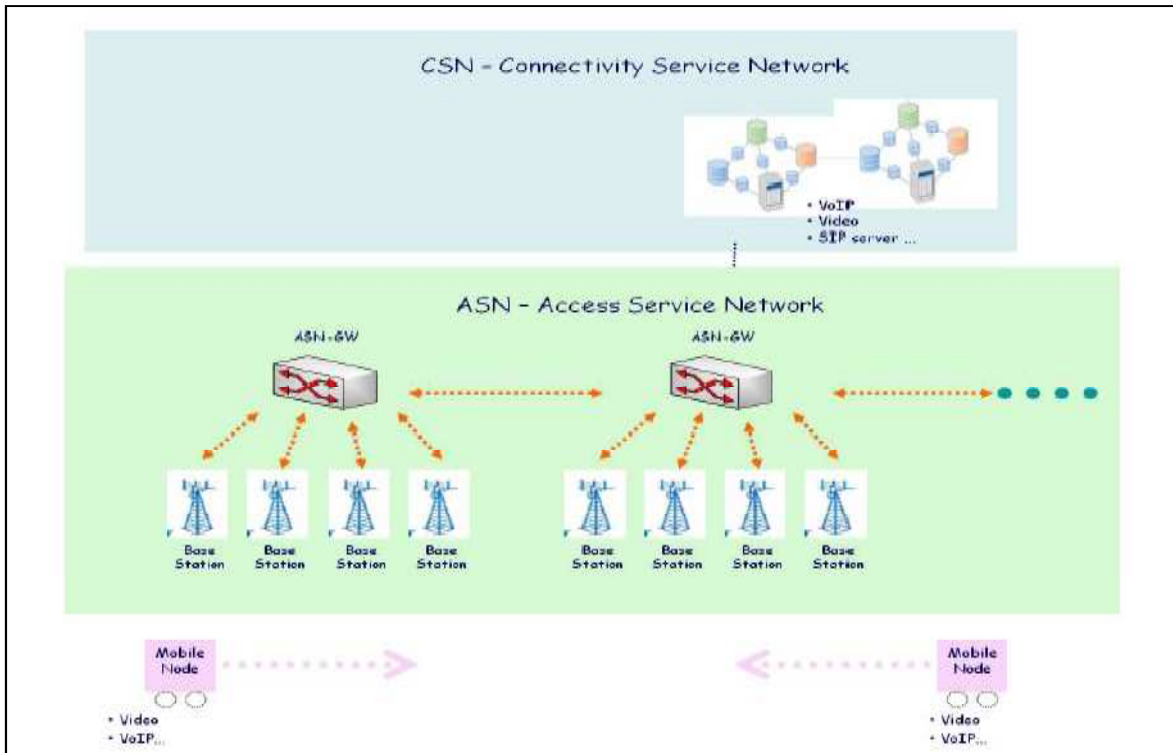


Figura 3.15. Posible Arquitectura del modelo de red Wimax móvil

De acuerdo a pruebas en entornos de movilidad, realizadas por fabricantes de equipos de comunicaciones, consideran que para los operadores de telefonía celular que cuentan con infraestructura UMTS ya instalada sería más fácil el despliegue con Wimax, ya que se podría instalar estaciones base en sitios UMTS.

La gran mayoría de países en el mundo han migrado de la 2,5G de telefonía móvil celular a las redes 3G, 3.5G e incluso a las redes de nueva generación.

3.7. UMTS Y SU POSIBLE INTEROPERABILIDAD CON WIMAX MÓVIL

3.7.1. ANÁLISIS TÉCNICO

Uno de los principales puntos que se debe considerar en la interoperabilidad de la red celular UMTS y la tecnología Wimax móvil para brindar servicios de telecomunicaciones es que los parámetros establecidos de calidad de servicio no deben cambiar, sino por el contrario tratar en lo posible de mantener el mejor servicio.

Wimax móvil al ser una tecnología que opera en entorno sin línea de vista, asegura aspectos relacionados con QoS, de acuerdo al tipo de tráfico que va a cursar por la red; de forma similar la red UMTS a diferencia de las redes de 1G y 2G, es una red de servicio, en la cual la provisión de estos servicios no está limitada por la tecnología de acceso de radio o de la red. Los usuarios tienen asegurada una calidad de servicio QoS en las conexiones de extremo a extremo dentro de la red UMTS.

UMTS no permite asegurar esta calidad de servicio cuando las conexiones son entre la red UMTS y redes externas.

Para lograr una calidad de servicio, independiente de la tecnología empleada, en UMTS se separa la tecnología de acceso, la tecnología de transporte, la tecnología de servicio (control de conexión) y las aplicaciones de los usuarios, en una estructura de capas, como se aprecia en la Fig. 3.16.



Fig. 3.16. Modelo de Estructura de Servicio de UMTS.

Para poder establecer los parámetros compatibles e interoperables entre las dos tecnologías en estudio, considero se debe analizar aspectos fundamentales como técnicas de multiplexación, modulación codificación, anchos de banda del canal, velocidad de transmisión, potencias empleadas por las antenas, calidad de servicios ofrecidos por cada una de ellas, entre otras.

A continuación se procede a detallar cada uno de los parámetros considerados para el efecto, como indispensables y necesarios:

3.7.2. TÉCNICAS DE MODULACIÓN

3.7.2.1. UMTS

Para la modulación se utiliza la modulación QPSK (Quadrature Phase Shift Keying) que es una forma de modulación en la que la señal se envía en cuatro fases y el cambio de fase de un símbolo al siguiente codifica dos bits por símbolo. Una de sus principales ventajas es que ofrece la misma eficiencia de potencia, utilizando la mitad de ancho de banda, así mismo permite el uso de técnicas de diversidad en transmisión, uso de antenas adaptativas y soporte para utilizar receptores avanzados.

Primero se convierte la señal de serie a paralelo, para lo que se construyen dos secuencias de velocidad la mitad de la secuencia original, tomando en una los bits pares y en la otra los impares. Cada una de las secuencias obtenidas modula una portadora desfasada noventa grados con respecto a la del otro "camino" (fases Q e I). Luego las señales resultantes se suman, produciendo una señal conforme a la modulación QPSK. Y por último lo que se hace es multiplicar la señal obtenida por el código WCDMA para conseguir la señal ensanchada, constituyéndose, así en la solución denominada UTRA.

3.7.2.1.1. Esquema De Acceso UTRA

El esquema de acceso UTRA se constituye de la siguiente forma:⁶³

UTRA FDD: Esquema de acceso multiple: W-CDMA

Modulación BPSK en UL y QPSK en DL

UTRA TDD: Esquema de acceso multiple: Hibrido W-CDMA + TDMA

Modulación QPSK

3.7.2.2. Wimax Móvil – Estándar IEEE 802.16e – 2005

El esquema de modulación más empleado en el estándar IEEE 802.16e-2005 es OFDMA (Orthogonal Frequency Division Multiple Access), la misma permite la transmisión de grandes cantidades de datos digitales a través de ondas de radio, gracias a la presencia de una señal portadora que puede ser dividida en varias sub señales que pueden ser transmitidas simultáneamente empleando frecuencias diferentes.

OFDMA, es una técnica que permite la transmisión de varias señales de información, al mismo tiempo y empleando un solo canal de transmisión, esto debido a que utiliza señales ortogonales que son moduladas con diferentes técnicas (QPSK, 16 QAM, 64 QAM), las mismas que permiten un ahorro significativo en lo que se refiere al ancho de banda, ya que entre las señales emplea la sobreposición entre las subportadoras, la misma que no producirá interferencias gracias a la ortogonalidad de frecuencias.

OFDMA es una técnica apropiada para trabajar en entornos NLOS (sin línea de vista) lo cual la hace ideal para trabajar la tecnología Wimax.

⁶³ www.umtsforum.net

3.7.3. QoS Calidad de Servicio

3.7.3.1. 3G UMTS

La calidad de servicio empleada en la tecnología UMTS emplea mecanismos más simples basados en prioridades, tal como se aprecia en la tabla 3.5.:⁶⁴

Tabla 3.5. Clases de Servicio en UMTS

Clase de servicio	Características	Aplicaciones
Conversacional	Retardo máximo estricto y pequeño. Variación del retardo (jitter) pequeña y estricta	Voz, Vídeo telefonía, Videojuegos
Streaming	Variación del retardo (jitter) pequeña y estricta	Distribución de vídeo
Interactiva	Retardo máximo acotado pero amplio. Fiabilidad e integridad de los datos transmitidos	Navegación Web, Juegos en red
Background	Retardo máximo no acotado. Fiabilidad e integridad de los datos transmitidos	Correo electrónico Descarga de ficheros

Otro de los aspectos que deben considerarse en la red UMTS, es que la calidad de servicio está definida para cada uno de los bloques de la red, siendo más importante la parte de UTRAN, ya que es esta la que permite el intercambio de comunicación entre el usuario y el core network.

