

REDES WIMAX

**KATTY DELGADO ROA
WILLIAM DAX ARNEDE ATENCIA**

**UNIVERSIDAD TECNOLOGICA DE BOLIVAR
FACULTAD DE INGENIERIA DE SISTEMAS
MINOR EN REDES Y TELECOMUNICACIONES
CARTAGENA DE INDIAS D. T. Y C.**

2008

REDES WIMAX

**KATTY DELGADO ROA
WILLIAM DAX ARNEDO ATENCIA**

**Trabajo de monografía presentado como requisito para optar al título de
Ingeniero de Sistemas**

**Director de Monografía
GIOVANNI VASQUEZ**

**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE BOLÍVAR
FACULTAD DE INGENIERÍA DE SISTEMAS
MINOR EN REDES Y TELECOMUNICACIONES
CARTAGENA DE INDIAS D. T. Y C.**

2008

Nota de aceptación:

Presidente del jurado

Firma de jurado

Firma de jurado

Cartagena de Indias D. T. y C., Enero de 2008

Cartagena D. T. y C. Enero de 2008

Señores

COMITÉ DE EVALUACION DE PROYECTOS

Programa de Ingeniería de Sistemas

UNIVERSIDAD TECNOLOGICA DE BOLIVAR

La ciudad

Respetados señores:

Contada atención nos dirigimos a ustedes con el fin de presentarles a su consideración, estudio y aprobación la monografía titulada REDES WIMAX como requisito parcial para optar al título de ingeniero de sistemas.

Atentamente

KATTY DELGADO ROA

WILLIAM ARNEDO

Cartagena D. T. Y C. Enero de 2008

Señores

COMITÉ DE EVALUACION DE PROYECTOS

Programa de Ingeniería de Sistemas

UNIVERSIDAD TECNOLOGICA DE BOLIVAR

La ciudad

Cordial saludo:

A través de la presente me permito entregar la monografía titulada REDES WIMAX para su estudio y evaluación la cual fue realizada por los alumnos KATTY DELGADO ROA Y WILLIAM DAX ARNEDO ATENCIA de la cual acepto ser su director.

Atentamente

GIOVANNI VASQUEZ

AUTORIZACION

Yo WILLIAM DAX ARNEDO ATENCIA, identificado con la cedula de ciudadanía numero 73.160.151 de Cartagena, Autorizo a la Universidad Tecnológica de Bolívar, para hacer uso de mi trabajo de monografía y publicarlo en el catalogo on-line de la Biblioteca.

WILLIAM DAX ARNEDO ATENCIA.

AUTORIZACION

Yo KATTY DELGADO ROA, identificado con la cedula de ciudadanía numero 32.906.517 de Cartagena, Autorizo a la Universidad Tecnológica de Bolívar, para hacer uso de mi trabajo de monografía y publicarlo en el catalogo on -line de la Biblioteca.

KATTY DELGADO ROA.

AGRADECIMIENTOS

A Dios, a mi esposa, a mis hijas y a todos aquellos que con su apoyo incondicional han contribuido con el logro de este sueño que será el inicio de una nueva etapa en mi vida.

Los sueños y las metas son el motor de nuestros actos y los deseos la energía que motiva nuestra existencia para ser cada día mejores especialmente cuando éstos nos llevan a escalar nuevas dimensiones del conocimiento.

WILLIAM DAX ARNEDO ATENCIA.

AGRADECIMIENTO

Mis agradecimientos van dirigidos a Dios, por darme sabiduría y levantarme cuando sentía caer, a mi familia por su apoyo y por creer en mí.....a todos los docentes que hicieron parte de mi formación.

.....y a quien compartió “ El fracaso no me sobrevendrá si mi determinación por alcanzar el éxito es lo suficientemente grande.

Gracias a todos.

KATTY DELGADO ROA

CONTENIDO

	Pág.
OBJETIVOS	
INTRODUCCION	1
1. INTRODUCCION DE LAS REDES INALAMBRICAS.	2
1.1 Clasificación de las Redes Inalámbricas.	3
1.1.1 Redes Inalámbricas de Consumo.	4
1.1.2 Redes Inalámbricas 802.11	4
1.1.3 Redes Personales.	6
2. WIMAX	10
2.1 Como funciona WIMAX.	12
2.2 Tipos de envío de Señal.	
2.3 Estándares WIMAX.	14
2.3.1 Estándar IEEE 802.16	14
2.3.2 Estándar IEEE 802.16 ^a	16
2.3.3 Estándar IEEE 802.16-2004	17
2.3.4 Estándar IEEE 802.16e	17
2.4 Tipos de redes WiMax.	22
2.4.1 Redes Fijo.	22
2.4.2 Redes Móviles.	22
2.5 Técnicas de modulación y propagación para WiMax.	24
2.5.1 LOS	25
2.5.2 Beneficio de NLOS	27
2.5.3 Soluciones Tecnológicas NLOS	29
2.5.4 Tecnología OFDM.	29

2.5.5	Sub – Canalización.	31
2.5.6	Antenas Direccionales.	32
2.5.7	Diversidad de Transmisión/Recepción.	33
2.5.8	Modulación Adaptativa.	34
2.5.9	Control de Potencia.	35
2.5.10	Modelos de Propagación NLOS.	35
2.5.11	Modelos NLOS.	36
2.5.12	Predicción de la probabilidad de Cobertura.	37
3.	COMPARACION ENTRE WIMAX / WIFI.	38
4.	APLICACIONES DE LA TECNOLOGIA WIMAX.	47
4.1	Redes de área metropolitana.	57
4.2	La alta velocidad del acceso de Internet de ultima milla o DSL inalámbrico.	53
4.2.1	Grandes y medianas empresas.	54
4.2.2	Pequeña y mediana empresa	55
4.2.3	Acceso de Internet de alta velocidad residencial y SoHo.	56
4.2.4	Áreas no servidas.	57
4.2.5	Banda ancha por demanda.	58
4.3	EL PROBLEMA DE BANDA ANCHA EN ZONAS RURALES	61
4.3.1	El costo del acceso de banda ancha rural.	62
4.3.2	La solución.	64
4.4	3 VS, VoIP, VPLS Y VIDEO	64
4.4.1	Volp Inalámbrico.	64
4.4.2	VPLS – Servicios privados de LAN virtual.	66
4.4.3	Videos por demanda (VoD).	67

4.4.4	Maquinas de cajeros automáticos.	67
4.4.5	Datos y voz vehicular.	68
4.4.6	Juegos en línea.	68
4.4.7	Usos en seguridad y vigilancia.	69
4.4.8	Comunicación multimedia.	71
4.4.9	Redes sensores.	71
4.4.10	Telemática y telemetría.	72
CONCLUSIONES		74
GLOSARIO		76
BIBLIOGRAFIA		80

LISTA DE TABLAS

	Pág.	
Tabla Nro. 1	Comparación de Estándares Inalámbricos	7
Tabla Nro. 2	Tipos Comunes de Redes Inalámbricas.	8
Tabla Nro. 3	Tabla de comparación entre IEEE 802.16 - 802.16^a – 802.16-2004 y 802.16e.	20
Tabla Nro. 4	Principales Características de WIMAX.	21
Tabla Nro. 5	Cuadro de las Normas de Interfaces de Radio WLAN IEEE 802.11	41
Tabla Nro. 6	Cuadro comparativo de las Tecnologías WIMAX y WIFI	42

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura Nro. 1 El mundo inalámbrico.	3
Figura Nro. 2 Funcionamiento de WIMAX	12
Figura Nro. 3 Estándares Inalámbricos.	14
Figura Nro. 4 Escenarios WIMAX.	15
Figura Nro. 5 La Perspectiva Global del Espectro en WiMAX	24
Figura Nro. 6 Zona de Fresnel LOS.	26
Figura Nro. 7 Multidireccional en el Ambiente de NLOS.	28
Figura Nro. 8 Canal Sencillo y OFDM	30
Figura Nro. 9 Recepción de Señales por Canales Sencillos y OFDM	31
Figura Nro.10 Radio de Celda Relativo para la Modulación Adaptativa	34
Figura Nro.11 WiMax - WiFi	38
Figura Nro.12 Aplicación de WIMAX.	48
Figura Nro.13 Redes de Área Metropolitana.	50
Figura Nro.14 Ultima Milla.	54
Figura Nro.15 Conectividad Empresarial	56
Figura Nro.16 VPLS – Servicios Privados de LAN Virtual.	66
Figura Nro.17 Usos en seguridad y vigilancia	69

OBJETIVOS.

Objetivo General: Comprender el funcionamiento básico de las Redes Inalámbricas de Banda Ancha WIMAX.

Objetivos Específicos:

- Comprender los conceptos básicos y el funcionamiento las redes Inalámbricas de Banda Ancha.
- Comprender la tecnología WIMAX.
- Describir los tipos y las aplicaciones de las redes WIMAX.

INTRODUCCION

WIMAX (**World Interoperability for Microwave Access**), es el nombre con el que es reconocida esta tecnología y además que es un producto que esta conforme con los estándares de acceso inalámbricos ante la IEEE 802.16. Estos estándares permiten velocidades similares al ADSL o al cable MODEM, esta tecnología será compatible con otras anteriores.

Las redes metropolitanas de acceso a Internet utilizaran la tecnología WIMAX como base para su interconexión, servirá de apoyo para facilitar las conexiones en zonas rurales, y se utiliza en el campo empresarial para implementar las comunicaciones internas.

El apoyo de grandes empresas a nivel mundial como Nokia, Alvarion, Esemble, Fujitsu, Intel, Airspan, entre otras, el permanente acompañamiento a una tecnología que esta dando de que hablar en el mundo, la tecnología WIMAX.

Para promover el estándar y para ayudar a asegurar la compatibilidad y la interoperabilidad atreves de múltiples fabricantes en el 2001, se creo el Foro WIMAX, algo parecido a lo que la Alianza WI-FI hace por la familia de estándares IEEE 802.11x.

Con este trabajo de monografía se pretende llevar a cabo una investigación que permita comprender lo referente a la tecnología WIMAX. Como podemos ver este es un excelente preámbulo para ofrecer soluciones y alternativas en el área de las telecomunicaciones, interconexiones de redes y brindar acceso a Internet de banda ancha, y es allí donde la tecnología WIMAX entra, ofreciendo todo su potencial para satisfacer, en pleno crecimiento, las necesidades de mayor demanda de ancho de banda, movilidad de un punto de acceso a grandes distancias, compatibilidad con tecnologías inalámbricas como la WI-FI, entre otras.

1. INTRODUCCION DE LAS REDES INALAMBRICAS.

En este capítulo explicaremos de forma breve las redes inalámbricas su clasificación y como se llegó a introducir el concepto de Redes WIMAX.

Las redes Inalámbricas son un sistema de comunicación de datos flexible que se incorpora como una alternativa a las redes cableadas; esta utiliza ondas de radio de alta frecuencia en lugar de cables para realizar la transmisión y recepción de datos, minimizar la utilización de cables para realizar conexiones, de esta forma las redes combinan la conectividad de datos con la movilidad del usuario.

Actualmente contamos con diferentes dispositivos donde utilizamos esta tecnología gracias a la cobertura que tengamos de Internet, un ejemplo de estos dispositivos son el móvil o celular, agendas electrónicas o palm's, reproductor multimedia, portátil entre otros; como lo podemos observar en la Figura 1 se muestran los diferentes dispositivos que hacen parte de una red inalámbrica los cuales evolucionaron gracias a la aparición de esta tecnología; donde a su vez interactúan mutuamente en el medio.

Figura No1.
El Mundo Inalámbrico



1.1 CLASIFICACION DE LAS REDES INALAMBRICAS

Las redes Inalámbricas se clasifican en:

- Redes Inalámbricas de Consumo.
- Redes Inalámbricas 802.11.
- Redes Inalámbricas Personales.

1.1.1 Redes Inalámbricas de Consumo.

Las redes que encontramos en este grupo son las que emplean la telefonía móvil alrededor de todo el mundo en sus diferentes variantes las cuales son las Redes CDMA, el cual fue el primer estándar de telefonía móvil utilizado, el cual tubo inicios en países estadounidense, luego pasamos a las redes GSM, donde este es el estándar de telefonía móvil actual el cual es usado en nuestro país y otros de América Latina y en países como Europa, Asia, este ultimo ha avanzado al estándar 3GSM y la ultima tecnología que se viene desarrollando en los países anteriormente mencionados es la tecnología EDGE la cual esta combinando voz, dato, imagen y video.

1.1.2 Redes Inalámbricas 802.11

Las redes inalámbricas se diferencian de las redes conocidas en estos momentos por el enfoque que toman de los niveles más bajos de la pila OSI, el nivel físico y el nivel de enlace, los cuales se definen por el 802.11 del Organismo de estandarización internacional, IEEE¹.

Como suele pasar siempre que un estándar aparece y los grandes fabricantes se interesan por éste, aparecen diferentes aproximaciones al mismo lo que genera una incipiente confusión.

¹ IEEE, Institute of Electrical and Electronics Engineers.

Los tres principales variantes son:

- 802.11a: Fue la primera aproximación a las Redes Inalámbricas la cual llega a alcanzar velocidades de hasta 54 Mbps² dentro de los estándares del IEEE y hasta 72 y 108 Mbps con tecnologías de desdoblamiento de la velocidad ofrecidas por diferentes fabricantes, pero que no están estandarizadas por el IEEE actualmente. Esta variante opera dentro del rango de los 5 Ghz Inicialmente se soportan hasta 64 usuarios por Punto de Acceso. Entre sus principales ventajas encontramos la velocidad, la base instalada de dispositivos de este tipo, la gratuidad de la frecuencia que usa y la ausencia de interferencias en la misma.

Sus desventajas son su incompatibilidad con los estándares 802.11b y 802.11g, la no incorporación a la misma de QoS, la cual es la posibilidad de asegurar de Calidad de Servicio, lo que en principio impediría ofrecer transmisión de voz y contenidos multimedia online, la no disponibilidad de esta frecuencia en Europa dado que esta frecuencia está reservada a la HyperLAN2 y la parcial disponibilidad de la misma en Japón.

² Mbps Millones de bits por segundo.

- 802.11b: Es la segunda aproximación de las Redes Inalámbricas, la cual alcanza una velocidad de 11 Mbps estandarizada por el IEEE y una velocidad de 22 Mbps por el desdoblamiento de la velocidad que ofrecen algunos fabricantes pero sin la estandarización actual de la IEEE. Opera dentro de la frecuencia de los 2.4 Ghz. Inicialmente se soportan hasta 32 usuarios por Punto de Acceso.

Adolece de varios de los inconvenientes que tiene el 802.11a como son la falta de QoS, además de otros problemas como la masificación de la frecuencia en la que transmite y recibe, pues en los 24 GHz funcionan teléfonos inalámbricos, teclados y ratones inalámbricos, hornos microondas, dispositivos Bluetooth, lo cual puede provocar interferencias.

Una de sus ventajas está su rápida adopción por parte de una gran comunidad de usuarios debido principalmente a unos muy bajos precios de sus dispositivos, la gratuidad de la banda que usa y su disponibilidad gratuita alrededor de todo el mundo. Está estandarizado por el IEEE.

