



## **Qué es WiMAX**

Durante los últimos años se han creado expectativas y realidades en torno al acceso de banda ancha de última milla. El cableado representa altos costes de instalación que no siempre justifican su tendido hasta áreas rurales o geográficamente inaccesibles. Llevar servicios ADSL a estas áreas no es económicamente efectivo para los operadores de telefonía. El operador de cable tradicional aún se encuentra en el proceso de transición hacia el transporte de datos. La tecnología móvil, presente (UMTS), sólo permite tasas de velocidad limitadas.

Estas y otras limitaciones tecnológicas y topográficas, aunadas a la rápida adopción del acceso a Internet, han motivado el desarrollo de un estándar inalámbrico llamado WiMAX (Worldwide Interoperability for Microwave Access) que llegue a un mayor número de usuarios y propicie la introducción de nuevos y mejores servicios de telecomunicaciones.

WiMAX es un concepto parecido a WiFi pero cualitativamente diferente como veremos por sus características, no sólo por conseguir mayores coberturas y anchos de banda. WiFi, comprendida en la familia de estándares 802.11, fue diseñada para ambientes inalámbricos internos como una alternativa al cableado estructurado de redes y con capacidad sin línea de vista (NLOS, por sus siglas en inglés) de muy pocos metros. Teóricamente transmite a 11 y 54 Mbps y aproximadamente hasta a 350 metros en el exterior. En un principio se diseñó para ofrecer "Conexiones Ethernet inalámbricas" y después para garantizar la interoperabilidad entre productos 802.11 de diferentes fabricantes. WiMAX, por el contrario, fue diseñado como una solución de última milla en redes metropolitanas (MAN) para prestar servicios a nivel público. Puede entregar todos los niveles de servicio necesarios para un Carrier dependiendo del contrato con el suscriptor, distintos servicios paquetizados como IP y Voz sobre IP (VoIP), así como servicios conmutados (TDM), E1s/T1s, voz tradicional (Clase-5), interconexiones ATM y Frame Relay.

## **WiMAX. Concepto Teóricos**

### **Propagación NLOS versus LOS**

El canal radio de un sistema de comunicación inalámbrico es a menudo descrito como LOS o NLOS. En un enlace LOS, una señal viaja a través de un camino directo y sin obstáculos desde el transmisor al receptor. El enlace LOS requiere que la mayor parte de la primera zona de Fresnel esté libre de cualquier obstrucción. Si este criterio no se cumple, entonces se produce una significativa reducción en el nivel de intensidad de la señal recibida.

En un enlace NOLOS, una señal alcanza el receptor a través de reflexiones, difracciones y dispersiones. La señal que llega al receptor está formada por una composición de señales que llegan a través de las anteriores formas de propagación (reflexiones, dispersiones y difracciones). Estas señales tienen diferentes retardos, atenuaciones, polarizaciones y estabilidad relativa frente a la señal que transmite por el camino directo. El fenómeno del multipath puede causar también que la polarización de la señal cambie. Así el rechazo de frecuencias, que normalmente se hace en los despliegues LOS, puede ser problemático en el caso de los NLOS.

Sin embargo hay varias ventajas que hacen los despliegues NLOS deseables. Por ejemplo, estrictos requerimientos de planificación y restricciones en la altura de la antena, a menudo no permiten a la antena ser posicionada para un LOS. Para despliegues celulares contiguos a gran escala, donde el rechazo de frecuencia es crítico, bajar la antena es una ventaja para reducir la interferencia co-canal entre células adyacentes. Esto a menudo fuerza a las estaciones base a operar en condiciones de NLOS, ya que los sistemas LOS no pueden reducir la altura de las antenas porque perderían la visibilidad directa con el receptor. La Tecnología LNOLS también reduce los gastos de instalación debido a la facilidad de ubicación de los CPE. La tecnología NLOS y las características mejoradas en WiMAX hacen posible el uso de equipos de interior "CPE" (Customer Premise Equipment). Esto tiene dos principales retos; primeramente superar las pérdidas de penetración y segundo, cubrir distancias razonables con transmisores de baja potencia. WiMAX hace esto posible, y la cobertura NLOS puede ser de lejos mejorada por algunas capacidades opcionales de WiMAX. Las cuales veremos a continuación.