⁶⁴ www.umtsforum.org

En la figura 3.17 se presenta el esquema de la arquitectura de protocolos en la red UMTS:

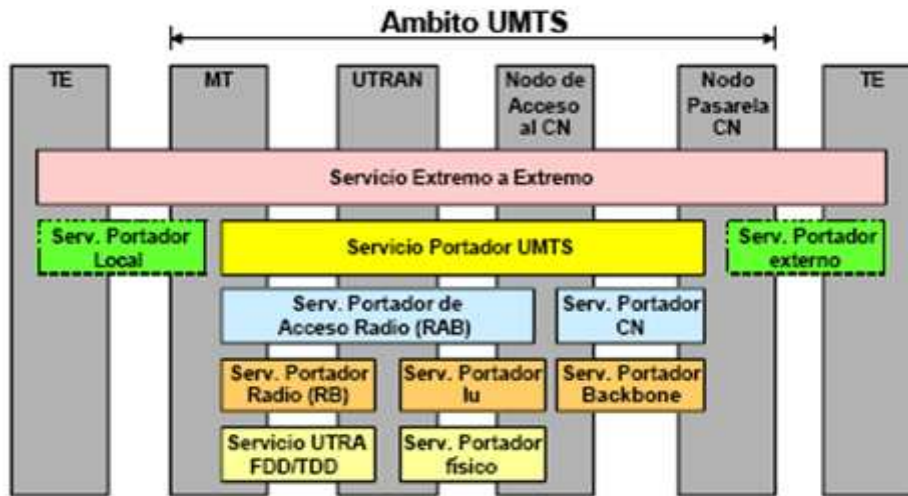


Figura 3.17. Arquitectura de calidad de servicio de UMTS

3.7.3.2. Wimax Móvil Estándar IEEE 802.16e-2005

Wimax móvil emplea técnicas de QoS más complejas para garantizar el rendimiento de la red, de la misma manera como en UMTS, la calidad de servicio será asignada de acuerdo al tipo de flujo de datos que transporte por la red.

Los parámetros técnicos como acceso al medio, técnicas de duplexación, espectro de frecuencias, alcance y cobertura se detallan en la tabla 3.6.:

Tabla 3.6. Características técnicas de Wimax móvil.

Parámetros	UMTS –WCDMA	WIMAX MÓVIL IEEE 802.16-e
Aplicación	WAN alta velocidad voz y datos	MAN móvil para voz, datos y video
Espectro	FDD 2.1 GHz regulada	FDD / TDD 2 – 6 GHz
Alcance	3 Km LOS	500 m – 10 Km NLOS
Ancho de Banda	1.5 – 5 MHz	5 MHz
Tasa de transmisión	< 15 Mbps (5 MHz)	< 14.4 M/2 Mbps (downlink / uplink)

3.7.4. HANDOFFS EN WIMAX MÓVIL Y UMTS

Handoffs es el proceso mediante el cual, se hace la transferencia de una llamada en curso o en proceso, de una estación base a otra, es lo que a diario se vive en la telefonía móvil celular, y gracias a ello podemos comunicarnos dentro del área de cobertura.

En Wimax móvil, el operador podrá elegir entre los diferentes soportes de handoffs que presenta el estándar, dependiendo del tipo de servicio que va a cursar por la red, a continuación las características de los mismos: ⁶⁵

Hard handoffs

- Usan interrupción antes del traspaso
- El dispositivo está conectado a una sola estación base en cualquier momento
- Menos complejos que soft-handoffs, pero presentan mayor latencia

Soft Handoffs

- Se los puede comparar con algunos de los empleados en las redes celulares
- El dispositivo de usuario mantiene conexión a la estación base hasta que esté asociada a la nueva.
- Menor latencia

Si se trata de servicios de datos, se podría emplear hard handoffs; pero si hablamos de aplicaciones como VoIP móvil o video juegos debería emplearse soft handoffs, principalmente porque son susceptibles a los retardos.

⁶⁵ EPN- PDH Ivan Bernal

UMTS, al ser empleada principalmente como red que cursa tráfico de voz, emplea Soft handoffs, que le permite cumplir los requisitos de conectividad en todo momento y en todo lugar dentro del área que cubre.

3.7.5. ROAMING / MÓVILIDAD

El roaming o itinerancia, a diferencia del handoff, permite la comunicación no sólo entre las estaciones base del mismo operador sino entre todas las empresas que brindan el servicio de telefonía móvil celular, dentro del área de cobertura de cada una de ellas, este proceso se muestra transparente ante los abonados.

En este sentido se puede concluir que:

- 3G es mejor que Wimax móvil
- Wimax móvil está diseñado inicialmente para equipos portables/nomádicos
- El roaming es una ventaja fundamental para el tráfico de voz

3.7.6. POTENCIA (BATERÍAS)

El consumo de potencia en Wimax Móvil puede ser un gran problema, debido a que el estándar IEEE 802.16e-2005 está diseñado para grandes alcances y sistemas fijos/móviles, además podrá alcanzar velocidades de transmisión mayores que las ofrecidas por UMTS, lo cual implica mayores potencias de transmisión.

3.8. INTEROPERABILIDAD A NIVEL DE PROTOCOLOS

Lo que se pretende es unificar los diferentes servicios de telecomunicaciones en una sola plataforma donde el protocolo predominante sea IP.

Plataformas bajo
múltiples protocolos
separados  Redes con un protocolo único (IP)

REDES TRADICIONALES

SERVICIOS Y REDES CONVERGENTES A TRAVES DE UNA MISMA INFRAESTRUCTURA

Telefonía
Televisión
Radiodifusión
Mensajería
Transmisión de datos



Red De Redes (Multiservicios) o
Redes de Nueva Generación

Las nuevas tendencias del mundo de las telecomunicaciones son:

- La movilidad (sistemas inalámbricos)
- Portabilidad
- La capacidad multimedia.
- La capacidad de transmisión y acceso.
- Distribución de Contenido

Además, se pretende llegar a sitios alejados de zonas urbanas, sitios donde puedan no solo mantener comunicaciones de voz, y aplicaciones como MSN, si no también navegar en el mundo de la Internet móvil, donde estar a bordo de un vehículo, no implique desconectarse de la red, sino al contrario poder contar con estos servicios en todo momento.

Para lograr que las diferentes tecnologías que proveen los servicios de voz, datos, vídeo, así como las aplicaciones multimedia, sean realidad en un entorno donde los usuarios tengan la facilidad de movimiento, se podría emplear el Protocolo IEEE 802.21, que según sus especificaciones podrá integrar varias tecnologías inalámbricas que inicialmente están como tecnologías verticales, en una plataforma horizontal de servicios.

El protocolo IEEE 802.21 MIH (Media Independent Handover), ha sido ratificado por la UIT, y su principal objetivo es permitir la transición entre diferentes tecnologías de manera transparente, de tal manera que los abonados no pierdan conectividad en el momento que salen del área de cobertura de la red inicialmente empleada para el establecimiento de la comunicación.⁶⁶

Vale la pena señalar que para hablar de interoperabilidad, no únicamente implica a nivel de red de acceso de radio; sino también a nivel de capas superiores, las mismas que podrán establecer interoperabilidad entre redes, entre protocolos y lo más importante interoperabilidad entre los diferentes fabricantes de equipos, para poder alcanzar el roaming mundial entre las redes que emplean las tecnologías en estudio.

El organismo encargado de definir las capas Física (PHY) y de Control de Acceso al Medio (MAC) en 802.16e, es la IEEE (Instituto de Ingeniero Eléctrico y Electrónicos). Sin embargo para poder hablar en un futuro cercano de interoperabilidad entre redes, los fabricantes y los operadores han formado grupos adicionales de trabajo para mejorar los modelos de referencia para el estándar de la red para interfaces abiertas entre redes. Dos de estos son el Grupo de Trabajo de la Red (Network Working Group) del WiMAX Forum, el cual se enfoca en crear especificaciones de red de niveles superiores para sistemas Wimax fijo, nómadas, portátiles y móviles más allá de lo que está definido en el estándar IEEE 802.16, y el Grupo de Trabajo del Proveedor de Servicios (Service Provider Working Group) el cual ayuda a redactar los requerimientos priorizándolos para ayudar al trabajo que realiza el Grupo de Wimax, y de esta manera acelerar la introducción de los nuevos estándares al mercado.

3.9. INTEGRACIÓN DE SERVICIOS DE VOZ, DATOS Y VIDEO

Para que la integración de servicios como datos, voz y video sea realidad, estudios realizados por fabricantes como Motorola, Intel, Ericsson; plantean como solución una red basada completamente en el protocolo IP, así se podría hablar

⁶⁶ 802.21 – TUTORIAL – IEEE

de telefonía móvil a través del protocolo IP, televisión mediante el protocolo IP conocida técnicamente como IPTV, incluyendo servicios ya establecidos en las redes de tercera generación, para el caso de las redes 3G que soportan conmutación por circuitos para servicios de voz, y conmutación por paquetes para servicios de datos, migrar hacia una red ALL IP implicaría en una etapa inicial un costo de infraestructura elevado, sin embargo las ventajas y beneficios que alcanzaría radicarán en mayor número de abonados satisfechos con servicios atractivos y novedosos que incluso les permitirá mantener la conexión mientras están en constante movimiento, en lo que se denomina roaming entre estaciones.

Actualmente contamos con una gama de servicios, a los cuales podríamos definirlos como tecnologías verticales, las cuales por separado brindan todos los servicios de voz, datos, y video, sin embargo, se pretende migrara hacia un modelo horizontal, donde todos los servicios de telecomunicaciones sean entregados a los usuarios por una sola plataforma de red. Esta propuesta es muy atractiva sobre todo en mercado de países desarrollados que cuentan ya con la infraestructura de redes 3G, sin dejar de lado al mercado de telecomunicaciones de países como Ecuador, Chile, Argentina; en donde todavía tienen redes de la generación 2.5G, y quienes podrían considerar implementar redes de tercera generación incluyendo una nueva tecnología como Wimax Móvil.