- 802.11g: Es la tercera aproximación a las redes Inalámbricas, y se basa en la compatibilidad con los dispositivos 802.11b y en el ofrecer unas velocidades de hasta 54 Mbps A 05/03/2003 se encuentra en estado de borrador en el IEEE, se prevee que se estandarice para mediados de 2003. Funciona dentro de la frecuencia de 24 GHz

Dispone de los mismos inconvenientes que el 802.11b además de los que pueden aparecer por la aún no estandarización del mismo por parte del IEEE (puede haber incompatibilidades con dispositivos de diferentes fabricantes). Las ventajas de las que dispone son las mismas que las del 802.11b además de su mayor velocidad.

Tabla Nro. 1
Comparación Estándares Inalámbricos

COMPARACION DE ESTANDARES		
ESTÁNDAR	VELOCIDAD	TRANSMISION
802.11a	54 Mbps	5 Ghz
802.11b	11 Mbps	2.4 Ghz
802.11g	54 Mbps	2.4 Ghz

1.1.3 Redes Personales.

Encontramos en este grupo las redes que intercambian información mediante los infrarrojos, y el estándar Bluetooth; la primera es muy limitada debido al alcance, necesidad de visión sin obstáculos entre los dispositivos que están comunicando y su baja velocidad la cual tiene un máximo de 115 Kbps. Esta la encontramos en los Portátiles, Agendas Electrónicas Personales PDAs, Algunos Móviles e impresoras.

El segundo es un estándar de comunicación entre pequeños dispositivos de uso personal el cual opera dentro de la banda de los 24 GHz, un ejemplo de estos son PDAs, teléfonos celulares de nueva generación y Ordenador portátil de esta nueva generación; la principal desventaja es que su puesta en marcha se ha ido retrasando desde hace años y la aparición del mismo ha ido plagada de diferencias e incompatibilidades entre los dispositivos de comunicación de los distintos fabricantes que ha imposibilitado su rápida adopción³.

Tabla Nro. 2
Tipos Comunes de Redes Inalámbricas.

CDPD	De paquetes de datos digitales celulares
HSCSD	High Speed Circuit Switched Data
PDC - P	El paquete de datos celulares
GPRS	General Packet Radio Service
1xRTT	1 X Radio Transmisión de Tecnología
Bluetooth	
IrDA	
MMDS	Multichannel Multipoint Distribution Service
LMDS	Local Multipoint Distribution Service
WiMAX	Worldwide Interoperability para el acceso por microondas
802.11	Wi-Fi

³Clasificación de las redes.....<http://guia.mercadolibre.com.mx/clasificacion-redes-inalambricas-5264-VGP>

Mirando la tabla anterior podemos observar los diferentes tipos de tecnología Inalámbrica que fueron implementadas antes de llegar al estándar de transmisión inalámbricas WIMAX, los cambios que se dieron los podemos palpar en velocidades, alcance, evolución en el requerimiento de visiones directas con estaciones bases para poder acceder al medio, las cuales disminuían con el paso de estas. Esta tecnología se acopla mas a la anterior de ésta la cual es WI – FI, donde WIMAX mejoro en cobertura y ancho de banda; pasando de ambientes internos con una alternativa de cableado estructurado y con capacidad de línea de vista a muy pocos metros a ambientes externos y de mayores distancias, es decir dio soluciones de ultima milla para prestar un servicio optimo.

2. WIMAX.

El acceso de banda ancha inalámbrico es una tecnología flexible y una solución costo - efectiva para solucionar problemas. La regulación global del espectro de radio también anima al desarrollo de la tecnología WIMAX es hoy por hoy una de las tecnologías más populares, su objetivo es el de proveer banda ancha de alta velocidad de acceso inalámbrico para las redes de área metropolitanas inalámbricas.

WIMAX (Worldwide Interoperability for Microwave Access); Interoperabilidad Mundial para Acceso por Microondas, es el nombre comercial de un grupo de tecnologías inalámbricas que emergieron de la familia de estándares WirelessMAN (Wireless Metropolitan Area Network – Red de Área Metropolitana Inalámbrica) IEEE 802.16. Si bien el término WIMAX sólo tiene algunos años, el estándar 802.16 ha existido desde fines de la década de 1990, primero con la adopción del estándar 802.16 (10 - 66Ghz) y luego con el 802.16a (2 -11Ghz) en enero de 2003. A pesar del establecimiento del estándar 802.16a, el mercado del FWA (fixed wireless access – acceso fijo inalámbrico) nunca terminó de despegar, aunque vale la pena mencionar que durante ese período toda la industria de telecomunicaciones estuvo luchando. La potente combinación de WIMAX y los estándares CDMA los refiere como la 4 Generación (4G).

En 2001, se creó el Foro WIMAX para promover el estándar y para ayudar a asegurar la compatibilidad y la interoperabilidad a través de múltiples fabricantes, algo parecido a lo que la Alianza WiFi⁴ hace por la familia de estándares IEEE 802.11x. Una faceta clave del proceso de los estándares IEEE, que se analiza con más detalles en una sección posterior, es que está limitado a las capas Físicas y MAC (Medium Access Control –Control de Acceso Medio), pero no hace nada para garantizar la interoperabilidad, las restricciones de RF o los niveles mínimos de rendimiento. En ese aspecto, el Foro WIMAX cumple con un requisito muy necesario.

El IEEE 802.16a ha sido prácticamente olvidado ya que recientemente el foco de atención fue el IEEE 802.16-2004, que también es conocido como 802.16REVd o .16-2004. El 802.16 - 2004 es una mejora del estándar .16a que fue certificado en octubre de 2004. Por otra parte, también está el IEEE 802.16e, otra variación de WIMAX que le sigue al estándar 802.16-2004, pero que es incompatible con él. Lo único que estos dos estándares propuestos tienen en común es que emplean el mismo rango de frecuencia (sub 11Ghz).

⁴ WiFi, Wireless Fidelity, definido en el estándar IEEE 802.11

2.1 Como funciona WIMAX.

WIMAX funciona similar a WiFi pero a velocidades más elevadas, mayores distancias y para un mayor número de usuarios. WIMAX podría solventar la falta de acceso de banda ancha a las áreas suburbanas y rurales que las compañías del teléfono y cable todavía no ofrecen.

Un sistema de WIMAX tiene dos partes:

- Torres WIMAX, que dan cobertura de hasta 8.000 kilómetros cuadrados según el tipo de señal.
- Los receptores, tarjetas que conectamos a nuestro PC, portátil, PDA entre otros para tener acceso.

Figura Nro. 2
FUNCIONAMIENTO WIMAX⁵.



⁵ <http://library.thinkquest.org/04oct/01721/wireless/img/wimax-diagram.jpg>

2.2 Tipos de envío de Señal.

- ***Cuando hay objetos que se interpongan entre la antena y el receptor;*** en este caso se transmiten las ondas a bajas frecuencias (entre los 2 y los 11 Ghz) para no sufrir interferencias por la presencia de objetos. Esto hace que el ancho de banda disponible sea menor. Las antenas que oferten este servicio tendrán tan solo cobertura de 65 Km. cuadrados (como los teléfonos móviles).
- ***Cuando no existen objetos que se interpongan;*** en este caso se transmiten las ondas a muy alta frecuencia, de 66 Ghz, disponiendo de un gran ancho de banda. Las antenas que oferten este servicio tendrán una cobertura de hasta 9.300 Km. cuadrados.

Los usuarios normales, serán usuarios del primer servicio que opera a bajas frecuencias. En este servicio, aunque es peor, se va a notar diferencia con el WiFi de ahora en dos aspectos fundamentales:

- La velocidad sube ahora hasta los 70 Mbps.
- La señal llega a ser válida hasta en 50 Km. (condiciones atmosféricas favorables).⁶

⁶ Revista SiGNALS

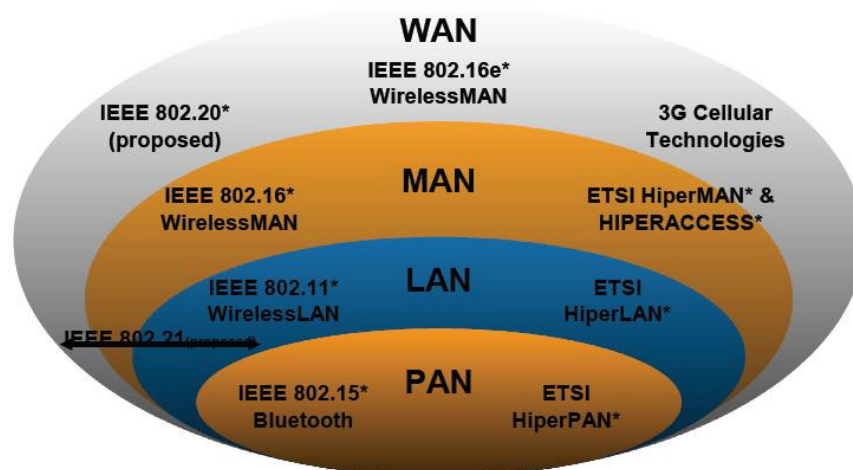
2.3 Estándares WIMAX.

El propósito del desarrollo del estándar 802.16 es para ayudar a la industria proporcionando soluciones compatibles e interoperables alrededor de múltiples segmentos de banda ancha y para facilitar la comercialización de los productos de WIMAX. Actualmente, WIMAX tiene dos variaciones principales la primera es para aplicaciones inalámbricas la cual esta cubierta por el estándar IEEE 802.16 del 2.004 y la segunda para los servicios móviles inalámbricas cubierta por el estándar IEEE 802.16e.

2.3.1 Estándar IEEE 802.16

En las siguientes secciones, introduciremos algunos de los principales estándares de la familia IEEE 802.16

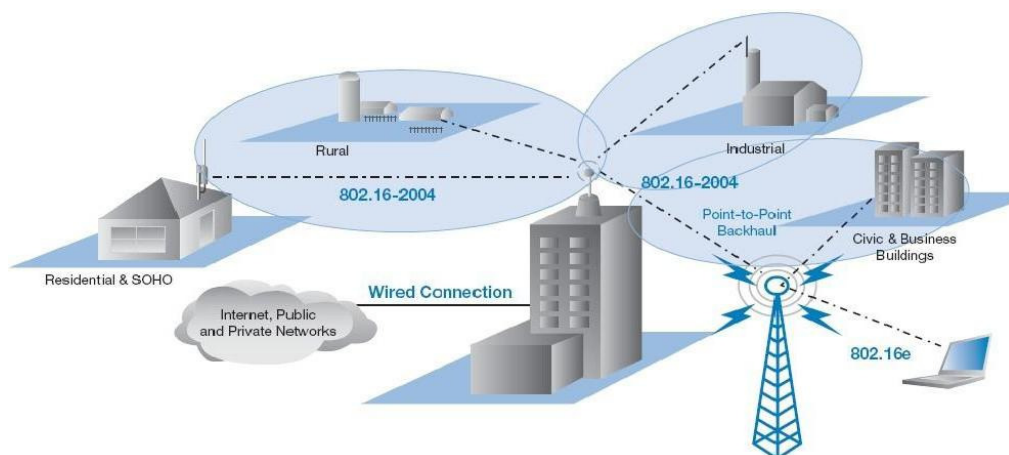
Figura Nro. 3
Estándares Inalámbricos⁷.



⁷ www.umtsforum.net/img/WIMAX2.gif

El estándar IEEE 802.16; también conocido como el sistema de interfase aérea ajustada para el acceso de banda ancha inalámbrico, es la primera versión de los estándares de la familia del 802.16 la cual publicada en abril de 2002. Esta especifica los ajustes operacionales del sistema de banda ancha inalámbrica en el espectro licenciado de 10 a 66 Ghz, el cual es bastante costoso pero que posee menos interferencia en la banda de alta frecuencia y posee más disponibilidad de ancho de banda porque las ondas de radio en ésta son muy pequeñas para penetrar en los edificios, el estándar 802.16 es usado solo para conexiones de línea de Vista (LINE – OF – SIGHT, LOS). Comparadas con las conexiones de línea que no están a la vista (NONLINE – OF – SIGHT, NLOS), las uniones LOS no son flexibles pero mas fuertes y mas estables contra los errores de transmisión. IEEE 802.16 es interoperable con cualquier otra red inalámbrica, como los sistemas de celulares y las redes de área local inalámbrica.

Figura Nro. 4
Escenarios WIMAX⁸.



⁸ <http://www.revistaesalud.com/index.php/revistaesalud/article/viewFile/71/349/1113>

2.3.2 Estándar IEEE 802.16a

IEEE 802.16^a, publicado en abril de 2000) es una versión mejorada de la 802.16. Este estándar extiende el espectro a un rango de alta frecuencia de 2 a 11 GHz, Así que se pueden utilizar ambas bandas, la licenciada y la no licenciada y permitir la transmisión NLOS.

Las transmisiones LOS no son requeridas en este caso porque la onda de radio en una banda de frecuencia entre 2 y 11 GHz pueden penetrar y reflejarse alrededor de los edificios y otros obstáculos en algunas extensiones medidas, los cuales son mas deseados en áreas urbanas. De cualquier manera, el rendimiento de los NLOS⁹ es peor que la de LOS¹⁰ debido a la atenuación cuando pasa a través de obstáculos y a la introducción de bandas libres de licencias que incrementan la interferencia. Por lo tanto, una selección de un mecanismo de frecuencia dinámica (DFS) esta especificado en 802.16 a para reducir tal interferencia. La implementación de DFS permite a los dispositivos móviles cambiar entre diferentes canales de radios de frecuencia (RF) en el fundamento de ciertos canales de criterios medidos (criterios de medida) como una señal de radio interferencia. Este estándar esta diseñado para soportar un máximo de tasa de datos de 75 Mbps en una distancia máxima a 50 Km.

⁹ NLOS, Non Line Of Sight

¹⁰ LOS, Line Of Sight

2.3.3 Estándar IEEE 802.16-2004

IEEE 802.16-2004 es una tecnología estándar de acceso inalámbrico optimizada para accesos fijos el cual fue publicado en Octubre de 2004, esta es una combinación y una mejora de la versión 802.16, 802.16^a y 802.16c, los cuales han sido reemplazados por la 802.16-2004 hoy en día, en la cual ambas frecuencias de bandas 10-66 Ghz y 2-11Ghz están especificadas y el ancho de banda puede ser de 1.25 Mhz. IEEE 802.16-2004 esta diseñado para sistemas fijos que soportan múltiples servicios.

La meta de este estándar es el de permitir el despliegue global de innovación, bajo costo, y productos de banda ancha inalámbrica interoperables; incrementar la capacidad de competencia de estos sistemas y facilitar la comercialización global de los productos de banda ancha inalámbrica. IEEE 802.16-2004 no añade ningún nuevo modelo en aquellos cubiertos por IEEE 802.16 y 802.16a.