En la figura 3.18, se ilustra cómo sería la integración de redes verticales en una plataforma horizontal.

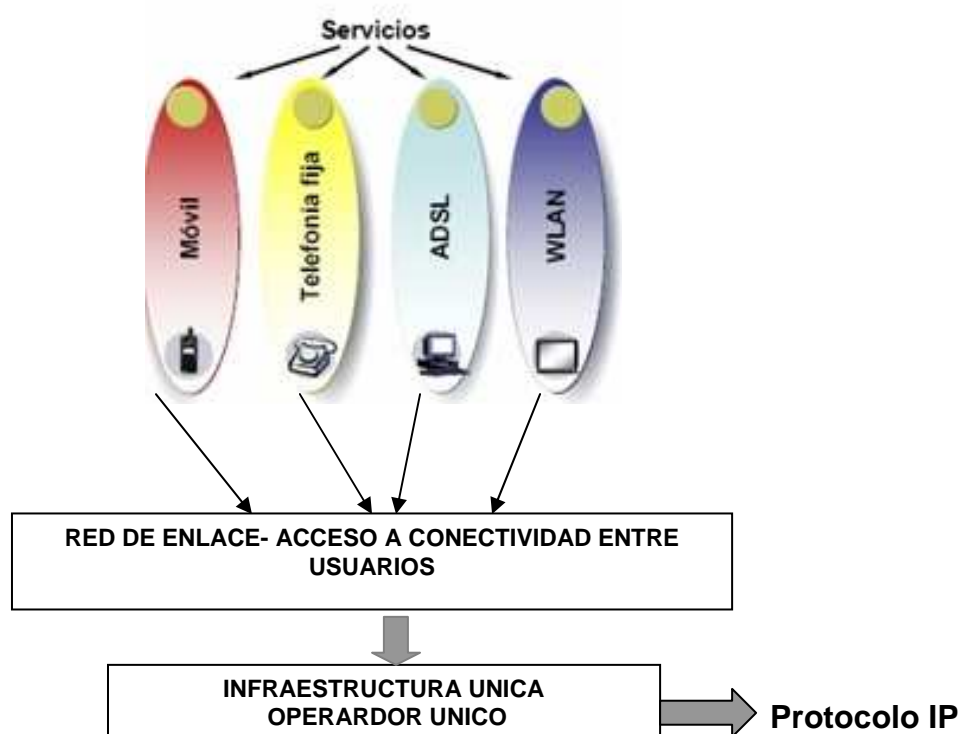


Fig. 3.18 CONVERGENCIA DE SERVICIOS DE TELECOMUNICACIONES

3.10. POSIBLE IMPLEMENTACIÓN DE LA RED WIMAX MÓVIL BASADA EN EL ESTÁNDAR IEEE 802.16e-2005

De acuerdo a LOCALRET, una empresa de telecomunicaciones de España, para lograr que la red UMTS sea compatible con el estándar IEEE 802.16e-2005, deben existir además de los equipos debidamente certificados, aspectos técnicos comunes como son técnicas de modulación, protocolos de QoS que permitan operar tanto en la red UMTS cuanto en Wimax móvil. Por otra parte el traspaso entre las diferentes redes debe ser imperceptible para los usuarios con retardos inferiores a 1,5 ms; de esta manera no se perderá información al pasar de una red a otra.

Sin embargo y a pesar que el estándar ha sido ya certificado y aprobado, todavía existen ciertas limitaciones a la hora de comercializar los equipos con el estándar del IEEE 802.16e-2005, y mucho menos mirarlo como un posible estándar interoperable con las actuales redes de telefonía móvil celular, pues actualmente muchas empresas ya están incluyendo en su gama de productos, equipos con

tecnología Wimax móvil, pero para ofrecer servicios de Internet en un PC, PDAs, laptops, todavía no se habla de implementarlo en la red celular.

En las figuras siguientes se presenta modelos simplificados de la arquitectura de red para UMTS donde se pretendería dar cabida al nuevo estándar para proveer mayores beneficios a la red actual; pero muchos de los fabricantes y operadores de servicios de comunicaciones han visto en Wimax móvil una nueva tecnología que en un futuro podría mejor funcionar como una red independiente y no como complemento de la red UMTS.

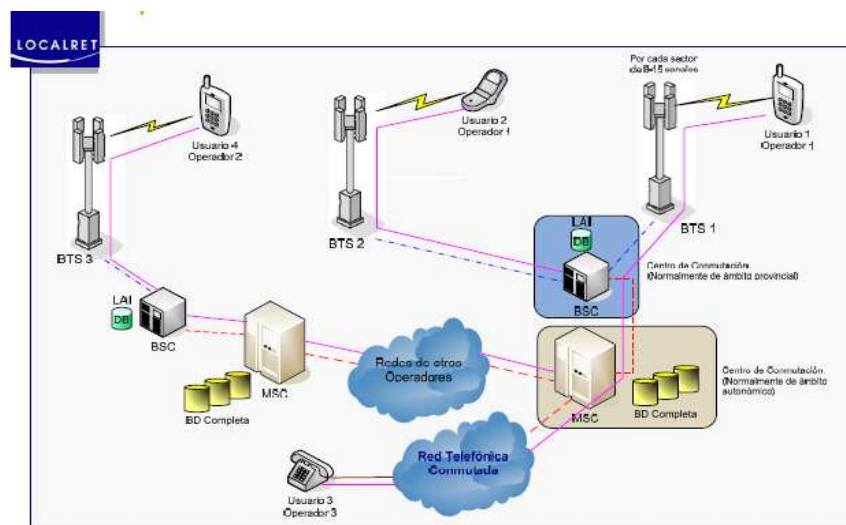


Figura 3.19. Arquitectura y funcionamiento de la red de telefonía móvil

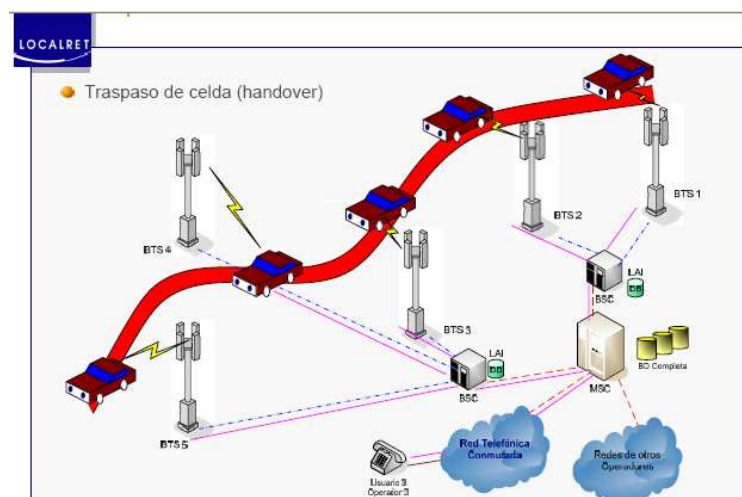


Figura 3.20. Traspaso de Celdas (handover)

La infraestructura de las redes actuales de telefonía móvil celular, han sufrido grandes variaciones, que algunos casos ha implicado inversiones costosas para poder mejorar los servicios que ofrecen al usuario, sin embargo se debe destacar que entre una generación y otra, los operadores han buscado la manera de que los equipos sean compatibles, para de esta manera hacer más fácil la tarea de migrar a otras generaciones, es así como de la tradicional GSM se ha podido llegar a UMTS con la adaptación de los equipos o en su defecto con la incorporación de nodos, switches, o routers que permitan el paso del tráfico de la una a la otra sin que el usuario final sienta ninguna alteración.

En este caso, si se pretende mejorar las falencias tecnológicas que aún sigue atravesando UMTS, con la utilización de una nueva tecnología como Wimax móvil, dentro de la red actual existirán grandes inconvenientes; en primera instancia, Wimax móvil es un estándar diseñado para trabajar en entornos todo IP, mientras que en UMTS se puede trabajar simultáneamente tanto con tráfico IP como analógico, (voz). Si bien es cierto que el foro WIMAX se encuentra trabajando en la certificación de los equipos que saldrán al mercado, aún no analizan la factibilidad de una interoperabilidad entre las tecnologías en estudio.

De acuerdo a pruebas de campo así como simulaciones realizadas por fabricantes que trabajan conjuntamente con el Grupo WIMAX, se ha presentado un esquema básico del entorno de red empleando la tecnología Wimax Móvil (estándar IEEE 802.16e-2005), la misma que se presenta en el siguiente esquema:

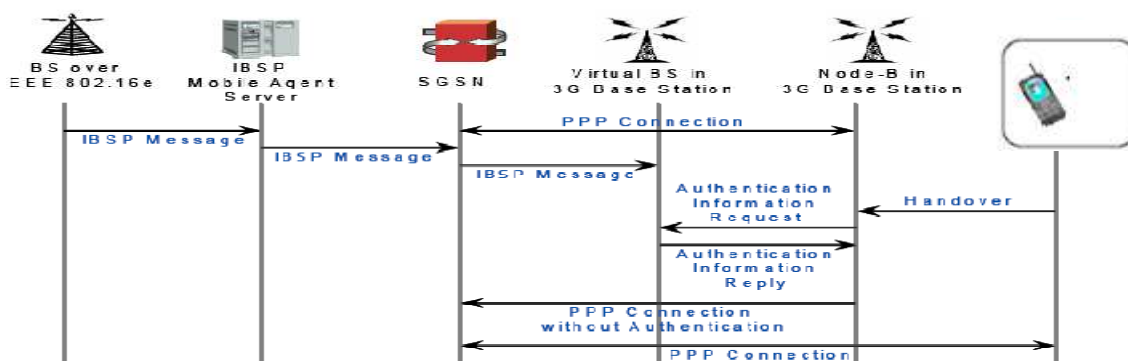


Figura 3.21. Entorno Wimax móvil

En el esquema mostrado, se puede apreciar que al diseñar un entorno de red empleando IEEE 802.16e-2005, en ningún tramo de la misma se considera elementos presentes en las actuales redes de telefonía móvil celular.

3.10. COSTO WIMAX MÓVIL FRENTE UMTS

El costo que implicaría la implementación de Wimax móvil sería menor que el de UMTS porque requeriría menor equipo de infraestructura, número de estaciones base, antenas; sin embargo el costo de despliegue en países que aún no tienen implementada ninguna de las dos tecnologías sería el mismo (obra civil); la desventaja que podría presentar Wimax móvil es en el costo de los CPEs (Customer Premises Equipment), que no podrían establecerse pues, aún no existen en el mercado equipos que estén ya certificados.

Si se trata de introducir la nueva tecnología Wimax Móvil a la infraestructura existente de UMTS, implicaría mayores costos, debido a que esta tecnología no está pensada dentro de las soluciones para mejorar o migrar a redes más avanzadas.

3.11. MARCO REGULATORIO

Para que un operador de telecomunicaciones pueda prestar sus servicios, este debe estar controlado por un Ente Regulador, quien se encargue de asignar los rangos de frecuencias para su funcionamiento y a la vez controlar y vigilar que cumplan con los requisitos establecidos por las Leyes y Reglamentos de Telecomunicaciones que rigen en cada país, y que se relacionan con lo prescrito por la Unión Internacional de Telecomunicaciones.

Pero al hablar de Wimax Móvil, todavía no existe un reglamento que regule su operación, lo cual podría convertirse en una ventaja para operadores emergentes, ya que no habría tantas trabas como las ya establecidas para la telefonía móvil celular.

Sin embargo, todas las compañías que trabajan para hacer realidad la implementación de Wimax Móvil deben comprobar que los parámetros establecidos en el documento del Wimax Forum se cumplen en el campo, así como mantener la calidad de las redes.

CAPÍTULO IV

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1. CONCLUSIONES

Una vez finalizado el trabajo de investigación, puedo concluir que:

- En la actualidad, y debido al vertiginoso desarrollo del mundo de las telecomunicaciones uno de los objetivos más predominantes en este contexto ha sido el desarrollo de sistemas que permitan y faciliten a los usuarios el acceso a la información (voz, datos, video) en cualquier lugar y en cualquier momento de manera rápida y segura. Sin desmerecer el avance significativo que han tenido las redes celulares, las mismas que actualmente cuentan con una amplia gama de servicios, sin embargo existen aún ciertos túneles o vacíos y para llenarlos es necesario buscar otras tecnologías que permitan acortar la brecha tecnológica y mejorar el servicio prestado actualmente. Gracias a la creación del estándar IEEE 802.16e-2005 se podrá en un futuro estrechar la brecha tecnológica existente entre sistemas de banda ancha fijos y sistemas móviles celulares existentes hasta el momento.
- UMTS es la tecnología que predomina en el mundo de las telecomunicaciones, pues cuenta con características y parámetros técnicos que ofrecen innumerables mejoras en la prestación de servicios de voz, datos, video, entretenimiento, además de tener la gran ventaja de ser altamente interoperables con tecnologías precedentes, característica que la ha convertido en la tecnología más difundida y desarrollada en la mayoría de países del mundo, es así que en las comunicaciones celulares se ha constituido en el estándar pionero no sólo en lo referente a costes de implementación, sino también debido a su fácil adaptación con GSM, de la segunda generación. Mientras que el estándar IEEE

802.16 e -2005, pese a ofrecer grandes beneficios y ventajas en el ámbito de las comunicaciones, es una tecnología reciente que actualmente está siendo objeto de pruebas, y aunque los resultados obtenidos son satisfactorios para los fabricantes que lo defienden, aún no se halla plenamente desarrollado en el mercado; lo cual constituye una seria desventaja en relación a UMTS.

- Los dos estándares de telecomunicaciones, tanto UMTS como IEEE 802.16e – 2005, permiten brindar soluciones para usuarios móviles exigentes, en el caso del primero es una tecnología ampliamente desarrollada y difundida, que gracias a la implementación de nuevas tecnologías han podido solucionar ciertos problemas y desventajas que en inicios de su implementación poseían, llegando, hoy por hoy a lugares inaccesibles por su geografía, pese a múltiples inconvenientes que han tenido que superar; mientras que Wimax móvil, al ser una tecnología emergente, aún no es lo bastante atractiva ante los ojos de fabricantes de equipos de telecomunicaciones, pese a que la consideran como un posible competidor de las redes 3G.
- Al realizar el análisis de interoperabilidad entre las tecnologías UMTS y Wimax Móvil, se puede concluir, que éstas dos tecnologías podrían complementarse a fin de mejorar los servicios de telecomunicaciones, en aspectos como ancho de banda, velocidad de transmisión de los datos de información, así como ofrecer movilidad a los usuarios en todo momento sin perder conexión entre ellos.

Para esto Wimax móvil presenta las condiciones necesarias para operar en ambientes de movilidad, así como podría ser una solución de última milla para tener acceso a lugares alejados de la población.

- La red UMTS, al ser una red conmutada por circuitos para el tráfico de voz, y conmutada por paquetes para aplicaciones como navegaciones en la Web, mensajes multimedia; podría pensar en una tecnología para su

red de acceso basada en Wimax Móvil, sin embargo a muchos operadores no les atrae la idea, ya que Wimax Móvil no está planteada como solución dentro de las tecnologías que estos pueden emplear para mejoramiento o escalabilidad de su infraestructura de telecomunicaciones ya regulada; y esto les ocasionaría un costo mayor para su bolsillo y por ende para el de sus abonados.

- Otro aspecto importante a considerar para la interoperabilidad entre UMTS y Wimax Móvil, es el espectro de frecuencia en el que opera cada una de estas tecnologías, por una parte para que UMTS opere se han asignado bandas de espectro de 1900, 2000, 2100 y 2200 MHz, que son bandas licenciadas; mientras que para Wimax Móvil se han asignado bandas de espectro entre 2 y 6 GHz, siendo bandas licenciadas las de 2.3; 2.5; 3.5 GHz; y al ser el espectro radioeléctrico un recurso limitado; los operadores deberían esperar hasta que se les asigne una banda de frecuencia para comenzar a desplegar redes basadas en Wimax Móvil.

Por tal razón, en países como Ecuador, sería imposible hablar de interoperabilidad entre redes de telefonía móvil celular y Wimax Móvil, primeramente porque no contamos con la infraestructura de red correspondiente a la Tercera Generación y además porque todavía no existe espectro de frecuencia para la operación de Wimax Móvil.

- Muchos de los fabricantes de equipos de telecomunicaciones, en un inicio, han visto en Wimax Móvil un posible competidor de UMTS (3G), sin embargo debido a la demora en la certificación de equipos de esta tecnología así como la falta de pruebas de campo de la misma, han reconsiderado la posibilidad de que UMTS y Wimax Móvil se complementen, ya que UMTS es una tecnología ampliamente difundida a nivel mundial que ofrece gran variedad de servicios a precios accesibles para sus abonados; y Wimax Móvil tendría que ofrecer mejores servicios y a precios más reducidos, lo cual no es muy conveniente para los operadores.

- Wimax Móvil al ser una tecnología que emplea OFDMA / S-OFDMA, proporcionará a la red mayor velocidad de transmisión e incluso es más adecuada para comunicaciones inalámbricas de Banda Ancha, ya que introduce técnicas que permiten solucionar problemas de Interferencia multicamino ocasionadas principalmente por las altas frecuencias de operación, lo cual permitiría solucionar el problema de las redes móviles celulares al prestar sus servicios a sitios que presentan obstrucciones de Línea de Vista para sus estaciones base.
- En lo que respecta a calidad de servicio QoS, las dos tecnologías tienen bien implementados los mecanismos para asegurar a sus abonados, conectividad en todo momento dentro del área de cobertura, incluso UMTS, con visión en el futuro ha separado su arquitectura de QoS en tres capas independientes, lo cual no presentará inconvenientes al momento que ésta red quiera emplear otra tecnología como medio de acceso de radio hacia los usuarios; de la misma manera Wimax Móvil emplea un mecanismo de QoS basado en el tipo de tráfico que cursará por la red, esto permitirá optimizar el rendimiento de las mismas.
- A pesar que ya ha sido ratificado el estándar IEEE 802.21 (MIH) como la opción más acertada para la interoperabilidad entre redes con diferentes tecnologías, todavía en el mercado no existe una implementación basada en este protocolo, además el objetivo con el cual se lanzó este estándar es migrar de una tecnología vertical, donde los servicios de voz, datos y video se proveen empleando diferentes plataformas de red, a una plataforma horizontal donde todos los servicios sean distribuidos en una sola red.