2.3.4 Estándar IEEE 802.16e

Todos los estándares antes mencionados solo se enfocaban en los sistemas de banda ancha fijos. De tal manera, el estándar IEEE 802.16e fue publicado en febrero 2.006, su objetivo es proveer portabilidad y movilidad a los dispositivos inalámbricos, y soportar mas altos niveles de entrega, los cuales carecen en los estándares anteriores. 802.16e además incrementa el rendimiento de las redes en un ambiente fijo por medio del uso de acceso de división multiplexada de

frecuencia ortogonal (OFDMA). De tal manera, la banda de frecuencia adecuada para la movilidad debe estar por debajo de los 6 Ghz. Este no es compatible con el estándar anterior 802.16-2004 así que se requieren actualizaciones de hardware y software para poder implementarlo.

IEEE 802.16e usa el OFDMA para aumentar el rendimiento de la red. OFDMA es una versión de múltiples usuarios de la OFDM y es una forma más flexible de controlar dispositivos usuarios con varios tipos de antenas. En OFDMA, todo el espacio del canal es dividido en n grupos, donde cada uno de ellos incluye m canales, todos los canales están agrupados en m sub-canales, cada uno con un canal por grupo.

En OFDM, solo un dispositivo de usuario puede usar el canal durante un bloque de tiempo sencillo. OFDMA permite múltiples usuarios para transmitir datos simultáneamente. Un número de usuarios puede comunicarse al mismo tiempo usando un sub-canal asignado a ellos.

La codificación de señal, a modulación, y amplitud son modificados separadamente para cada sub-canal basado en las condiciones del canal para optimizar la utilización de los recursos de la red. Desde la perspectiva del usuario, la sub-canalización permite que diferentes sub-canales sean asignados a diferentes suscriptores de acuerdo a sus requerimientos y a las condiciones del canal, un cliente puede ser asignado en dos o más canales, para los proveedores

de servicios, la sub-canalización provee una flexible y eficiente solución para el control y manejo de la banda ancha y un método de poder de transmisión flexible.

Usando OFDMA, los dispositivos de usuarios fijos pueden ser soportados con la misma tasa de datos que OFDM, mientras los usuarios móviles intercambian movilidad con ancho de banda. Comparado con OFDM, OFDMA soporta un FFT mas largo de tamaño 1024 que permite mayor flexibilidad al ancho de banda asignado en los sub-canales.

Además de los cuatro estándares principales discutidos anteriormente, existen otros estándares de la familia IEEE 802.16 el cual es Estándar IEEE 802.16c; el cual fue publicado en Enero de 2.003, como una mejora de 802.16. Este estándar esta destinado a desarrollarse en perfiles de sistemas de banda ancha inalámbrica de 10 - 66 Ghz y ayuda con las especificaciones de interoperabilidad. Este ya ha sido reemplazado en la actualidad por el estándar IEEE 802.16-2004¹¹.

¹¹ Prentice Hall - Fundamentals of WIMAX.

Tabla Nro. 3

TABLA DE COMPARACIÓN ENTRE IEEE 802.16 – 802.16^a - 802.16-2004 Y 802.16E

	802.16	802.16^a	802.16-2004	802.16-16E
Rango de Frecuencia	10-66GHZ	2-11 GHZ	2-11 GHZ , 10-66 GHZ	2-6 GHZ
Condiciones del Canal	Solo Línea de SIGHT	Ninguna línea de SIGHT	Ninguna línea de SIGHT	Ninguna línea de SIGHT
Ancho de banda del Canal	20, 25 y 28 MHZ	1, 25-28 MHZ	1, 25-28 MHZ	1, 25-20 MHZ
Esquema de Modulación	QPSK, 16QAM y 64 QAM	OFDM, QPSK, 16QAM Y 64 QAM	OFDM, QPSK, 16QAM Y 64 QAM	OFDM, QPSK, 16QAM Y 64 QAM
Arquitectura de red Soportada	PTP, PMP	PTP, PMP, MESH	PT, PMP, MESH	PT, PMP, MESH
BIT RATE	32-134 Mbps	Mas de 75 Mbps	Mas de 75 Mbps	Mas de 15 Mbps
Movilidad	FIXED	FIXED	FIXED	Movilidad peatonal – Cobertura Regional, movilidad máxima soportada 125km/h
Radio Típico de Célula	1-3 millas	Rango máximo es de 30 millas sobre ancho de banda de la antena de inicio y el poder de transmisión	Rango máximo es de 30 millas sobre el ancho de banda de la antena de, la antena de inicio y el poder de transmisión	1-3 millas
Aplicaciones	Reemplaza el servicio E1 / T1 para empresas, redes retorno para puertos, acceso de banda ancha residencial, SOHO (pequeñas oficinas / casa-oficinas)	Es un alternativa del E1/T1, DSL, el cable de redes retorno para celulares, WIFI, voz IP, y conexiones de Internet	801.16 plus y aplicaciones 802.16 ^a	aplicaciones plus 802.16-2004, voz IP Fja, aplicaciones basadas en la calidad del servicio QoS, y redes empresariales

Tabla Nro. 4
Principales Características de WIMAX¹²

características	Descripción
Sin Línea de Vista (NLOS)	No necesita línea de visión entre la antena y el equipo del suscriptor
Modulación OFDM <i>(OrthogonalFrequencyDivisionMultiplexing)</i>	Permite la transmisión simultánea de múltiples señales a través de cable o aire en diversas frecuencias; usa espaciamiento ortogonal de las frecuencias para prevenir interferencias.
Antenas inteligentes	Soporta mecanismos de mejora de eficacia espectral en redes inalámbricas y diversidad de antenas
Topología punto-multipunto y de malla (mesh)	Soporta dos topologías de red, servicio de distribución multipunto y la malla para comunicación entre suscriptores.
Calidad de Servicio (QoS)	Califica la operación NLOS sin que la señal se distorsione severamente por la existencia de edificios, por las condiciones climáticas ni el movimiento vehicular.
FDM (Frequency Division Multiplexing) y TDM (Time Division Multiplexing)	Tipos de multiplexaje que soporta para propiciar la interoperabilidad con sistemas celulares (FDM) e inalámbricos (TDM).
Seguridad	Incluye medidas de privacidad y criptografía inherentes en el protocolo. El estándar 802.16 agrega autenticación de instrumentos con certificados x.509 usando DES en modo CBC (<i>CipherBlockChaining</i>).
Bandas bajo licencia	Opera en banda licenciada en 2.4 GHz y 3.5 GHz para transmisiones externas en largas distancias
Bandas libres (sin licencia)	Opera en banda libre en 5.8, 8 y 10.5 GHz (con variaciones según espectro libre de cada país)
Canalización	De 5 y 10 MHz
Codificación	Adaptiva
Modulación	Adaptiva
Ecualización	Adaptiva
Potencia de Transmisión	Controla la potencia de transmisión
Acceso al Medio	Mediante TDMA dinámico
Corrección de errores	ARQ (retransmisión inalámbrica)
Tamaño del paquete	Ajuste dinámico del tamaño del paquete
Aprovisionamiento	Aprovisionamiento dinámico de usuarios mediante DHCP y TFTP
Tasa de transmisión	Hasta 75 Mbps
Espectro de frecuencia	<ul style="list-style-type: none"> ● IEEE 802.16a entre 2-11 GHz (LOS) para comunicación entre antenas ● IEEE 802.16b entre 5-6 GHz con QoS -IEEE 802.16c entre 10-66 GHz ● IEEE 802.16e entre 2-6 GHz (NLOS) para distribución a suscriptores, móvil.
Alcance	<ul style="list-style-type: none"> ● 50 Km sin Línea de Vista -8 – 10 Km en áreas de alta densidad demográfica
Aplicaciones	Voz, video y datos
Foro WIMAX	Formado por 104 organizaciones con fabricantes de chips, de equipos y prestadores de servicios. Promueve la interoperabilidad entre diferentes marcas para soluciones de última milla.

¹² CINIT - Artículo WIMAX El Nuevo Acceso Inalámbrico a Internet.mht

2.4 Tipos de redes WIMAX.

Existen dos tipos de redes WIMAX, las cuales son Fijas y Móvil, así:

2.4.1 Redes Fijas.

El estándar del 802.16-2004 del IEEE fue diseñado para el acceso fijo. Este estándar puede ser al que se refirió como "fijo inalámbrico" porque usa una antena en la que se coloca en un lugar estratégico del suscriptor. La antena se ubica generalmente en el techo de una habitación mástil, parecido a un plato de la televisión del satélite. También se ocupa de instalaciones interiores, en cuyo caso no necesita ser tan robusto como al aire libre.

El estándar 802.16-2004 es una solución inalámbrica para acceso a Internet de banda ancha. WIMAX acceso fijo funciona desde 2.5-Ghz autorizado, 3.5-Ghz y 5.8-Ghz exento de licencia. Esta tecnología provee una alternativa inalámbrica al módem cable y a las xDSL.

2.4.2 Redes Móviles.

El estándar del 802.16e del IEEE que es una revisión para 802.16-2004 que va dirigido al mercado móvil añadiendo portabilidad y capacidad para clientes móviles con IEEE.

El estándar del 802.16e usa Acceso Múltiple por División Ortogonal de Frecuencia (OFDMA), similar a OFDM en que divide en las subportadoras múltiples. OFDMA, sin embargo, va un paso más allá agrupando subportadoras múltiples en subcanales. Una sola estación cliente del suscriptor podría usar todos los subcanales dentro del periodo de la transmisión.

El estándar 802.16-2004 del IEEE mejora la entrega de última milla en varios aspectos cruciales:

- La interferencia del multicamino.
- El retraso difundido.
- La robustez.

2.5 Técnicas de modulación y propagación para WIMAX.

Mientras algunas tecnologías disponibles actualmente para el enlaces inalámbricos fijos de banda ancha pueden solamente proveer cobertura para línea de vista (LOS), la tecnología WIMAX ha sido optimizada para proveer una excelente cobertura sin línea de vista (NLOS). Esta tecnología permite la mejor cobertura de larga distancia hasta los 50 KM en condiciones LOS y celdas de radio típicas hasta los 8 KM dentro de condiciones NLOS¹³.

Figura Nro. 5
La perspectiva global del espectro en WIMAX



3.3 – 3.8 Ghz (Licenciada) 2.3 – 2.7 Ghz (Licenciada) 5.75 - 5.85 Ghz (No Licenciada)

¹³ Información tomada de la página del ministerio de educación y ciencia.
<http://observatorio.cnice.mec.es/modules.php?op=modload&name=News&file=article&sid=349&mode=thread&order=0&thold=0&POSTNUKESID=ff4329a3a7b6108484089598133e5a9d>.

2.5.1 LOS

El canal de radio de un sistema de comunicación inalámbrica es muchas veces descrito como LOS o NLOS. En una conexión LOS, la señal viaja a través de un camino directo y sin obstrucciones desde el transmisor hasta el receptor.

En una conexión NLOS, una señal llega al receptor a través de reflexión, dispersión y difracción. Las señales que llegan al receptor están compuestas de componentes del camino directo, múltiples caminos reflectados, energía de dispersión, y propagación de caminos difractados. Estas señales tienen diferente aumento de la demora, atenuación, polarización y estabilidad relativas al camino directo.

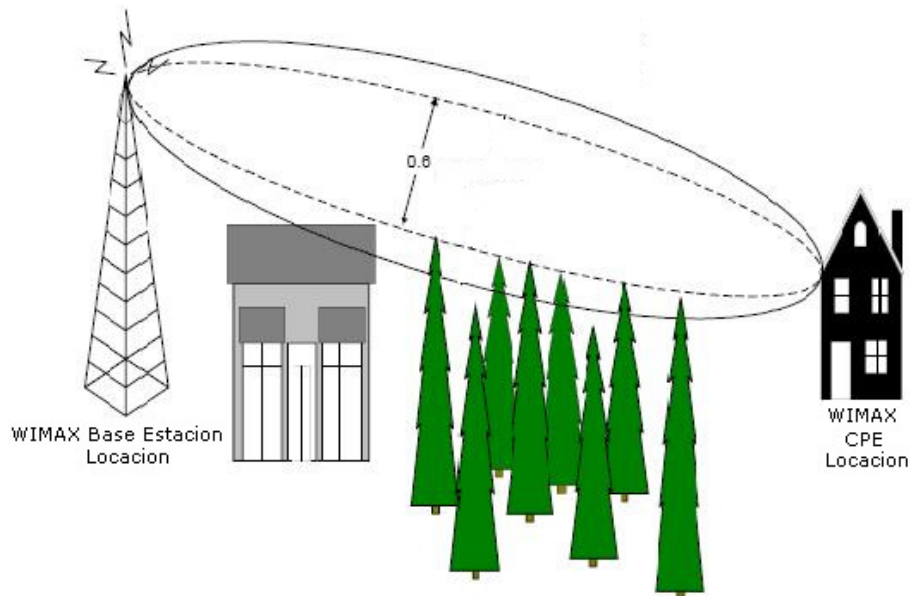
El fenómeno de múltiples caminos puede además causar que la polarización de las señales puedan ser cambiadas. Por lo tanto, El uso de la polarización en la reutilización de frecuencias, como normalmente lo hacen los desarrolladores LOS, puede ser un problema en las aplicaciones NLOS. Como un sistema de radio usa estas señales multicaminos como ventaja es la llave para proveer el servicio bajo las condiciones NLOS.

Un producto que simplemente incrementa el poder de penetración en las obstrucciones (algunas veces llamados como LOS cercanos) no es una tecnología NLOS porque este enfoque continúa dependiendo de un camino directo fuerte

usando la energía presente en las señales indirectas. Ambas condiciones de cobertura LOS y NLOS son gobernadas por las características de propagación de su ambiente, de los caminos perdidos y del presupuesto de enlace del radio.

La tecnología WIMAX puede proveer una cobertura bajo ambas condiciones LOS y NLOS. NLOS tiene muchas ventajas de implementación que permiten a los operadores entregar un ancho de banda de datos a un gran rango de clientes¹⁴.

Figura Nro. 6
Zona de Fresnel LOS¹⁵



¹⁴ The Business of WIMAX

¹⁵ WIMAX Forum

2.5.2 Beneficio de NLOS

Existen muchas ventajas que hacen a NLOS un despliegue deseable. Por ejemplo, requerimientos estrictos de planeación y restricciones en la altura de la antena, muchas veces no permiten a la antena ser posicionada para condiciones LOS. Para despliegues celular continuos a gran escala, donde la reutilización de la frecuencia es crítica, bajar la antena es ventajoso para reducir la interferencia co-canal entre sitios celulares adyacentes. Esto regularmente obliga a las estaciones bases a operar bajo condiciones NLOS, Sistemas LOS no pueden reducir la altura de sus antenas porque hacerlo podría impactar la vista directa requerida en el camino desde la CPE hasta la estación base.

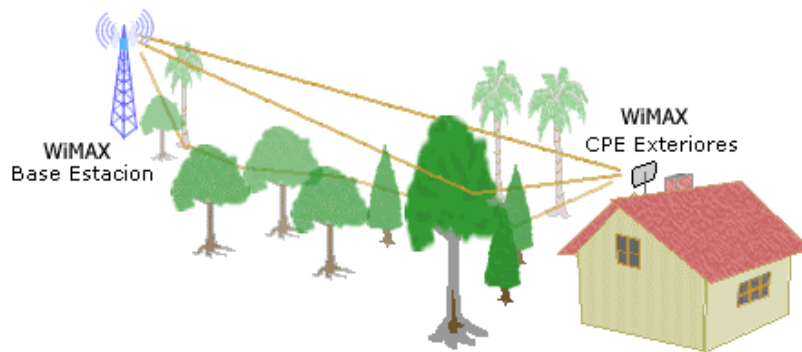
Tecnologías NLOS pueden además reducir los gastos de instalación haciendo una instalación real CPE bajo los aleros y facilitando la dificultad de adecuación de la ubicación de los montajes CPE. La tecnología además permite reducir la necesidad de pre-instalación de sitios encuestados y mejorar la exactitud de la planificación de las herramientas NLOS.

La tecnología NLOS y las grandes características en WIMAX hacen posible el uso de CPE interiores. Esto tiene dos desafíos principales: primeramente, superación de la pérdida en la penetración de los edificios y segundo, cubrir razonablemente las distancias con un mas bajo poder de transmisión y ganancia de antenas que usualmente están asociadas a CPE`s interiores. WIMAX hace esto posible, y la

cobertura NLOS puede mejorar aun más algunas de las capacidades opcionales de WIMAX.

La tecnología WIMAX tiene muchas ventajas que le permiten proveer soluciones NLOS con características esenciales así como la tecnología OFDM, modulación adaptativa y corrección de errores. Además WIMAX tiene muchas características opcionales, como son ARQ, sub-canales, diversidad y tiempo – espacio de codificación que permitirá demostrar y proveer calidad y rendimiento frente a los operadores rivales de las tecnologías inalámbricas¹⁶.

Figura Nro. 7
Multidireccional en el ambiente de NLOS¹⁷.



¹⁶ The Business of WIMAX

¹⁷ WIMAX Forum

2.5.3 Soluciones Tecnológicas NLOS.

La tecnología WIMAX soluciona o mitiga los problemas resultantes de las condiciones NLOS usando:

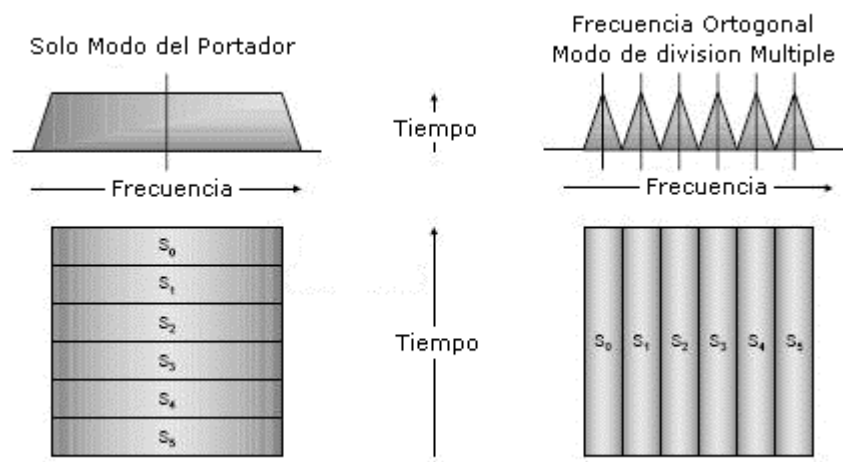
- Tecnología OFDM
- Sub – Canalización
- Antenas Direccionales
- Diversidad de Transmisión/Recepción
- Modulación Adaptativa
- Control de Potencia

2.5.4 Tecnología OFDM.

La tecnología de Multiplexación por división de frecuencia ortogonal, provee a los operadores con los medios eficientes para sobrellevar los retos de la propagación del NLOS. La forma de la onda del OFDM de WIMAX ofrece la ventaja de estar disponible para operar con las grandes propagaciones de retardo de los ambientes NLOS. En virtud del símbolo de tiempo de OFDM y el uso de prefijos cíclicos, Las formas de las ondas eliminan los problemas de interferencia del inter-símbolo (ISI) y la complejidad de la ecualización adaptativa. Debido a que la forma de la onda esta compuesta de múltiples canales ortogonales de banda estrecha, el desvanecimiento selectivo esta localizado en un subconjunto de canales que son

relativamente sencillos de ecualizar. Un ejemplo se muestra a continuación como una comparación entre una señal OFDM y una señal de un canal sencillo, con la información siendo enviada en paralelo por OFDM y en serie por un canal sencillo.

Figura Nro. 8
Canal Sencillo y OFDM¹⁸



La habilidad para superar la propagación del retardo, multi-caminos, y el ISI en una forma eficiente que permite aumentar el rendimiento de la tasa de datos. Como por ejemplo es más fácil ecualizar los canales individuales de OFDM que ecualizar las señales más amplias de los canales sencillos.

¹⁸ WIMAX Forum

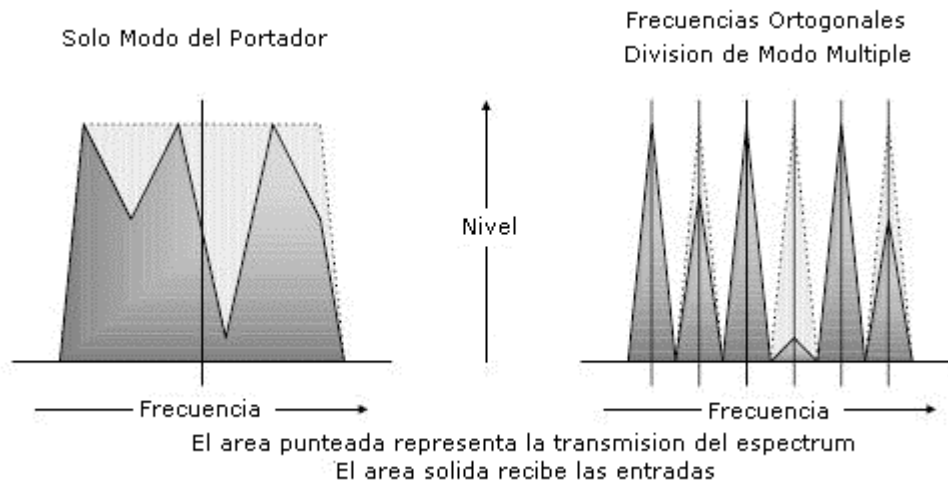


Figura Nro. 9
Recepción de Señales por canales sencillos y OFDM¹⁹

Por todas estas razones los recientes estándares internacionales como aquellos modificados por IEEE 802.16, ETSI, BRAN y ETRI han estabilizado la preferencia de escoger la tecnología OFDM.

2.7.5 Sub - Canalización.

La sub - canalización en el enlace de subida es una opción dentro de WIMAX. Sin la sub - canalización, las restricciones regulatorias y la necesidad por un costo efectivo CPEs, típicamente causan que el presupuesto de enlace sea asimétrico, esto le causa al sistema un rango limitado para los enlaces de ascenso. La sub - canalización permite que el presupuesto de enlace sea balanceado tanto que las ganancias del sistema sean similares tanto para los enlaces de subida como para

¹⁹ WIMAX Forum

los de bajada. La sub - canalización concentra el poder de transmisión en menos canales de OFDM; esto es lo que incrementa la ganancia del sistema que puede o bien ser utilizada para aumentar la llegada del sistema, superando las pérdidas producidas en las penetraciones de los edificios, y/o reducir el consumo de poder de los CPEs. El uso de la sub canalización esta mas ampliado en el acceso múltiple de división de frecuencia ortogonal (OFDMA) para permitir una mayor flexibilidad es el uso de recursos que pueden soportar las operaciones nómadas o móviles.

2.7.6 Antenas Direccionales.

Las antenas direccionales incrementan el margen de pérdida adicionando más ganancia. Esto incrementa la disponibilidad del enlace .La Propagación del retardo esta mas reducido por las antenas direccionales tanto en las estaciones base como en las CPE. El patrón de la antena suprime cualquier señal multi-caminos que llegue a la parte lateral o trasera. La efectividad de estos métodos ha sido probada y demostrada en desarrollos satisfactorios, en los cuales los servicios operan bajo un significativo desvanecimiento NLOS.

Los sistemas de antenas Adaptativas (AAS) son una parte opcional del estándar 802.16. Estos tienen propiedades que pueden dirigir su foco a una dirección o

direcciones particulares. Esto significa que mientras se esta transmitiendo, la señal puede ser limitada a una dirección requerida de el receptor, como un punto de mira. En cambio cuando están recibiendo, las AAS pueden hacer que el foco este en la dirección desde donde proviene la señal deseada. Ellas además tienen la propiedad de suprimir la interferencia de co-canales desde otros lugares. AAS son consideradas el futuro desarrollo que podría eventualmente mejorar la reutilización del espectro y la capacidad de las redes WIMAX.

2.5.7 Diversidad de Transmisión / Recepción.

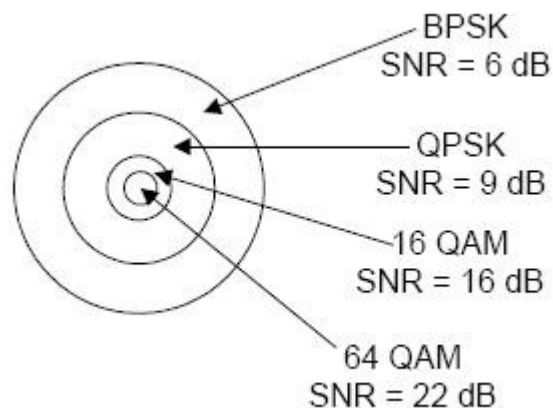
Los esquemas de diversidad son utilizados para tomar ventajas de los multi-caminos y las señales reflejadas que ocurren en las condiciones NLOS. La diversidad es una característica opcional en WIMAX. Los algoritmos de diversidad ofrecen tanto para los receptores como para los transmisores WIMAX un incremento en la disponibilidad del sistema. Las opciones de diversidad en la Transmisión de WIMAX usa codificación de espacio de tiempo para proveer recursos independientes de transmisión; esto reduce los requerimientos en el margen FADE y los combates de interferencia. Para la diversidad en la recepción se combinan varias técnicas que existen para mejorar la disponibilidad del sistema. Por ejemplo, la combinación del máximo radio (MRC) toma ventaja de dos cadenas receptoras separadas para ayudar a superar las caídas y reducir la

perdida de caminos. La diversidad ha probado ser una herramienta efectiva para tener en cuenta con lo retos de la propagación NLOS.

2.5.8 Modulación Adaptativa.

La modulación adaptativa le permite al sistema WIMAX ajustar el esquema de modulación de señal dependiendo del radio de ruido de la señal (SNR) condiciones que son del radio de enlace. Cuando el enlace del radio es de alta calidad, se utiliza un esquema de modulación más alto, para darle al sistema una mayor capacidad. Durante una caída en la señal, el sistema WIMAX puede cambiar a un esquema de modulación mas baja para mantener la calidad de la conexión y la estabilidad del enlace. Esta característica le permite al sistema superar los desvanecimientos de tiempo selectivo. La clave de la modulación adaptativa es que incrementa el rango que puede usar un esquema de modulación más alto, desde que el sistema se puede ajustar a las actuales condiciones de desvanecimiento, a diferencia de tener un esquema corregido que esta presupuestado para los casos en que se encuentren las peores condiciones.

Figura Nro. 10
Radio de celda relativo para la modulación adaptativa²⁰.



²⁰ WIMAX Forum

2.5.9 Control de Potencia.

Los algoritmos de control de potencia son usados para mejorar los rendimientos generales del sistema. Esto es implementado en la estación base que esta enviando información del control de poder a los CPEs para regular el nivel de transmisión de potencia de manera que el nivel recibido por la estación base este en un nivel predeterminado. En un cambio dinámico en el desvanecimiento del ambiente, este nivel predeterminado de rendimiento significa que la CPE solo transmite la suficiente potencia para alcanzar este requerimiento. La conversión podría darse en el nivel de transmisión de la CPE que esta basado en los casos en los que se presentan las peores condiciones. El control de poder reduce el consumo general de poder de la CPE y la interferencia potencial con otras estaciones bases que están co-ubicadas. Para las LOS la transmisión de poder de la CPE es aproximadamente proporcional a su distancia desde la estación base, para las NLOS esto también depende fuertemente de la claridad y las obstrucciones que se encuentren en el camino.

2.5.10 Modelos de Propagación NLOS.

En un canal de condiciones NLOS, la señal puede estar sometida a una difracción, polarización, cambios, y reflexiones. Estos factores afectan la resistencia de la recepción de señal. Estos no están normalmente presentes cuando el transmisor y el receptor tiene condiciones LOS.

2.5.11 Modelos NLOS.

Durante los años, varios modelos han sido desarrollados para intentar la caracterización de estos ambientes RF y permitir la predicción de las fuertes señales RF. Estos modelos, basados en mediciones empíricas que son usados para predecir la cobertura a gran escala para los radios de los sistemas de comunicación en aplicaciones celulares. Estos modelos proveen una pérdida de camino estimada considerando la distancia entre el transmisor y el receptor, factores del terreno, alturas de las antenas transmisoras y receptoras y las frecuencias celulares. Desafortunadamente ninguno de estas direcciones enfoca la necesidad de ancho de banda inalámbrica corregida adecuada.

El AT&T inalámbrico recoge extensos campos de datos desde muchas áreas por todo los Estados Unidos para mas precisión al evaluar los ambientes de conexión inalámbricas corregidas RF. Los modelos inalámbricos AT&T desarrollados desde los datos recolectados han sido validados contra los sistemas desarrollados como inalámbricos corregidos y ha arrojado resultados comparables. Este modelo esta basado en el modelo aceptado de la industria y esta siendo usado por los cuerpos de los estándares como lo son IEEE 802.16. La adopción IEEE del modelo inalámbrico AT&T esta referenciado como IEEE 802.16.3c-01/29r4, "Modelo de

canales para aplicaciones inalámbricas fijas y puede ser encontrado en el sitio Web de la IEEE.