Este protocolo lo que pretende es que tanto las WLAN (802.11), las WMAN (802.16) y Redes móviles, proporcionen a los usuarios Roaming Global; esto es que funcionan a pesar de ya no estar dentro del área de cobertura de una de ellas.

4.2. RECOMENDACIONES.

- Para establecer más claramente los parámetros de interoperabilidad entre dos tecnologías que ofrecen servicios de telecomunicaciones similares, debería existir una red basada en Wimax Móvil, de esta manera se establecería las ventajas y desventajas de utilizar cada una de la tecnologías, por supuesto con la intervención de los abonados.
- Actualmente en el mercado de las Telecomunicaciones, simplemente se habla de pruebas de campo que Motorola, Intel o Ericsson están realizando con la tecnología emergente, luego de las cuales podrán sacar al mercado equipos y productos basados en el estándar IEEE802.16e-2005; en noticias recientes se ha publicado el próximo lanzamiento de un teléfono móvil por parte de la marca Intel, cuyos terminales estarán basados en IEEE 802.16e, esto es lo más próximo a comercializarse; aunque de redes basadas en la tecnología todavía no se ha establecido la fecha exacta de lanzamiento.

Esto podría convertirse en una desventaja frente a las ya populares redes 3G con tecnología UMTS, que ya están establecidas en varios en gran parte de países del mundo, y en donde cuentan con número significativos de abonados.

- Refiriéndonos a Ecuador, considero que sería conveniente establecer un documento con los posibles parámetros que regularán el funcionamiento de la tecnología Wimax Móvil, con lo que se podría pensar en una solución a futuro para complementar a las actuales redes celulares a fin de llegar a más zonas del Ecuador y entregar aplicaciones como Internet móvil a través de sus terminales, lo que permitiría también ofrecer servicios de datos a estos lugares antes marginados por el estancamiento tecnológico.

- Actualmente en nuestro país, las operadoras más importantes en el ámbito de las comunicaciones móviles celulares, han logrado superar las trabas tecnológicas que enfrentaban inicialmente, sin embargo tratar de implementar nuevas tecnologías a sus redes ya implementadas y desarrolladas, podría significarles un mejor mercado de competitividad, donde los usuarios serían los verdaderos beneficiarios de los nuevos servicios que estos podrían ofrecerles, es decir se dejaría de lado el hecho de pensar únicamente en los beneficios económicos que obtendrían los operadores.
- En lo que se refiere a costos de implementación de una posible red interoperable Wimax móvil y UMTS, no se logró obtener mayor información, pues aun no existen datos reales acerca de equipos con tecnología Wimax móvil, pese a que algunos fabricantes de renombre han realizado y están efectuando en la actualidad pruebas de campo con dicha tecnología.

4.3. BIBLIOGRAFÍA:

REFERENCIAS –LIBROS:

1. ING. PABLO HIDALGO, Folleto de Sistemas Digitales.
2. José Manuel Huidrobo-Ingeniero de Telecomunicaciones (UMTSforum.net © 2000-2007. Todos los derechos reservados.)
3. Kejie Lu, Yi Qian and Hsiao-Hwa Chen, “A Secure and Service-Oriented Network Control Framework for WiMAX Networks”, IEEE Communications Magazine Mayo, 2007, pp. 124-130
4. Arunabha Ghos, David R. Wolter, Jeffrey G. Andrews and Runhua Chen, “Broadband Wireless Access with WiMAX/802.16: Current Performance Benchmarks and Future Potential.”, IEEE Communications Magazine Feb, 2005, pp. 129-135.
5. Ing. Pablo Hidalgo, Folleto de Telemática, 2005
6. Ing. BERNAL Ivan, Folleto de Comunicaciones INALÁMBRICAS, 2005

REFERENCIAS – DOCUMENTOS

1. AARNIKOIVU, Samiseppo. WINTER, Juha. Mobile Broadband Wireless Access. Helsinki University of Technology, 2006.
<http://www.tml.tkk.fi/Opinnot/T-109.7510/2006/reports/MBWA.pdf>
2. BAINES, Rupert. “16d to 16e – More than Just Mobility”. picoChip flexible wireless. Noviembre 9, 2005.
<http://www.picochip.com/downloads/WiMAXworld2.pdf>
3. CITIZENS, Virginia Tech & Flarion. “Mobile Broadband at Virginia Tech: Benefits to Student Body, Faculty, Support Staff, and Public Safety”. Noviembre, 2004.
<http://whitepapers.techrepublic.com.com/whitepaper.aspx?docid=164744>
4. IEEE Computer Society and the IEEE Microwave Theory and Techniques Society. IEEE Std 802.16TM-2004, Part 16: Air Interface for Fixed and Mobile Broadband Wireless Access Systems, Amendment 2: Physical and Medium Access Control Layers for Combined Fixed and Mobile Operation in Licensed Bands and Corrigendum 1. Febrero 28, 2006.

5. Redes de acceso terrestre
<http://ocw.upm.es/ingenieria-telematica/redes-y-servicios-de-radio/contenidos/rsrd-OCW/web%2005-06/wimax1.pdf>
6. Overview of The Universal Mobile Telecommunication System (DRAFT, July 2002)
7. Reglamento Sistemas de Modulación Digital de Banda Ancha,
<http://www.conatel.gov.ec>
8. Fixed, nomadic, portable and mobile applications for 802.16-2004 and 802.16e WiMAX networks
November 2005
Por Senza Fili Consulting on behalf of the WIMAX Forum.
9. Evaluación de la Tendencia Tecnológica Actual Tanto en Redes Como en Protocolos
Por Adriana Gabriela Asanza Quezada, Estefanía Cisneros Paladines
10. Seguridad en redes WMAN y GPRS
Ing. José Pablo Esquivel CCSP,CCNP
11. UMTS, La 3^{ra} generación de móviles
José Manuel Huidobro Ingeniero de Telecomunicación
12. Introduction to mobile WiMAX Radio Access Technology: PHY and MAC, Architecture
Dr. Sassan Ahmadi
13. Redes celulares, PCS y Trunking
Ericc Sánchez Castillo
14. Banda Ancha Inalámbrica 2007: WiMAX & CO
Autores: Prof. Brian Subirana, Sistemas de Información, IESE, Alexis Vassilopoulos, colaborador de investigación, e-business Center PwC&IESE
15. Trabajo final integrador, Postgrado Ingeniería en Telecomunicaciones
Realizado por: Ing. Luis Kaen
16. Arquitectura del nodo B UMTS en un entorno multiestándar
S. Breyer, B. Haberland, E. Suzuki
17. Extended Mobile IP and support for Global Connectivity in Hybrid Networks,
Christer Åhlund

18. Las Telecomunicaciones y la Movilidad en la Sociedad de la Información, Telefonica - AHCIEET

19. New Authentication Mechanism for Vertical Handover between IEEE 802.16e and 3G Wireless Networks, Pyung-Soo Kim and Yong-Jin Kim

REFERENCIAS DE LA WEB

- www.wilac.net/tricalcar
- <http://www.spectrum.ieee.org>
- http://www.telefonica.es/sociedaddelainformacion/pdf/publicaciones/telecomunicacionesng/capitulos/09_el_acceso_radio_celular.pdf
- <http://www.umtsforum.net>
- <http://www.iab.org/liaisons/ieee/EAP/802.16eNotes.pdf>
- <http://www.ipsec-howto.org/spanish/x161.html>
- <http://ieee802.org/16/ipr/patents/policy.html>
- http://www.unitecnologica.edu.co/ieee_utb/IJET/Planeacion_redes_Wimax_2007.pdf
- http://sociedaddelainformacion.telefonica.es/documentos/articulos/B_A%20FONDO_WiMAX.pdf
- www.umtsforum.net/mostrar_TECNOLOGÍA
- <http://greco.dit.upm.es/~abgarcia/publications/2002CITA.pdf>
- http://virtual.ustamed.edu.co/ustavirtual/file.php/9/6MÓVILes2_Diseño3G.pdf
- http://www.umtsforum.net/pdf/wp_umts.pdf
- http://www.mat.ucsb.edu/~ggroup/ahmadiUCSB_slides_Dec7.pdf
- http://www.conatel.gov.ec/site_conatel/index.php?option=com_content&view=section&id=31&Itemid=453
- <http://www.umtsworld.com/technology/overview.htm>

4.4. ACRONIMOS

1xEVDO 1x	Evolution-Data Optimized,
3-DES	Triple Data Encryption Standard
3G	Third Generation
3GPP	Third Generation Partnership Project
3GPP2	Third Generation Partnership Project
AAS	Adaptive Antenna System
ACK	Acknowledgement
AES	Advanced Encryption Standard
AI	Air Interface
AK	Authorization Key
AM	Acknowledged Mode
AMC	Adaptive Modulation and Coding
AN	Access Network
AP	Access Point
ARQ	Automatic Repeat Request
AT	Access Terminal
ATI	Access Terminal Identifier
ATM	Asynchronous Transfer Mode
BCH	Broadcast Channel
BE	Best Effort
BER	Bit Error Rate
BS	Base Station
BTC	Block Turbo Codes
BWA	Broadband Wireless Access
CCM	Counter Mode Encryption
CCH	Configuration Channel (CAPÍTULO 1)
CDMA	Code Division Multiple Access
CFI	Call For Interest
C/I	Carrier-to-Interference Ratio
CID	Connection Identifier