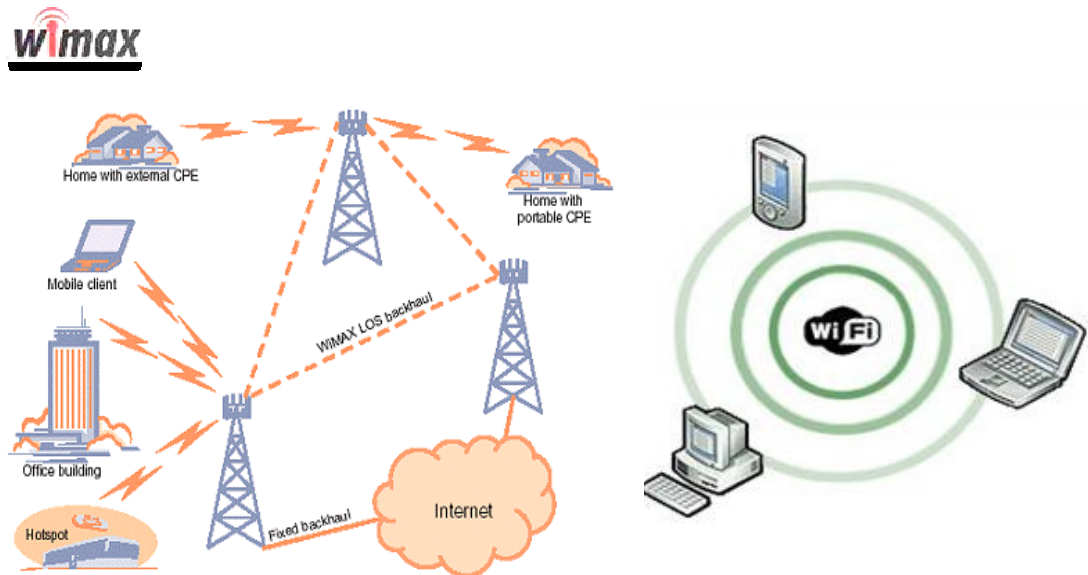
2.5.12 Predicción de la probabilidad de Cobertura.

En condiciones LOS, el rango de cobertura depende de la obtención del radio de la línea de visión por garantizar claridad de la zona. En condiciones NLOS, existe un concepto de disponibilidad de cobertura, la cual esta expresada en porcentajes, y representa la probabilidad estadística de los clientes potenciales, bajo una predicción de cobertura que puede ser instalada. Por ejemplo un 90% de probabilidad de cobertura significa que un 90% de los clientes potenciales bajo un área de cobertura predicha, tendrá la suficiente calidad de señal para una instalación satisfactoria. La estandarización del enlace aéreo de WIMAX permitirá a las herramientas para los planos RF de las ventas y así desarrollar aplicaciones específicas para las predicciones sobre el tiempo de NLOS. En otras palabras, si hay 100 clientes potenciales que muestran un “verde” en una mapa de cobertura predicha de NLOS, entonces 90 de esos pueden ser instalados incluso si existen obstrucciones entre la estación base y la CPE. El plano RF y la predicción de cobertura requieren estar estrechamente integrado con las tecnologías NLOS para permitir una previa detección de aquellos clientes que pueden ser instalados²¹.

²¹ WIMAXNLOS general-versionaug04

3. COMPARACION WIMAX / WIFI.

Figura Nro. 11
WIMAX – WiFi



Las diferencias entre estas dos tecnologías inalámbricas se basan fundamentalmente en que fueron diseñadas para trabajar con aplicaciones diferentes. Por un lado tenemos que WI-Fi es una tecnología de red local que ha sido diseñada para crear una movilidad a las redes cableadas LAN, mientras que el WIMAX ha sido creado para proporcionar servicio de acceso de banda ancha al área metropolitana.

La idea fundamental del BWA es proveer servicios de acceso de Internet inalámbrico a localidades físicas compitiendo de esta manera con el actual Modem y el xDSL. Por lo tanto mientras Wi-Fi ha sido creado para trabajar en oficinas o

zonas pequeñas, mientras que WIMAX ofrece grandes tasas de transferencia a distancias relativamente grandes con relación a una estación base, algo que no puede proveer Wi-Fi, el cual es un sistema que posee limitaciones como lo son un radio de cobertura limitado a unos pocos cientos de metros y sin demasiadas barreras físicas.

WIMAX o "Interoperabilidad mundial de acceso de microondas" (Worldwide Interoperability for Microwave Access) es el nombre con el que se conoce la norma 802.16a, un estándar inalámbrico aprobado en el WIMAX Forum, formado por un grupo de 67 compañías, que ofrece un mayor ancho de banda y alcance que la familia de estándares WiFi, compuesta por el 802.11a, 802.11b y 802.11g.

Por lo tanto, La diferencia más notable entre estas dos tecnologías inalámbricas (WiFi y WIMAX) son su alcance y ancho de banda.

WIMAX ofrece tasas de transferencia de 70Mbit/s y una cobertura a distancias de entre 40-70 kilómetros de una estación base. Por otro lado WiFi ofrece una tasa de transferencia de 11Mbit/s y una cobertura a distancias de 300 metros.

WIMAX funciona mediante señales de radio al igual que WiFi, pero a diferencia de ésta, cuya señal comienza a degradarse cuando trabajan más de 20 personas a la vez, soporta varios cientos de usuarios por canal, con un gran ancho de banda. Es adecuada para ofrecer múltiples servicios de calidad (voz sobre IP, datos, vídeo, etc.) de forma simultánea.

También podría suponer una alternativa a las redes de telefonía móvil celular. Una vez conectados los PDA, móviles y computadoras portátiles a Internet a través de esta tecnología el usuario podría hacer llamadas de telefonía IP y enviar mensajes usando la misma conexión a Internet sin tener que pagar.

Cabe resaltar que en principio WIMAX no compete con WiFi, pues permitirá conectar los puntos de acceso (*hotspots*) de WiFi entre sí. De la misma forma, puede desarrollarse en paralelo a los accesos por banda ancha ofrecidos por las redes de cable y ADSL. Sin embargo, si se convierte en un estándar de uso generalizado y se despliega de forma masiva, podría reemplazar a otros tipos de conexión, e incluso amenazar a la telefonía móvil de tercera generación. La firma de investigación TelecomView destaca en un estudio las buenas opciones de WIMAX para acaparar buena parte de la cuota de mercado del UMTS y el ADSL, tecnologías que en algunos casos puede complementar pero en otros sustituir.

Mientras que todas las implementaciones Wi-Fi usan bandas de frecuencia no licenciadas, WIMAX puede operar bajo el espectro licenciado o no licenciado. Dentro del rango de 2 – 11 Ghz correspondiente a 802.11 a. A continuación tenemos un cuadro comparativo de las normas de Interfaces de Radio WLAN IEEE 802.11

Tabla Nro. 5
Cuadro de las Normas de Interfaces de Radio WLAN IEEE 802.11

Estándar	802.11	802.11 ^a	802.11b	802.11g
Velocidad Máxima de Datos	2 Mbps	54 Mbps	11Mbps	54Mbps
Velocidad de Retorno	1 Mbps	48 Mbps 36 Mbps 24 Mbps 18 Mbps 12 Mbps 9 Mbps 6 Mbps	5.5 Mbps 2 Mbps 1 Mbps	48 Mbps 36 Mbps 24 Mbps 18 Mbps 12 Mbps 9 Mbps 6 Mbps
Bandas de Frecuencia	2.4 Ghz	5 Ghz	2.4 Ghz	2.4 Ghz
Tecnología de Radio	FHSS o DSSS	OFDM	DSSS	OFDM
Canales Provistos	3	12	3	3

Tabla Nro. 6
Cuadro comparativo de las Tecnologías WIMAX y WIFI

Tecnología	WIMAX – 802.16 a	WIFI – 802.11 a/g
Banda de Frecuencia	Licenciada y No Licenciada 2 – 11 Ghz	2.4 Ghz ISM (g) 5 Ghz U-NII (a)
Aplicación	Acceso Inalámbrico de Banda Ancha	LAN Inalámbrico
Ancho de Banda Canal	Ajustable 1.25M a 20Mhz	20 MHz
Tecnología de Radio	OFDM 256 canales	OFDM 64 canales
Half / Full Duplex	Full	Half
Modulación	BPSK, QPSK, 16 – 64 256 QAM	BPSK, QPSK, 16-64 QAM
FEC	Código Convolutacional Reed Solomon	Código Convolutacional
Eficiencia BW	<= 5bps/hz	<= 2.7bps/hz
Encriptado	Obligatoria 3DES opcional – AES	Opcional RC4 (AES en 802.11i)
Protocolo de Acceso	Requerido / Garantizado	CSMA / CA
• Mejor Esfuerzo	Si	
• Retardo Consistente	Si	802.11e WSM
• Prioridad de Datos	Si	802.11e WME
Mesh	Si	Propietario Fabricante
Movilidad	WIMAX móvil (802.11e)	En Desarrollo

La pregunta más frecuente con respecto a WIMAX, es la diferencia entre esta nueva norma y la norma de Wi-Fi, que todos conocemos. La respuesta se encuentra en la definición de cada aplicación. WIMAX fue diseñado para redes metropolitanas (MAN), también conocido como “Última Milla”; mientras que Wi-Fi fue diseñada para redes locales (LAN), también conocido como “Distribución en Sitio”.

La primera norma inalámbrica (802.11) fue desarrollada durante los años 1995-1998 como una alternativa al cableado estructurado de redes LAN (CAT-5). Esta norma fue diseñada para ofrecer “conexión Ethernet inalámbrica”. Mas adelante, la certificación Wi-Fi fue elaborada para ofrecer una garantía de interoperabilidad entre productos 802.11 de diferentes fabricantes. Para entender mejor las aplicaciones para la cuales Wi-Fi fue diseñado, hay que imaginar una red Ethernet dentro de una oficina durante los años noventas. No se usaba las redes Ethernet para voz o video, no había seguridad entre PCs en la misma red, no existía un concepto de redes divididas por división en la empresa (VLAN), y las aplicaciones que se usaban eran mucho más sencillas. Recuerden también que el requerimiento era una red dentro de una oficina. Wi-Fi fue diseñado para ambientes inalámbricos internos y las capacidades sin línea de vista (NLOS) son posibles únicamente para unos pocos metros.

A pesar de este diseño y de todas las limitaciones, había muchos proveedores de Internet (ISP) que implementaban radios Wi-Fi para servicio de Última Milla. Debido al diseño de Wi-Fi, los servicios en estas redes eran bastante limitados.

En los últimos años hemos visto mucho desarrollo en Wi-Fi y Ethernet para adaptarse a los cambios en las redes de datos. Esto incluye mejor seguridad (encriptación), redes virtuales (VLAN), y soporte básico para servicios e voz QoS). En conclusión, Wi-Fi fue diseñado para redes locales (LAN) para distancias cortas dentro de una oficina.

WIMAX está basado en la norma 802.16. Esta norma fue diseñada específicamente como una solución de Última Milla, y enfocada en los requerimientos para prestar servicio a nivel comercial. WIMAX puede entregar todos los niveles de servicio y tipos de servicio necesarios para un Carrier. Para empezar, su diseño contempla la necesidad de varios protocolos de servicio.

Una conexión WIMAX soporta servicios empaquetados como IP y voz sobre IP (VoIP), como también servicios conmutados (TDM), E1/T1 y voz tradicional (clase-5); también soporta interconexiones de ATM y Frame Relay.

WIMAX facilita varios niveles de servicio (MIR/ CIR) para poder dar diferentes velocidades de datos dependiendo del contrato con el suscriptor. Un radio WIMAX

tiene la capacidad de entregar varios canales de servicio desde la misma conexión física.

Esto permite que múltiples suscriptores estén conectados al mismo radio (CPE); cada uno con una conexión privada con el protocolo y nivel de servicio que éste requiera. Esta solución garantiza tener múltiples suscriptores que se encuentran en un mismo edificio (MDU).

Adicionalmente a los servicios que WIMAX puede ofrecer, la tecnología de transmisión OFDM es una solución robusta para operar en condiciones donde no hay línea de vista (N-LOS) a distancias de varios kilómetros. Esto es un requerimiento obligatorio para un caso de negocios de servicio inalámbrico en la Última Milla.

WIMAX y Wi-Fi son soluciones complementarias para dos aplicaciones bastante diferentes. Wi-Fi fue diseñado para el uso privado en una oficina cerrada para una red Ethernet. WIMAX fue diseñado para que un Carrier lo use en la Última Milla para dar servicios a suscriptores con requerimientos distintos, y tarifas distintas. En el futuro es posible que WIMAX crezca hasta soportar aplicaciones que hoy en día no son soportadas, como movilidad y PCs personales (PDA). Pero estos son visiones del futuro.

La promesa de WIMAX hoy día, es la de un radio estandarizado, de bajo costo que entrega servicios de categoría Carrier y que funciona bien en la Última Milla donde no hay línea de vista²².

²² **Tele-semana** su boletín semanal de telecomunicaciones. **WIMAX Forum**

4. APLICACIONES DE LA TECNOLOGIA WIMAX.

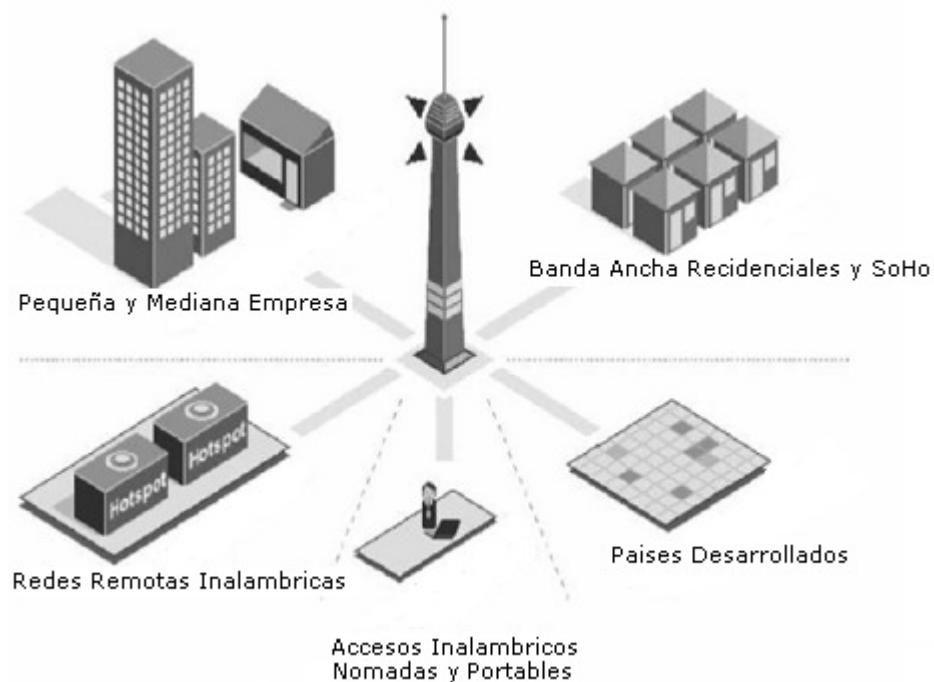
El estándar 802.16 ayudara a la industria a proveer soluciones a través de segmentos de múltiples anchos de banda. WIMAX fue desarrollado para convertirse en la tecnología de acceso de última milla comparada con DSL, cable, y las tecnologías T1. Es una tecnología que rápidamente ha crecido, y es la más viable para las redes de retorno que rápidamente incrementa los volúmenes de tráfico que son generados por la zona de cobertura de Wi-Fi.

WIMAX es una tecnología MAN que se puede ubicar entre las LAN inalámbricas como son las 802.11, y las redes de grandes áreas inalámbricas WAN, así como también en las redes celulares. El ancho de banda generalmente disminuye e incrementa el rango a través de estas clases de redes. Los proponentes creen que WIMAX puede servir en aplicaciones como los sistemas de Redes de Retorno Celular, en los cuales domina la tecnología microondas, El sistema de redes de retorno para la zona de cobertura WI-Fi y mas propiamente a los servicios de banda ancha como residencial o de negocios.

WIMAX esta mandado a la cuenta para soportar muchos tipos de conexiones de banda ancha inalámbrica incluyendo pero no limitada a las siguientes: Banda Ancha Alta MAN, Redes de Retorno Celular, Redes de Retorno de de cobertura WI-FI, Banda Ancha de Ultima Milla, reemplazos de teléfonos celulares, y otras aplicaciones como lo son las cajeros automáticos, datos vehiculares y voz,

aplicaciones de seguridad y VoIP inalámbrica. Hoy, Cualquiera los métodos propietarios del acceso de banda ancha, están disponibles, aunque el uso de estas aplicaciones son costosas.

Figura Nro. 12
Aplicación de WIMAX²³.



WIMAX fue desarrollado para proveer bajo-costos, alta-calidad, flexibilidad, uso banda ancha inalámbrica certificado, compatibilidad e interoperabilidad de equipos de múltiples fabricantes. Como WIMAX está basado en los sistemas de pruebas de interoperabilidad, estos fueron construidos usando el Estándar IEEE 802.16,

²³ http://homedir-c.libsyn.com/podcasts/f3dc99cc901ea511d533d44f60c8a9f5/47ab0dba/technoticias/images/wifi_wimax.jpg

reducirá los costos. WIMAX esta bien ubicado para direccionar los retos asociados con el desarrollo de los tipos tradicionales de acceso por medio de cables, como son:

1. Cobertura de acceso a grandes áreas, cubriendo una gran área (también conocidas como las zonas calientes) alrededor de la estación base y proveyendo acceso a los clientes usando topologías punto a multipunto.
2. Acceso de Ultima Milla, conectando suscriptores residenciales o comerciales a la estación base usando topología punto a multipunto.
3. Redes Remotas, conectando sitios suscritos y agregados entre ellos y las estaciones bases cruzando grandes distancias usando topología punto a punto.

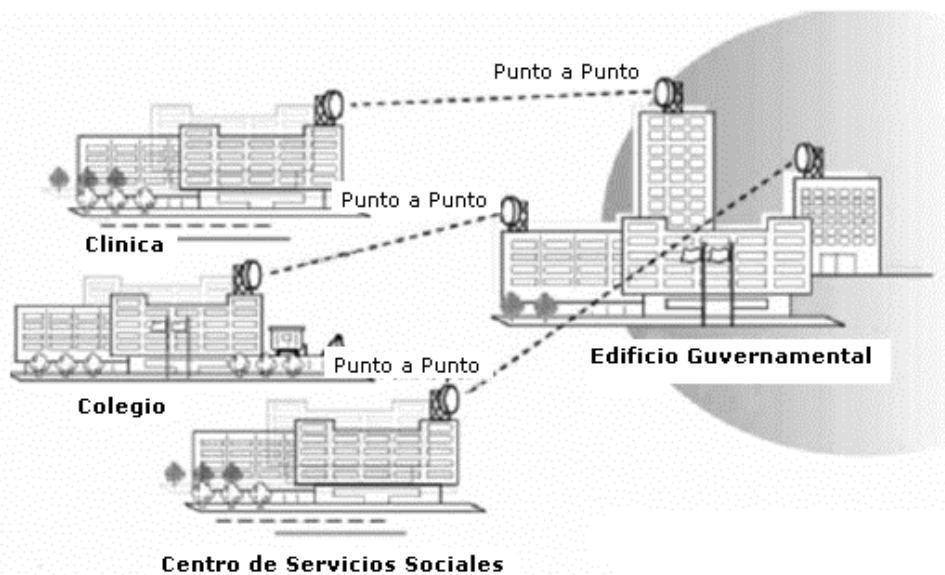
Permítanos entender estos usos y como WIMAX provee obliga a casos de negocios para cada uno de ellos.

4.1. REDES DE AREA METROPOLITANA

Lo que hace a WIMAX tan atractivo es su potencial de proveer acceso de banda ancha inalámbrico, para secciones enteras de áreas metropolitanas tan bien como

a las pequeñas y locales remotos a través del mundo. Personas que no pueden soportar banda ancha podrán ahora estar en la posibilidad de conseguirlo, y en lugares donde anteriormente se creía imposible, ya que WIMAX permite la cobertura de una gran área muy rápidamente.

Figura Nro. 13
Redes de Área Metropolitana²⁴.



Hoy, las MAN están siendo implementadas por una amplia variedad de técnicas de innovación como los son los cables de fibra funcionando a través de los túneles subterráneos o usando otras líneas de poder de banda ancha. En respuesta a estas nuevas técnicas, ha venido creciendo un interés por el desarrollo de tecnologías inalámbricas que den los mismos resultados que las tradicionales

²⁴ The.Business.of.WiMAX.pdf

MAN sin la dificultad de suplir los medios físicos actuales de transmisión, como son los cables de cobre o las líneas de Fibras.

Indudablemente, MAN inalámbricas están emergiendo como una solución viable de acceso de banda ancha. Las MAN están intentando proveer un área del tamaño aproximado de una gran ciudad; Las MAN sirven como redes intermediarias entre las LAN y las WAN. Las WMAN consisten en una instalación inalámbrica ajustada que interconecta locaciones que se encuentran en regiones geográficamente grandes.

Desafíos, retos, soluciones de metro-acceso inalámbrico son continuamente buscados debido a que ellos son mas rentables y flexibles que su contraparte inalámbrica.

- WISP puede ofrecer servicios de banda ancha a áreas geográficamente difíciles (como los pueblos rurales).
- Gobiernos locales pueden proveer acceso gratis para negocios o servicios de emergencia (como la policía y los bomberos).
- Instituciones de Educación pueden ensancharse aprendiendo a través de la colaboración en línea entre estudiantes y las facultades dentro y fuera de la institución.

Los proveedores de servicio de Internet inalámbrico WISP han estado esforzados para las tecnologías inalámbricas que pueden hacer posible un acceso inalámbrico grande. Acceder a áreas que son muy remotas, muy difíciles o muy costosas de alcanzar con las tradicionales infraestructuras cableadas (como la fibra) requiere de nuevas tecnologías. Los tres tipos de desarrollo claves que mejoran el acceso inalámbrico metro son las redes remotas, ultima – milla, y cobertura de grandes áreas.

El acceso de banda ancha inalámbrico proporciona mayor capacidad a un menor costo en comparación con el DSL o las redes extendidas por medio de fibra óptica y soportando la multimedia y rápidas aplicaciones de Internet en la empresa o la casa, pero esto ha estado retrasado por la carencia de un estándar, de modo que esta solución ha estado basada en el propietario, y los esfuerzos del vendedor. La estandarización por medio de la especificación IEEE 802.16 aumenta el potencial de:

- Hacer los sistemas inalámbricos la clave de la plataforma del futuro proporcionando un mayor valor que la banda ancha con cables.
- Aumentar el rango de WiFi de manera que el sueño de ubicar los sistemas inalámbricos se haga realidad y proporcione una alternativa o complemento a 3G.

- Proporcionar una infraestructura de comunicación económica y viable para el desarrollo de las ciudades y de las regiones que son punto negro en la tecnología móvil en el desarrollo de las naciones.

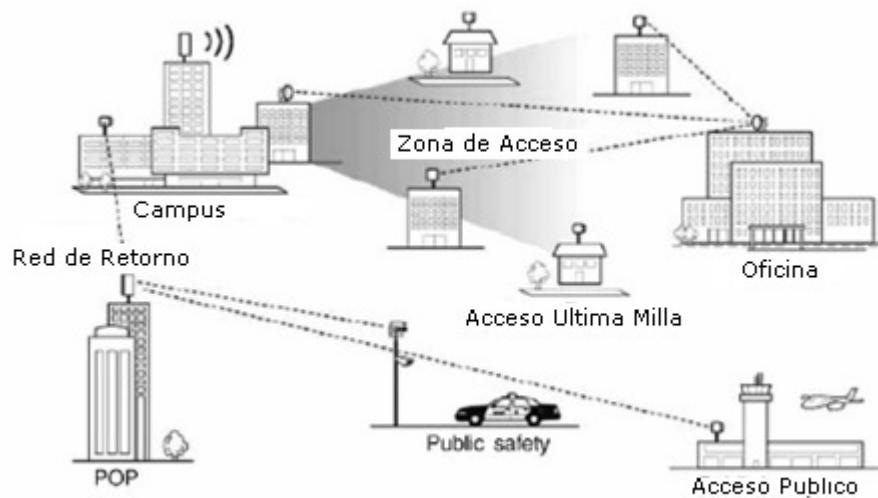
IEEE 802.16 esta basado en las direcciones de redes de la infraestructura de comunicación de la última milla entre un proveedor de servicios de presencia (POP) y la ubicación de un cliente comercial o residencial. Hoy en día, en las áreas residenciales, de última milla, también son conocidas como redes de acceso o lazos locales, consiste predominantemente en opciones de línea cableada – cables de teléfono de cobre o cables de televisión coaxial. En áreas metropolitanas, donde hay una alta concentración de clientes comerciales, las redes de acceso cableadas hoy a menudo incluyen alta capacidad en timbres SONET, óptico T3 (45 Mbps) y cables de cobre basados en T1 (1.5 Mbps).

4.2. LA ALTA VELOCIDAD DEL ACCESO DE INTERNET DE ÚLTIMA MILLA O DSL INALÁMBRICO.

Operadores DSL, quienes inicialmente enfocan su desarrollo en la densidad de la población urbana y áreas metropolitanas, están ahora haciendo frente a los retos para proporcionar servicios de banda ancha en áreas sub urbanas y rurales donde nuevos mercados están rápidamente tomando raíces. Los gobiernos están priorizando la banda ancha como un objetivo político clave para que todos los

ciudadanos superen la “GAP de banda ancha” también conocido como la “División digital”.

**Figura No14.
Ultima Milla²⁵.**



4.2.1 GRANDES Y MEDIANAS EMPRESAS

La conexión de Internet banda ancha es una misión crítica para muchos empresarios, hasta el grado en que estas organización tienen que reubicarse a áreas donde el servicio este disponible. En el mercado de hoy, solo el 5% de la estructura comercial alrededor del mundo son las servidas por medio de redes de fibra, el principal método para acceso a banda ancha de las grandes empresas, y servicios de datos de multimedia. En el mundo cableado, estas redes son

²⁵ ²⁵ The.Business.of.WiMAX.pdf

distribuidas a los comercios o las zonas residenciales por medio de cable o DSL, ambas son opciones costosas debido a que la infraestructura requiere que se hagan algunos cambios. El DSL típico opera desde 128 kbps hasta 1.5 Mbps, y mas lento cuando se encuentra en situaciones adversas. Además los portadores del intercambio local han sabido que se toma 3 meses o mas proveer de una línea T1 a clientes comerciales, si el servicio no esta aun disponible en el edificio.

Los edificios mas viejo en áreas metropolitanas pueden presentar un enredo de cables que puede dificultar el desarrollo de conexiones de banda ancha a algunos comerciantes arrendatarios. Las empresas pueden usar WIMAX en vez de T1 por cerca de un 10% del costo. IEEE 802.16 a tecnología inalámbrica permite a un proveedor de servicios proporcionar servicios con una velocidad comparable a las conexiones cableadas. Además, el rango de IEEE 802.16 ofrece soluciones como, la ausencia del requisito de línea de vista, un alto ancho de banda, y la flexibilidad inherente y el bajo costo que ayudan a superar las limitaciones tradicionales del cableado y que son propias de la tecnología inalámbrica.

4.2.2 PEQUEÑA Y MEDIANA EMPRESA

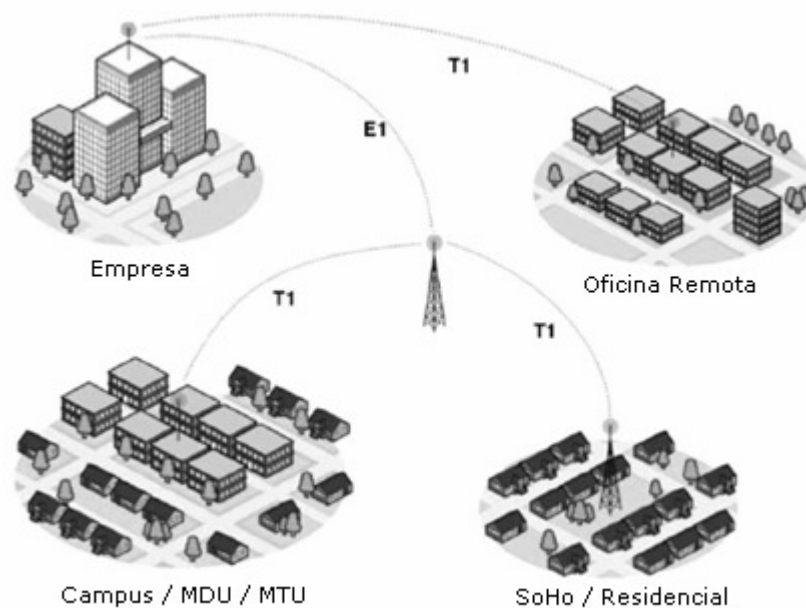
Este segmento del mercado es en muchas ocasiones no servido en unas áreas en donde existe una alta competencia de ambientes urbanos. Para muchos pequeños comerciantes que están fuera del alcance DSL o no son parte de la infraestructura de cable residencial, El IEEE 802.16 representa una vía fácil y comprable para conseguir la conexión de banda ancha. La tecnología WIMAX puede satisfacer los

requisitos de costo y eficiencia para las pequeñas y medianas empresas en ambientes de baja densidad y pueden además proporcionar una alternativa costo efectiva en las competentes áreas urbanas con servicios DSL y líneas arrendadas.

4.2.3 ACCESO DE INTERNET DE ALTA VELOCIDAD RESIDENCIAL Y SOHO

Una alternativa de bajo costo puede terminar la guerra entre el cable y los operadores ADSL y pueden realmente hacer que ocurra la revolución de la banda ancha en los hogares. Hoy este segmento del mercado, depende primeramente de la disponibilidad del DSL o del cable. En algunas áreas la disponibilidad del servicio puede que no cubra con las expectativas del cliente debido a el funcionamiento o confiabilidad del sistema y / o a que son muy costosos.

Figura Nro. 15
Conectividad Empresarial²⁶.



²⁶ ²⁶ The.Business.of.WiMAX.pdf

En muchas áreas rurales residenciales los clientes están limitados a un servicio de baja velocidad por medio de la línea telefónica. En ciudades en desarrollo existen muchas regiones que no tienen disponible el acceso a Internet. El análisis mostrara que la tecnología WIMAX le permitirá al operador direcciones económicas en este segmento del mercado y tener un caso de ganancia en el negocio bajo una variedad de condiciones demográficas.