CINR	Carrier -to-Interference-and-Noise Ratio
CNR	Carrier to Noise Ratio
CPS	Common Part Sublayer
CRC	Cyclic Redundancy Check
CS	Convergence Sublayer
CS-SAP	Convergence Sublayer- Service Access Point
CTC	Convolutional Turbo Codes
CTR	Counter Mode Encryption
DAMA	Demand Assigned Multiple Access
DFS	Dynamic Frequency Selection
DHCP	Dynamic Host Configuration Protocol
DL	Downlink
DLC	Data Link Control
DSA	Dynamic Service Addition
DSC	Dynamic Service Change
DS-CDMA	Direct Spread-Code Division Multiple Access
DSL	Digital Subscriber Line
EAP	Extensible Authentication Protocol
EC	Executive Committee
EDGE	Enhanced Data rates for GSM Evolution
ETSI	European Telecommunications Standards Institute
FDCH	Forward Data Channel
FDD	Frequency Division Duplexing
FDM	Frequency Division Multiplexing
F-DPICH	Forward Dedicated Pilot Channel
FEC	Forward Error Correction
FFR	Fractional Frequency Reuse
FFT	Fast Fourier Transform
GPRS	General Packet Radio Service
GPS	Global Positioning System
GSM	Global System for Mobile communications
HARQ	Hybrid Automatic Repeat Request
HC-SDMA	High Capacity-Spatial Division Multiple Access

H-FDD	Half Duplex Frequency Division Duplexing
HHO	Hard Handoff
HMAC	Hashed Message Authentication Code
HO	Handoff
IEEE	Institute of Electrical and Electronics Engineers
IMT-2000	International Mobile Telecommunicatio
IP	Internet Protocol
IPSec	Internet Protocol security
IPv4	Internet Protocol version 4
IPv6	Internet Protocol version 6
LOS	Line-Of-Sight
MAC	Medium Access Control
MAN	Metropolitan ÁREA Network
MAS	Multi-Antenna Signal Processing
MBRA	Multicast and Broadcast Rekeying Algorithm
MBWA	Mobile Broadband Wireless Access
MIB	Management Information Base
MIMO	Multiple Input Multiple Output
MMDS	Multichannel Multipoint Distribution Service
MS	Mobile Station
NLOS	Non-Line-Of-Sight
OFDM	Orthogonal Frequency Division Multiplexing
OFDMA	Orthogonal Frequency Division Multiple Access
PHY	Physical (Layer)
PMP	Point-to-Multipoint
PPP	Point-to-Point Protocol
QoS	Quality of Service
RA	Request Access
RACH	Random Access Channel
RAN	Radio Access Network
SA	Security Association
SDU	Service Data Unit
SIMO	Single Input Multiple Output

SINR	Signal-to-Interference-and-Noise Ratio
SLP	Signaling Link Protocol
SNR	Signal-to-Noise Ratio
SOFDMA	Scalable OFDMA
SR	Symbol Rate
SS	Suscriber Station
SSL	Secure Sockets Layer Protocol
TDD	Time Division Duplexing
TDM	Time Division Multiplexing
UDP	User Datagram Protocol
UGS	Unsolicited Grant Service
UL	Uplink
UM	Unacknowledged Mode
UWB	Ultra WideBand
VC	Virtual Channel
VCI	Virtual Channel Identifier
VLAN	Virtual Local Access Network
VoIP	Voice over Internet Protocol
VP	Virtual Path
VPN	Virtual Private Network
WAN	Wide Area Network
WCA	Wireless Communications Association International
WCDMA	Wideband Code Division Multiple Access
WG	Working Group
WiMAX	Worldwide Interoperability for Microwave Access
WLAN	Wireless Local ÁREA Network
WMAN	Wireless Metropolitan ÁREA Network
WPAN	Wireless Personal ÁREA Network
WWAN	Wireless Wide ÁREA Network

4.4. ANEXOS

ANEXO A: pruebas con Wimax móvil realizadas por Huawei

A continuación se presenta un documento en el que se detalla el punto de vista de HUAWEI:



"La solución de punta a punta Huawei WiMAX, líder en el desarrollo de Banda ancha Móvil

[3 de enero de 2009] Durante el ITU TELECOM WORLD 2006 Huawei presentó su solución de punta a punta WiMAX Móvil, que incluye la familia WiMAX BTS (Estación Base) ASN – GW (Servicio de Acceso a Red), varias terminales, sistema de administración para redes unificadas y un sinnúmero de servicios de banda ancha móviles.

Huawei es uno de los pocos fabricantes en la industria con la capacidad para ofrecer soluciones móviles WiMAX de punta a punta. La solución WiMAX Móvil de Huawei adopta tecnologías MIMO, OFDMA y comparte plataforma con las redes futuras LTE / AIE, para asegurar un mejor flujo y mejor cobertura mas así como reducir la inversión.

El diseño del WiMAX se sustenta en la plataforma UMTS/WCDMA de los BTS de Huawei, distribuidos a gran escala y desplegados para Vodafone, los cuales son muy eficaces para la instalación y despliegado de redes. Basado en la solución de punta a punta WiMAX Móvil, convergente para redes de 2G/3G, NGN/ IMS y en una excelente habilidad de programación en los campos inalámbrico e IP, Huawei construirá una red universal de banda ancha para sus clientes.

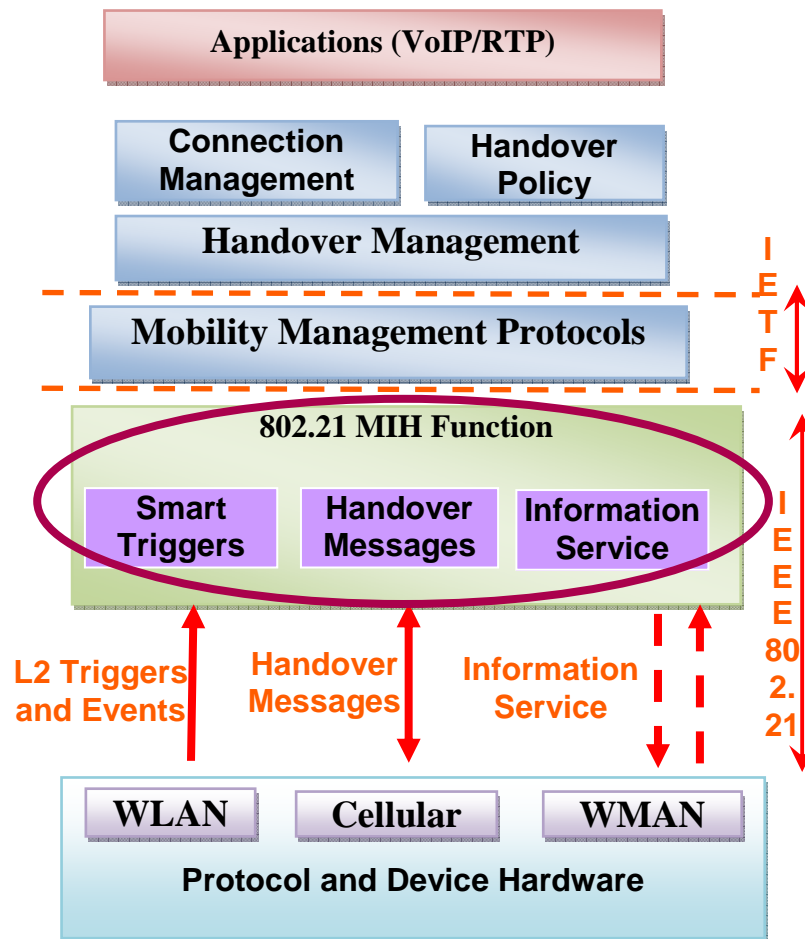
Huawei coopera activamente con otras corporaciones en el campo del WiMAX. En abril de 2005 Huawei e Intel firmaron un acuerdo que incluye la cooperación de ambos con respecto a la patente de WiMAX, intercambio de tecnología y fomento para el desarrollo de este mercado. También, desde diciembre de 2006, Huawei y OKI-Fijikura colaboran dentro del mercado WiMAX Móvil en Japón y la empresa

china ha desplegado múltiples redes WiMAX 16e para operadores en Japón y Malasia.

El Sr. Yu Chengdong, Presidente de Redes Inalámbricas de Huawei dijo: "el futuro de las redes de comunicación esta en IP con base en redes FMC (Convergencia de la plataforma de red fija con la de red móvil) y Huawei se enfoca en permitir a los usuarios disfrutar una experiencia convergente en todo momento y cualquier lugar así como desde cualquier terminal. La solución WiMAX Móvil de Huawei ayudará a los operadores a construir una red móvil de banda ancha a un bajo costo y convergente con redes 2G/3G, NGN/IMS, así como a generar un crecimiento potencial para nuestros clientes."

Anexo B

En la figura se presenta la arquitectura del protocolo IEEE 802.21, soportando varias tecnologías inalámbricas.



SOPORTE DE IEEE 802.21 PARA HANDOVER HORIZONTAL ⁶⁷

⁶⁷ 802.21 – TUTORIAL – IEEE

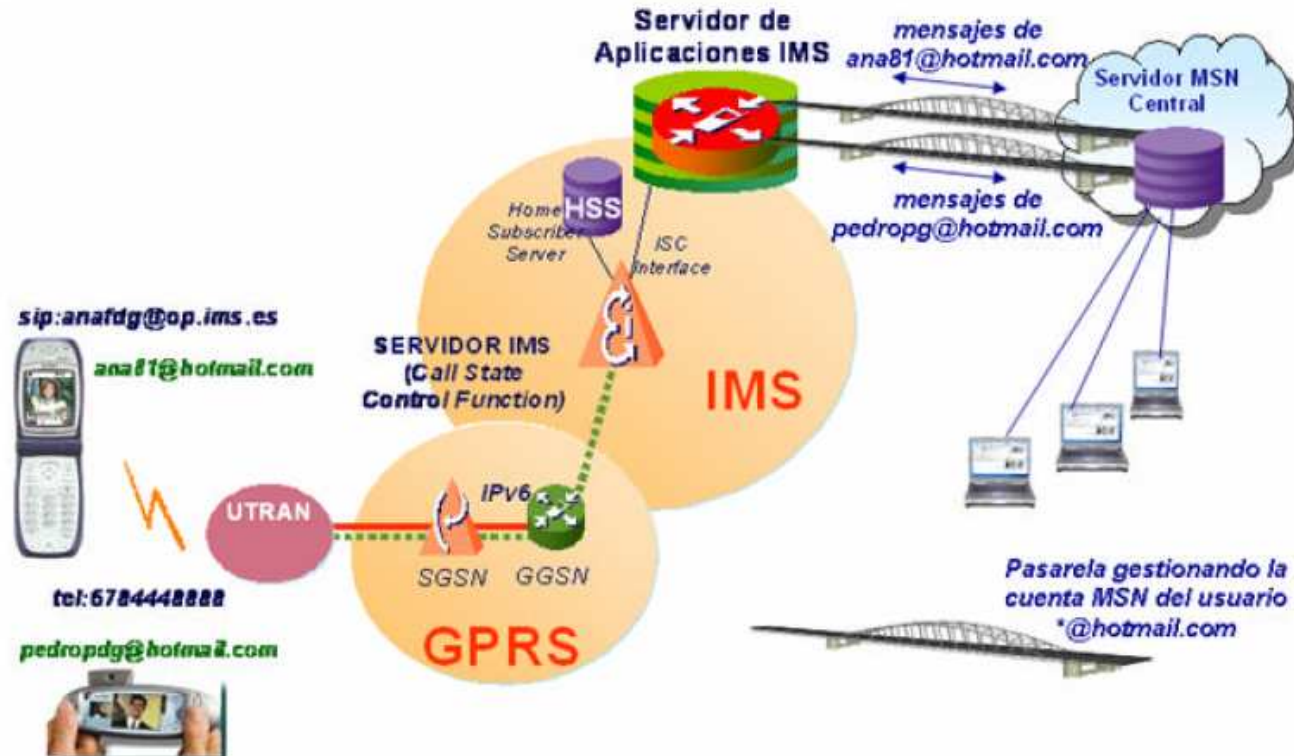
Anexo C

PARÁMETROS DE CALIDAD ACORDADOS
--

PARÁMETRO DE CALIDAD	VALOR PERMITIDO	
Porcentaje de llamadas establecidas dentro de la red	Mínimo 95%	
Tiempo de establecimiento de llamadas dentro de la propia red [segundos]	Máximo 12 seg	
Porcentaje de llamadas establecidas hacia otros operadores	Mínimo 95%	
Tasa de sms' recibidos exitosamente dentro de la propia red de la operadora	Mínimo 95 %	
Tiempo promedio de recepción de SMS [segundos]	Máx: 30 seg.	
Tasa de sms 's recibidos exitosamente en el gateway del otro operador móvil	Mínimo 95 %	
Tiempo promedio de recepción de SMS en el gateway de interconexión con el operador de destino [segundos]	Máx: 30 seg.	
Porcentaje de llamadas caídas por tipo de celda	≤ 2% para celdas Zona A	
	≤ 5% para celdas Zona B	
	≤ 7% para celdas Zona C	
Valores objetivo para cobertura en exteriores:		
Tecnología:	GSM	CDMA E_c/I_o
Urbano:	-85 dBm	-14 dB
Carreteras y zonas rurales	-98 dBm	-19 dB.

Anexo D: Modelo de posible arquitectura de Integración de Servicios de Telecomunicaciones.

Figura 7-1: Gestión escalable de la interoperabilidad de cada cliente móvil. Bidireccionalidad



Fuente: Ericsson

EQUIPOS DE WIMAX MÓVIL DISPONIBLES EN LA ACTUALIDAD

Estaciones base Packet Max PM500, PM4000, PM3000 y PM2000

Características de las estaciones base:

- Soporte cuádruple estándar: Puntos de acceso single o dual 802.11 a/b/g/n y radios duales programables vía software 802.11b/g y 802.11a.

PacketMAX 5000 - Macro Base Station Wimax fijo y móvil



La estación base PacketMAX™ 5000, fue la primera estación base certificada por el WiMAX forum. Opera en bandas de frecuencia tanto licenciadas como exentas y en ambos estándares, tanto fijo 802.162004 como móvil, 802.16e 2005, proporcionando una plataforma WiMAX versátil y escalable, capaz de ofrecer servicios, fijos, nomádicos, portables y fijos desde un sector hasta doce en un único chasis.

PacketMAX 4000 – Estación base WiMAX móvil



Con la PacketMAX 4000 Micro Base Station para WiMAX móvil, Aperto Networks presenta un producto estandar WiMAX IEEE 802.16e-2005 en un equipo físico de 2U y 19" enracable con una densidad de hasta cuatro puertos. Se trata de una solución compacta con todas las funcionalidades y técnicas avanzadas propias del estandar tales como: STC, MRC, MIMO, Matrix A y B, diversidad de antena y perfil ASN de movilidad.

PacketMAX 3000 – Estación base WiMAX fijo



Con la PacketMax 3000, Aperto, presenta toda la tecnología WiMAX, en un equipo de un solo sector de dimensiones reducidas y apilable. Es un producto ideal para entrar en la tecnología sin gran despliegue, dejando la puerta abierta a crecer en el futuro sin complejidad, encajando también como elemento para ampliar zonas de cobertura. PacketMax 3000, es un equipo completamente certificado por el WiMAX forum, siendo una solución que permite, a un coste reducido, ofrecer servicios de voz y multimedia.

PacketMAX 2000 - Pico Base Station WiMAX móvil



La PacketMAX 2000 is un producto económico enfocado bien a despliegues iniciales de WiMAX 802.16E-2005 bien para ampliación de zonas de cobertura. Se trata de un producto compacto, todo en uno, de tamaño reducido, que puede ser instalado en pequeños mástiles.

Unidades de usuario PacketMAX

PacketMAX 700 PC y PC Express Card - 802.16e



La gama PacketMAX 700 se trata de adaptadores PC y PC Express. El soporte de IP móvil, permite a cualquier usuario acceder a sus datos de forma independiente a la localización. Los beneficios de OFDMA, MIMO y la sub-canalización se utilizan por WiMAX para afrontar el reto técnico de la penetración inalámbrica en interiores de edificios con éxito proporcionando a su vez robustez adicional frente a desvanecimientos de frecuencia selectivos.

PacketMAX 600 Adaptador USB- 802.16e

PacketMAX 600 es un adaptador USB diseñado específicamente para el usuario de WiMAX móvil. Soporta el conjunto de funcionalidades de la segunda oleada Wave 2.0 de certificación, cumple por lo tanto con el estándar IEEE 802.16e-2005, permitiendo un acceso móvil, tanto para interior como en otros entornos como campus a móviles. El adaptador USB PacketMax 600 constituye una unidad de usuario de muy fácil uso, adaptable, que permite poder ofrecer servicios de valor añadido a un coste reducido.



PacketMAX 500 Pasarela de interior - 802.16e



PacketMAX 500, se trata de una unidad de cliente interior que cumple con el estándar IEEE 802.16e-2005. Proporciona una alternativa DSL totalmente interior en entornos de usuario consumer. Soporta un completo conjunto de funciones de networking. Dispone de WiFi y VoIP integrados, lo que transforma al PacketMax 500 en una solución completa en un solo equipo. PacketMax 500 puede soportar tanto el estándar fijo 802.16-2004 como el móvil 802.16e-2005 dependiendo del modelo empleado.

PacketMAX 400 Pasarela de exterior - 802.16e



PacketMAX 400, se trata de una unidad de cliente exterior que cumple con el estándar WiMAX (802.16e-2005 con OFDMA y MIMO), con los beneficios de una pasarela exterior para usuarios de servicios fijos en el ámbito empresarial. El resultado, son tasas de velocidad de descarga superiores en comparación con terminales de interior. El equipo, puede utilizar bien antena integrada o bien antenas externas para incrementar la ganancia y permitir la operativa a distancias mayores.