4.2.4 AREAS NO SERVIDAS.

El mercado más lucrativo para los vendedores propietarios de banda ancha inalámbrica han sido las regiones remotas, especialmente las regiones en desarrollo pero también las banda ancha inalámbrica en áreas rurales, donde no existe un infraestructura cableada o celular ni la voluntad o el efectivo para invertir en esto. La principal alternativa de en este mercado es satelital. Aun temprano en su ciclo de vida y una potencial y poderosa tecnología para integrar con WIMAX los satélites tienen muchas limitaciones de ancho de banda de subida, disponibilidad de espectro y además sufre de alta latencia.

Los mercados no servidos incluyen pueblos rurales, e incluso algunos nuevos desarrollos suburbanos. Un área no servida en cualquier lugar donde, por razones mayormente económicas, nunca fueron construidos servicio cableado de alta velocidad o infraestructuras inalámbricas.

La principal razón por la cual existen algunos restos del mercado que no son servidos es debido a la dificultad de desarrollar un plan de negocios sólido para ofrecer los servicios allí. Afortunadamente para todos los involucrados, los fondos públicos están desempeñando un papel importante para llenar estos vacíos.

La topografía, las necesidades de banda ancha y la influencia de las finanzas consiguen obtener el servicio de banda ancha y lograr usar la mejor tecnología. La banda ancha inalámbrica es la solución preeminente en este momento debido a que es la más fácil de desarrollar y sus precios han bajado.

4.2.5 BANDA ANCHA POR DEMANDA

Uno de los aspectos existentes del estándar IEEE 802.16a es que puede hacerlo atractivo a los proveedores de servicio y a los clientes finales al igual que pueden proveer múltiples niveles de servicio. Así, por ejemplo, la tasa de datos compartida sería de 75 Mbps que es proporcionada por una estación base sencilla que puede soportar la “tasa de información confiable” para clientes comerciales y garantizar 2Mbps, así como el mejor esfuerzo de servicio no garantizado de 128 Kbps para clientes residenciales.

Dependiendo de la demanda regional, puede ser posible que los proveedores de servicio puedan ofrecer una amplia variedad de servicios estándares y

tradicionales. Al proveer un servicio flexible y una estructura de tarifas a sus clientes, un proveedor de WIMAX puede suplir una gran variedad de necesidades por medio de un solo punto de distribución.

La clave de los parámetros de WIMAX que reciben la atención está en cuestión con su capacidad de proporcionar diferentes servicios. La calidad del servicio permite las operaciones NLOS sin mayores distorsiones de la señal por lo edificios, tiempo y vehículos. Esto puede además soportar inteligentemente la priorización de diferentes formas de tráfico de acuerdo con sus urgencias.

La MAC proporciona por diferenciación QoS (Calidad en el servicio) para soportar las diferentes necesidades de las distintas aplicaciones. Por ejemplo, la voz y el video requieren de baja latencia pero tolera algunas tasas de errores, mientras que la mayoría de las aplicaciones de datos deben estar libres de errores, pero pueden hacer frente a la latencia. El estándar acomoda estas diferentes transmisiones usando las características apropiadas en la capa MAC, la cual es más eficiente que haciéndolo en la capa de control por encima de la MAC.

Muchos sistemas en la década pasada han introducido modulación fija, ofreciendo una compensación entre la modulación de alto orden para las tasas altas de datos, pero requiriendo los enlaces óptimos, o ordenes mas bajas y mas robustas que solo pueden operar en bajas tasas de datos.

IEEE 802.16 soporta la modulación adaptativa, balanceando las distintas tasas de datos y la calidad del enlace y ajustando el método de modulación casi instantáneamente para transferencias de datos óptimos y hacer más eficiente el uso de la banda ancha. Para áreas rurales, donde las distancias entre los clientes son bastante grandes, “la modulación adaptativa” permite automáticamente incrementar el rango donde sea necesario y reducir el costo del rendimiento en el procesamiento. Un alto orden de modulación (Por ejemplo 64 QAM) proporciona un alto rendimiento en un rango sub-máximo, mientras que una baja modulación (Por ejemplo 16 QAM) proporciona un menor rendimiento en un alto rango, desde la misma estación base.

El esquema de modulación esta asignado dinámicamente por la estación base, dependiendo de la distancia a la que se encuentre el cliente, así como el tiempo, la interferencia de señal y otros factores transitorios. Esta flexibilidad en el servicio le permitirá a los proveedores en el futuro adaptar el alcance de la tecnología a las necesidades individuales de las áreas de distribución, permitiendo al servicio WIMAX ser provechosa en una amplia variedad de geografías y áreas demográficas.

4.3 EL PROBLEMA DE BANDA ANCHA EN ZONAS RURALES

La opinión convencional de hoy en día es que el acceso de banda ancha a zonas rurales es un problema. Esto se presenta a partir de tres asuntos comunes

- *La banda ancha rural es necesariamente mas costosa que en las áreas urbanas.* Esto es cierto, entonces son estos los costos que sacan a los consumidores y comerciantes, haciéndolos comprar solo en pequeñas cantidades. El temor de la baja demanda puede reducir la confianza del inversionista y del proveedor de servicios disuadiéndolos de incorporar en el mercado.
- *El mercado por si solo no puede cubrir sus necesidades.* Si el mercado no puede por sus propios medios cubrir las necesidades de la banda ancha rural, entonces este perpetuara la cantidad de “división digital” entre las comunidades rurales y urbanas.
- *Se requieren algunas formas de subsidios u otras formas de intervención.* Si la intervención es indiscutiblemente necesaria, entonces hay tomar varias formas posibles. Una medida no comercial, que esta subsidiada, disponen un acercamiento. Innovar en el uso de sociedades público – privadas es otra opción.

Una potencial estrategia para los usuarios de banda ancha del sector público es “Aumento de demanda”. Los actores del sector público promueven los servicios de banda ancha con sus propios consentimientos y demandas coordinadas, en lugar de fragmentaciones o acercamientos de ir solos. Todos los esquemas obviamente dependen de una política bien informada acerca de su economía, eficacia e imparcialidad.

4.3.1 EL COSTO DEL ACCESO DE BANDA ANCHA RURAL

Generalmente se cree que el acceso de banda ancha rural es más costoso que la banda ancha urbana por tres razones: distancia, economías de escala y remotas. No obstante, vale considerar que el poder de desarrollo tecnológico suple todas estas.

Viviendas rurales y comerciales son normalmente el futuro desde el punto de vista de la utilidad del servicio para uso general que su contraparte urbana. El punto fuente para suplir el acceso de banda ancha urbana o “punto de presencia”, es normalmente un edificio de intercambio local o una base de estación de radio. Muchas soluciones, especialmente las menos costosas, operan solo a distancias modestas. Las gamas limitadas imposibilitan el uso para muchos clientes rurales.

Los servicios de banda ancha dependen no solamente de los suplementos de última milla, el acceso al cliente, sino que además de la interconexión desde el

punto local con presencia de una columna de red óptica de alta capacidad. Mientras que las columnas de redes proporcionan altos anchos de banda en forma abundante y muy económica, aunque solo son económicas cuando se llena su capacidad. Tales redes, por lo tanto, naturalmente sirven a continentes, países y ciudades, pero raramente visitan las áreas rurales. Comunidades remotas deben, por lo tanto, asumir los costos adicionales para las conexiones entre el punto de presencia local y una red principal. El costo de este acoplamiento, conocido como las redes de retorno a un nodo de red principal, incrementa con el alejamiento, pero esto es pequeño o mínimo en los ambientes urbanos.

Finalmente, las tecnologías de banda ancha frecuentemente dependen de las plataformas que tiene altos costos iniciales pero con una capacidad de servir a muchos, quizás algunos cientos o mas, conexiones. Hay así a menudo una economía a escala que no se pueden realizar en una comunidad rural, asumiendo costos unitarios. La tecnología puede desempeñar un papel importante aquí, puesto que puede tener éxito en un cierto plazo y en la reducción de un tamaño operacional mínimo de una plataforma. Esto cambia la visión de la economía a escala, poniendo a disposición la tecnología para hacer una base de clientes más grande.

4.3.2 LA SOLUCION

El DSL inalámbrico ofrece una solución eficaz y complementaria al DSL cableado, permitiendo que los operadores DSL proporcionen servicio de banda ancha a áreas adicionales y las poblaciones para que puedan mejorar los lazos de banda ancha. La tecnología inalámbrica basada en IEEE 802.16 es también una opción natural para las áreas rurales y periféricas con densidad demográfica baja que no poseen el servicio. Los cuerpos reguladores del gobierno están realizando un trabajo inherente en las tecnologías inalámbricas como un medio para solucionar los desafíos de la división digital en la milla pasada y han acordado en iniciar un proceso de regulación en los años recientes para apoyar el uso de las bandas tanto licenciadas como no – licenciadas. Con los recientes adelantos tecnológicos y la formación de un foro de interoperabilidad del estándar global, WIMAX, fijaron la etapa para que el WDSL tome un papel significativo en el mercado de banda ancha.

4.4 3 VS, VoIP, VPLS Y VIDEO

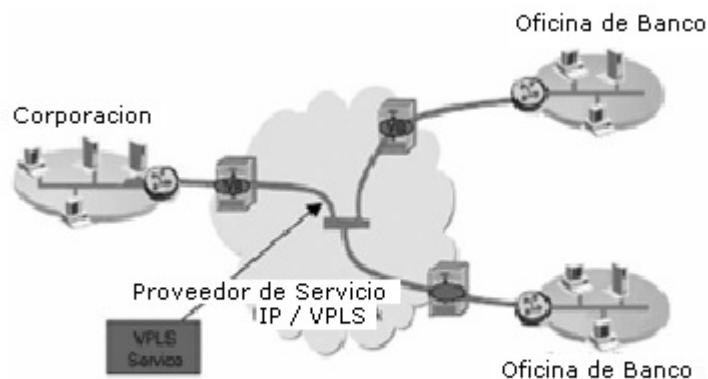
4.4.1 Volp Inalámbrico.

Mientras que VoIP ha estado alrededor por años, no ha sido una alternativa viable para la mayoría de sus usos debido a los apremios de la tecnología. Los recientes adelantos en la tecnología han mejorado dramáticamente la calidad y ahora los proveedores del servicio de VoIP se posicionan para ofrecer una alternativa comparable de los tradicionales servicios de voz con conmutador de circuito tanto

para los negocios como para los consumidores. Los servicios de VoIP se diferencian de los servicios tradicionales de voz porque la conversación de la voz se transmite por medio de una red de banda ancha propia o por medio del Internet público. Esto le permite a los proveedores del servicio de VoIP puentear la red costosa de teléfono público (PSTN) y utilizan una sola conexión de banda ancha para transmitir voz y datos. Esto no solo reduce los costos para los proveedores del servicio de voz si no también para los clientes, pero también permite a los proveedores de Telecom corporativo acordar características tales como mensajería unificada y control en las llamadas basadas en la Web a través de la convergencia de la voz y los datos.

La voz IP inalámbrica es un servicio simple y rentable que permite a un suscriptor utilizar los servicios de VoIP mientras esta en movimiento. Esto es posible debido a que WIMAX puede proporcionar un grado de conectividad mientras se es inalámbrico. Esto reúne la economía, las ventajas de VoIP y la flexibilidad de la tecnología inalámbrica.

Figura Nro. 16
VPLS – SERVICIOS PRIVADOS DE LAN VIRTUAL²⁷



4.4.2 VPLS – SERVICIOS PRIVADOS DE LAN VIRTUAL

Los servicios privados de LAN virtual (VPLS) son una clase de VPN que permiten la conexión de múltiples sitios en un solo dominio tendiendo un puente sobre una red manejada por el proveedor. Desde la perspectiva del cliente, luce como si todos los sitios estén conectados con un LAN privada. Las VPLS proporcionan una novedad y un rápido crecimiento en los servicios de datos de las empresas que están sustituyendo las líneas privadas. Para los próximos años, el VPLS se convertirá en la tecnología WAN más popular. WIMAX, debido a su calidad en el servicio y seguridad, proporciona una excelente solución para las redes VPN.

²⁷ ²⁷ The.Business.of.WiMAX.pdf

4.4.3 VIDEOS POR DEMANDA (VoD)

El video por demanda es una de las tecnologías más grandes que nunca salieron al mercado, y ahora puede conseguir su momento. Con WIMAX se ha encontrado una tecnología que puede hacer una base más amplia y mejores precios que satisfagan las necesidades de los clientes.

WIMAX puede alcanzar grandes masas a un bajo costo, y por lo tanto mas personas que necesiten el servicio, hasta aquellos que hoy en día están disponibles como algunos centros de ciudades que tienen maneras económicas de obtener el video. Otra característica interesante es que los videos y los contenidos alternativos se relacionan con el aprendizaje, entrenamiento, etc. y pueden convertirse en un mecanismo de renovación de la generación debido a su obvio valor financiero.

4.4.4 MAQUINAS DE CAJEROS AUTOMATICOS

La capacidad de proporcionar cobertura que ubique a las áreas metropolitanas brindan una herramienta para que los bancos puedan instalar cajeros automáticos a un menor costo través de áreas rurales y suburbanas, lo cual es una posibilidad que hoy esta totalmente apartada debido al costo de los acoplamientos basados en los satélites y las ediciones de seguridad con otros modos de redes remotas.

WIMAX puede traer cajeros automáticos y mantener los servicios de pequeñas oficinas para los clientes del banco en áreas suburbanas o rurales. Lo cual significa que es un medio más cómodo para los clientes y los negocios realizando los servicios de los bancos.

4.4.5 DATOS Y VOZ VEHICULAR

WIMAX puede ser una innovación para los dueños de flotas, los abastecedores logísticos o los corredores logísticos, debido a que les permite encontrar la ubicación de sus vehículos, la capacidad de los carros, y la cantidad de carga basados en tiempo real. Lo que significa una mejor coordinación para optimizar los carros, a diferencia de hoy en día donde la mayoría de los carros tiene que lidiar con bajas cargas en sus viajes de regreso. Esto también puede ayudar a los conductores y a la policía de carreteras a actuar rápidamente y hacer frente a situaciones adversas tales como accidentes o bloqueos en el camino.

4.4.6 JUEGOS EN LINEA

Si algo lucía tan atractivo como la pornografía unos años atrás, son los juegos en línea. Con la aparición de este sector en formas fijas y móviles a nivel global, la gente sin banda ancha solo está esperando una tecnología que haga posible el acceso antes de que haya un crecimiento más penetrante y más rápido. WIMAX

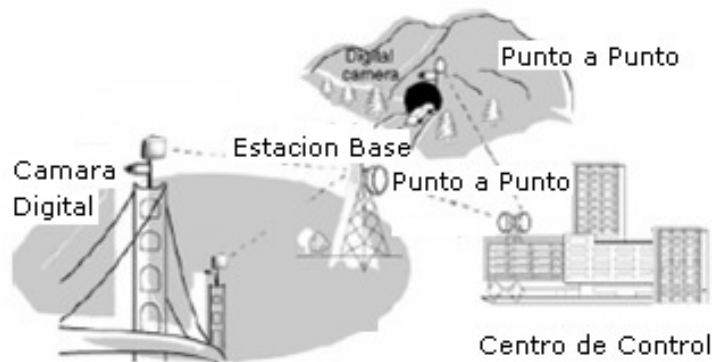
será la tecnología que proporcione los Joysticks para las personas rurales y urbanas en sus casas o en movimiento.