PacketMAX 300 Pasarela de exterior - 802.16d



PacketMAX 300, se trata de la unidad de cliente exterior que cumple con el estándar WiMAX (802.16-2004) y actualizable vía software (802.16e-2005). Permite a los proveedores de servicios, atender de forma efectiva a uno de los segmentos de mercado más demandantes de conectividad WiMAX: la pequeña y mediana empresa. El PacketMax 300, permite ofrecer todo el rango de funcionalidades requeridas por este tipo de mercado, permitiendo conectividad a alta velocidad a un elevado número de aplicaciones y usuarios.

Una única unidad de cliente, puede llegar a soportar un conjunto de 1000 usuarios conectados utilizando distintas aplicaciones de usuario y de negocio: voz, navegación web, intercambio de ficheros, video y otros muchos, siendo manejados todos ellos de forma inteligente en el enlace inalámbrico. PacketMax 300, soporta OFDM 256 FFT PHY y es certificado WiMAX Forum™.

PacketMAX 100 unidad de cliente exterior - 802.16d



El modelo PacketMAX 100 , se trata de una unidad de cliente exterior que cumple con el estandar WiMAX (802.16-2004) y actualizable vía software (802.16e-2005). Las unidades de cliente PacketMax 100, permiten a los proveedores de servicios ofrecer un conjunto de funcionalidades no existentes en muchos ámbitos,

tanto en los mercados de pequeña y mediana empresa, como en el residencial.

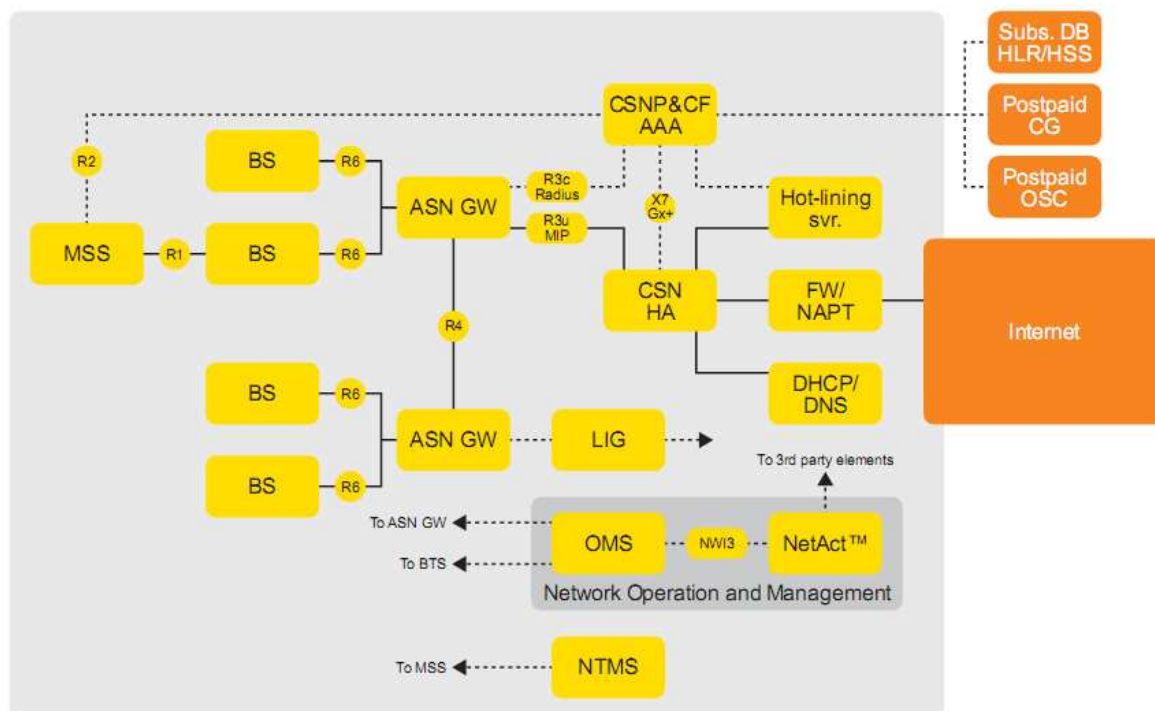
PacketMAX 20 Voice Services Gateway



PacketMAX 20 se trata de una pasarela de servicios de voz y router, capaz de extender la VoIP a teléfonos POTS externos. Ofrece funcionalidades IP avanzadas y de VoIP, siendo complemento para toda la familia de unidades de cliente de Aperto Networks. El producto se integra totalmente con el sistema de gestión EMS Pro, permitiendo el despliegue de servicios avanzados de VoIP en múltiples entornos, tanto residencial como empresarial a un coste

ajustado y de forma integrada totalmente en la solución WiMAX de Aperto Networks.

Anexo F. Arquitectura de red WiMAX para operador celular o en zona rural

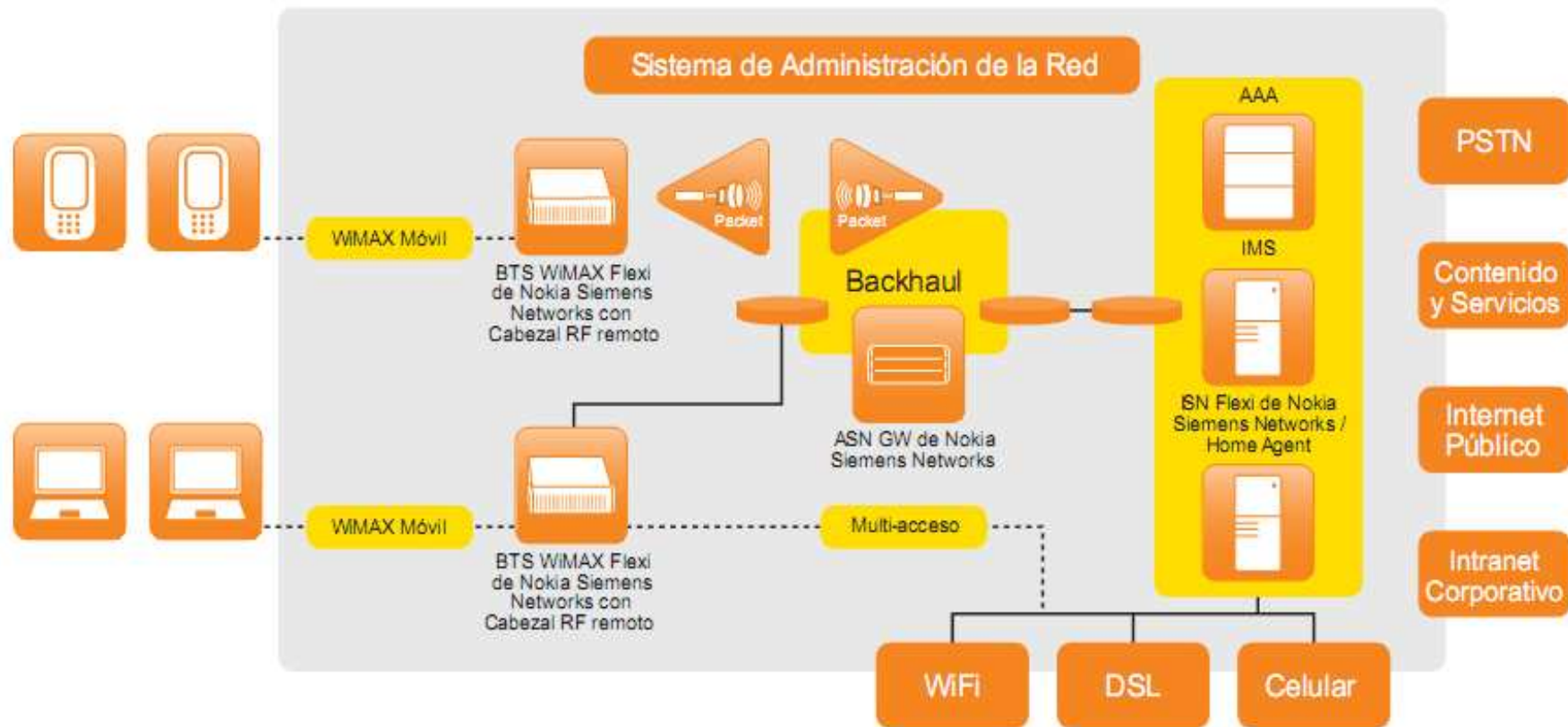


Al principio, Nokia Siemens Networks anticipa que aplicará uno de los siguientes dos escenarios de implementación a la mayoría de los operadores.

Los operadores en zonas rurales u operadores de celulares podrán implementar WiMAX para ofrecer una movilidad total. Esto se puede lograr por medio de entregas de micro-movilidad entre las estaciones base sobre la interface R6 dentro de un área de Gateway ASN (ASN GW) y entregas macro-movilidad entre áreas ASN-GW. Esta arquitectura WiMAX podrá compartir las bases de datos del suscriptor y la infraestructura de facturación con la red existente del operador que requerirá de un esfuerzo de integración de sistemas dedicados.

Fuente: Activación de WiMAX móvil Solución llave en mano disponible con Nokia Siemens Networks, Nokia Siemens Networks

Anexo G. Arquitectura del sistema WiMAX



Fuente: Activación de WiMAX móvil Solución llave en mano disponible con Nokia Siemens Networks, Nokia Siemens Networks