4.4.7 USOS EN SEGURIDAD Y VIGILANCIA

Instituciones de toda clase, desde centros comerciales hasta sistemas de transporte a bases militares están siendo retadas a instalar vigilancia por medio de video en áreas que son demasiado lejos, bastante costosas y físicamente imposibles de alcanzar con el cableado tradicional.

WIMAX simplemente salta estas barreras, permitiendo que un numero virtualmente ilimitado de cámaras se video de vigilancia sean desplegadas rápida, fácil y rentable en un nuevo o ampliado sistema de seguridad.

Figura Nro. 17
Usos en Seguridad y Vigilancia²⁸



²⁸ ²⁸ The.Business.of.WiMAX.pdf

Un video de alta resolución, en tiempo real de cada cámara de seguridad se transmite directamente a una estación base de WIMAX en la oficina de seguridad o en el centro regional de seguridad. Desde aquí, las redes inalámbricas pueden controlar remotamente las cámaras.

Las cámaras de video inalámbricas son una herramienta rentable, flexible y confiable para supervisar el tráfico, caminos claves, puentes, presas, una bomba de gas y aceite, instalaciones militares, perímetros, fronteras y muchas más locaciones críticas. La vigilancia en video inalámbrico también se puede utilizar para acontecimientos especiales pues el BACKHAUL es fácil y no se desperdicia tiempo.

Los próximos servicios nómadas, y la capacidad de proporcionar cobertura ubicada en un área metropolitana brinda una herramienta para la aplicación de la ley, la protección contra incendios y otras organizaciones publicas de seguridad, permitiéndoles mantener las comunicaciones criticas bajo una variedad de condiciones adversas. Las redes privadas para complejos industriales, universidades, campus y otros tipos de ambientes también representan para WIMAX una potencial oportunidad de negocio.

Debido a su flexibilidad, WIMAX puede proporcionar una amplia gama de opciones desde soluciones económicas para campus y seguridad en centros comerciales

hasta sistemas de seguridad regional de la patria que atraviesan miles de kilómetros cuadrados.

4.4.8 COMUNICACIÓN MULTIMEDIA

La tecnología de banda ancha inalámbrica basada en IP juega un papel importante en la entrega de comunicaciones multimedia, información y entretenimiento que son solicitados por los clientes, con un acceso disponible en cualquier momento y en cualquier lugar. Las video charlas y las comunicaciones por medio de video son dos de tales servicios, pero con diversa calidad y características.

4.4.9 REDES SENSORES

La mayoría de los usos de las redes acopladas, son especialmente el sector comercial enfocadas en los computadores personales (PC) tradicionales. Sin embargo, los investigadores también están interesados en usar tecnologías de red de acoplamiento para crear las redes de sensores autónomos – pequeños dispositivos que puedan ser instalados en una variedad de locaciones para proporcionar lecturas de temperaturas, calidad del aire y otros factores.

Incorporando un chip inalámbrico con el software de redes acopladas, estos sensores podrían llegar a ser redes-de conocimiento. Una vez que estén instalados y encendidos, los sensores pueden ensamblar una red MESH y hacer sus datos accesibles a otros en la red. En muchas situaciones tanto edificios como al aire libre, la instalación de pequeños sensores MESH en locaciones será preferiblemente lejos para configurar la red cableada y conectar los sensores o (peor) recoger la información de forma manual desde los sensores.

4.4.10 TELEMATICA Y TELEMETRIA

La telemática es la combinación de las telecomunicaciones y la computación, y se predice que será el área de siguiente crecimiento en la electrónica automática.

El uso de automóviles telemáticos en vehículos que pueden tener email que se escucha y navegación, DVD, televisión digital y radio, así como también la guía de la ruta y la información para evitar el tráfico.

Una tecnología relacionada, no tiene la misma predicción. Los deportes de Formula 1 F1 utilizan la telemetría para emitir los datos relacionados con el motor y el chasis con una computadora en los garajes PITS de modo que los ingenieros puedan supervisar el comportamiento de ese coche. La telemetría bidireccional, desde el coche al Pit y del Pit al coche, fue permitida para un corto circuito hace algunos años atrás. La telemetría bidireccional permite a los equipos alterar ajustes en la unidad de control electrónico que gobierna la señal de radio, y esta

puede significar la diferencia entre la victoria y la derrota. Sin embargo la telemetría desde el coche a los Pit, esta prohibida actualmente.

Más usos de WIMAX pueden ser:

- Monitoreo remoto de pacientes, que muestran los signos vitales de los pacientes que se encuentran en hospitales, pueden proporcionar información continua y respuesta inmediata en el acontecimiento de una crisis en el paciente.
- Transmisión móvil de los pacientes, de las disposiciones del terreno y de los dibujos arquitectónicos para asistir a los bomberos y a otro personal de respuesta en el rescate de individuos implicados en situaciones de emergencia.
- Supervisión, control y alerta en tiempo real de situaciones que implican dirección o manejo de materiales peligrosos.
- Transmisión inalámbrica de huellas digitales, de fotografías, de autorizaciones y de otras imágenes hacia y desde personal en el campo de aplicación de la ley.

CONCLUSION

Debido a la necesidad de movilidad en el campo tecnológico, nacen un grupo de tecnologías inalámbricas. Un ejemplo de estas tecnología es WIMAX, que nace de las familias de estándares WirelessMAN (Wireless Metropolitan Area Network – Red de Área Metropolitana Inalámbrica) IEEE 802.16.

Mediante el empleo de la tecnología WIMAX se puede comprender que su funcionamiento satisface las demandas de servicio de informática dentro de los más altos niveles de calidad y rendimiento con grandes alcances y velocidades; esto la convierte en una herramienta competente y permite visualizarla como un fuerte parámetro de capacidad y valoración de las grande empresas productivas que requieren un buen manejo de la información a nivel general.

WIMAX es una tecnología prometedora y de gran valor estratégico en el marco de las comunicaciones de banda ancha, porque se ofrece como una alternativa inalámbrica con alcances de hasta 50 kilómetros y velocidades de hasta 70Mbps frente a las actuales tecnologías de acceso alámbrico como Cablemódem y ADSL.

Las principales firmas de telefonía móvil también están desarrollando terminales capaces de conectarse a estas nuevas redes. Después de la fase de pruebas y estudios cuya duración prevista es de unos dos años, se espera comenzar a ofrecer servicios de conexión a Internet a 4 Mbps a partir de 2007, incorporando WIMAX a los ordenadores portátiles y PDA, lo cual garantizará mayor eficiencia en el mercado ejecutivo sobre todo por el intercambio de experiencias en el ámbito de los negocios en tiempo real, a través de las trasferencias de voz y dato inalámbricas que le permitirán contar en todo momento y desde su terminal personal con toda la información que ofrece la red, la intranet y demás información disponible en este servicio.

Finalmente entre la tecnología WIMAX y la tecnología WiFi podemos deducir que la que brinda mejores ventajas en cuanto a cobertura, y capacidad es la tecnología WIMAX; sin embargo ambas tecnologías ofrecen grandes ventajas sobre lo que actualmente se está utilizando a nivel general, lo que promete para un futuro la nueva ola de renovación tecnológica en la que todos seremos los más favorecidos y privilegiados.

GLOSARIO

- AAS** Sistema Adaptado de Antena, esta enfoca su energía transmisora a la dirección de un receptor, mientras que recibe puede enfocarse a la dirección del dispositivo que transmite. Trabaja ajustando la anchura y el ángulo del patrón de radiación de la antena.
- ADSL** Asymmetric Digital Subscriber Line ("Línea de Abonado Digital Asimétrica"). Consiste en una línea digital de alta velocidad, apoyada en el par simétrico de cobre que lleva la línea telefónica convencional o línea de abonado, siempre y cuando el alcance no supere los 5,5 km. medidos desde la Central Telefónica.
- ARQ** Automatic Repeat-reQuest, es un protocolo utilizado para el control de errores en la transmisión de datos, garantizando la integridad de los mismos.
- ASIC** Circuito Integrado para Aplicaciones Específicas, un circuito integrado hecho a la medida para un uso en particular, en vez de ser concebido para propósitos de uso general.
- CDMA** Multiplexación por división de código, (Division Multiple Access), es un término genérico para cualquier método de multiplexación o control de acceso al medio basado en la tecnología de espectro ensanchado
- CPE** equipo de telecomunicaciones usado en interiores como en exteriores para originar, encaminar o terminar una comunicación. Por ejemplo, los teléfonos, máquinas de fax, máquinas contestadoras y buscapersonas.
- CSMA/CD** Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection, en español, "Acceso Múltiple con Escucha de Portadora y Detección de Colisiones", es una técnica usada en redes Ethernet para mejorar sus prestaciones.
- DFS**
- EDGE** Enhanced Data rates for GSM of Evolution (Tasas de Datos Mejoradas para la evolución de GSM). También conocida como EGPRS; Es una tecnología de la telefonía móvil celular, que actúa como puente entre las redes 2G y 3G. EDGE se considera una evolución del GPRS,
- ETRI**

- ETSI European Telecommunications Standards Institute, Instituto Europeo de Normas de Telecomunicaciones es una organización de estandarización de la industria de las telecomunicaciones, fabricantes de equipos y operadores de redes en Europa.
- Ghz El hercio, hertzio o hertz es la unidad de frecuencia del Sistema Internacional de Unidades.
- GSM Sistema Global para las Comunicaciones Móviles
- IEEE The Institute of Electrical and Electronics Engineers, el Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos, una asociación técnico-profesional mundial dedicada a la estandarización, entre otras cosas.
- IP protocolo usado por el origen y el destino para la comunicación de estos a través de una red. De sus siglas en ingles IP (Internet Protocol)
- ISI Instituto para la Información Científica (Institute for Scientific Information; ISI ofrece servicios de bibliografía. Está particularmente especializado en el análisis de citación, un campo en el que fue pionero Garfield
- Kbps Un kilobits por segundo es una unidad de medida que se usa en telecomunicaciones e informática para calcular la velocidad de transferencia de información a través de una red.
- LAN Red de área local, o red local, es la interconexión de varios ordenadores y periféricos.
- LOS Line of Sight; Línea a Vista, es un enlace visual entre ambos extremos.
- MAC control de acceso al medio (Media Access Control), subcapa inferior de la capa de enlace de datos.
- MAN red de área metropolitana, una red de alta velocidad (banda ancha) que dando cobertura en un área geográfica extensa, proporciona capacidad de integración de múltiples servicios mediante la transmisión de datos, voz y vídeo
- Mbps Megabit por segundo, es una unidad que se usa para cuantificar un caudal de datos equivalente a 1000 kilobits por segundo

- MCU Multi-User Chat, también conocido como MUC, es un robusto protocolo de conferencia basado en XMPP
- MIC Modulación por Impulsos Codificados, es un procedimiento de modulación utilizado para transformar una señal analógica en una secuencia de bits.
- NLOS Non Line of Sight, No tiene línea de vista, el cual distribuye un trayecto parcialmente obstruido entre la ubicación del transmisor de la señal y la ubicación del receptor de la señal.
- OFDMA Orthogonal Frequency Division Multiple Access (OFDMA) es una versión multiusuario de la conocida multiplexación por división de frecuencias ortogonales.
- OSI Organización Internacional para la Estandarización o International Organization for Standardization, encargado de promover el desarrollo de normas internacionales de fabricación, comercio y comunicación para todas las ramas industriales a excepción de la eléctrica y la electrónica.
- PC Computador personal
- PDA Personal Digital Assistant, es un computador de mano originalmente diseñado como agenda electrónica.
- QoS Calidad de Servicio (Quality of Service, en inglés) son las tecnologías que garantizan la transmisión de cierta cantidad de datos en un tiempo dado.
- TCP/IP Protocolo de Control de Transmisión (TCP) y Protocolo de Internet (IP); conjunto de protocolos de red en la que se basa Internet y que permiten la transmisión de datos entre redes de computadoras.
- TDM Multiplexación por división de tiempo, es la más utilizada en la actualidad, especialmente en los sistemas de transmisión digitales
- VoIP Voz sobre IP, grupo de recursos que hacen posible que la señal de voz viaje a través de Internet empleando un protocolo IP
- WIFI Wireless-Fidelity, conjunto de estándares para redes inalámbricas

WIMAX "Interoperabilidad Mundial para Acceso por Microondas") es un estándar de transmisión inalámbrica de datos (802.16 MAN) que proporciona accesos concurrentes en áreas de hasta 48 km de radio y a velocidades de hasta 70 Mbps, utilizando tecnología que no requiere visión directa con las estaciones base.

BIBLIOGRAFIA

- The Business of WIMAX - Deepak Pareek Resource4Business, India.
- Prentice Hall - Fundamentals of WIMAX – Understanding Broadband Wireless Networking.
- Revista tele-semana volumen 4, 52
- WIMAX Applications – Edited By SYED AHSON MOHAMMAD ILYAS.
- IEEE 802.16.3c-01/29r4, “Channel Models for Fixed Wireless Applications,”
- CINIT - Artículo WIMAX El Nuevo Acceso Inalámbrico a Internet 03/Febrero/2005.
- WIMAX - Wikipedia, la enciclopedia libre.mht
- WIMAX: Technology for Broadband Wireless Access.

PAGINAS WEB

- WORLD BANK; WWW.worldbank.ORG
- RESOURCE4BUSINESS; WWW.r4b.IN
- WIMAX.COM; WWW.WIMAX.COM
- IEEE WEBSITE; WWW.IEEE.ORG
- WWW.quobis.COM
- WWW.tele-semana.COM
- WWW.WIMAXforum.ORG
- WWW.IEEE802.ORG/16.
- WWW.latinWIMAX.COM
- <http://www.wlana.com/learn/80211.htm>
- <http://www.wi-fi.com>

- <http://www.mobilestar.com/>
- <http://www.wayport.com/>
- <http://www.imasde.com/>
- <http://www.upb.edu.co/gidati/>
- www.WIMAXworld.com
- www.intel.com/netcomms/technologies/WIMAX
- www.WIMAX.com/solutions/overview
- www.blogWIMAX.com
- www.cdg.org
- www.siemens.com
- <http://www.wikipedia.org/WIMAX>
- <http://observatorio.cnice.mec.es/modules.php?op=modload&name=News&file=article&sid=349&mode=thread&order=0&thold=0&POSTNUKESID=ff4329a3a7b6108484089598133e5a9d>
- <http://www.WIMAXforum.org/home>
- <http://es.wikipedia.org/wiki/WIMAX>
- <http://www.intel.com/cd/network/communications/emea/spa/322183.htm>
- <http://www.microsiervos.com/archivo/tecnologia/chip-WIMAX-de-intel.html>
- http://www.intel.com/espanol/network/connectivity/products/wireless/prowireless_5116.htm