## **Tecnología OFDM**

La tecnología por multiplexación por división en frecuencia octogonal (OFDM), proporciona al operador, en términos de eficiencia, llegar a superar los retos de la propagación en entorno NLOS. La señal OFDM ofrece la ventaja de ser capaz de operar con un retardo de ensanchamiento más grande en el ambiente NLOS. Gracias al tiempo de símbolo OFDM y al uso de un prefijo cíclico, la forma de onda OFDM elimina los problemas de interferencia Inter simbólico (ISI) y la complejidad de la ecualización adaptativa.

Gracias a que la señal OFDM está compuesta por una multitud de portadoras de banda estrecha ortogonales, la selección del "fading" se localiza en un conjunto de portadoras que son relativamente fáciles de ecualizar. Un ejemplo de esto se muestra a continuación, donde se compara entre la señal OFDM y una simple señal portadora, como la información se manda en paralelo por la OFDM y en serie para la señal simple.

La habilidad para superar el retardo de ensanchamiento, el multipath y la interferencia inter simbólica es una eficiente manera que permite unos más altos "throughput". Como por ejemplo, es más fácil ecualizar portadoras individuales OFDM que ecualizar una simple portadora ensanchada.

Por todas estas razones los recientes estándares internacionales tales como la IEEE 802.16, ETSI BRAN, han establecido la OFDM como la elección tecnológica preferida. Diversidad en la transmisión y recepción.

Los esquemas de diversidad son usados para obtener una ventaja de multipath y las reflexiones de la señal que ocurren en condiciones de NLOS. La diversidad es una característica opcional en WiMAX. Los algoritmos de diversidad ofrecidos por WiMAX, tanto en transmisión como en recepción incrementan la disponibilidad del sistema. La opción de transmisión en diversidad en WiMAX utiliza la codificación en espacios de tiempo para proporcionar una fuente de transmisión independiente, esto reduce el fading y combate la interferencia. Para la diversidad en recepción, varias técnicas se combinan para mejorar la disponibilidad del sistema.

Las técnicas de modulación adaptativa de los sistemas WiMAX permiten ajustar el esquema de modulación de la señal dependiendo de las condiciones de la señal de ruido (SNR) que existen en el enlace radio. Cuando el enlace radio presenta una alta calidad, la más alta modulación es usada, dando el sistema la mayor capacidad. Durante un desvanecimiento de la señal, el sistema WiMAX puede desplazar a la señal a un esquema de modulación menor para mantener la calidad y estabilidad del enlace. Esta característica permite al sistema superar los desvanecimientos selectivos en el tiempo.

## **Técnicas de corrección de errores**

Las técnicas de corrección de errores han sido incorporadas a WiMAX para reducir los requerimientos de señal ruido. El FEC (Strong Reed Solomon), la codificación convolutiva y otros algoritmos son usados para detectar y corregir errores, mejorando el throughput. Estas técnicas de corrección ayudan a recuperar tramas erróneas que pueden haber sido perdidas por desvanecimientos selectivos de frecuencia o ráfagas de errores. El ARQ (Automatic repeat request) es usado para corregir errores que no pueden ser corregidos por el FEC. Esto mejora significativamente el BER para similares niveles umbrales.

Los algoritmos de corrección de errores son usados para mejorar el rendimiento del sistema, estos son implementados por la estación base, la cual manda información sobre el control de potencia a cada CPE para que regule su nivel de potencia de transmisión, de forma que el nivel recibido en la estación base sea un nivel predeterminado. En ambientes con cambios dinámicos por fading este nivel predeterminado significa que el CPE sólo puede transmitir suficiente potencia para llegar a este requerimiento. Lo opuesto sería que el CPE transmitiese el nivel basándose en las condiciones peores. El control de potencia reduce sobre todo el consumo de potencia del CPE u la potencial interferencia con otras estaciones base co-localizadas. Para LOS la potencia transmitida por el CPE es aproximadamente proporcional a la distancia a la estación base. Para NLOS esto depende altamente del nivel de obstaculización existente.



Los sistemas "Adaptative Array Antenna" son una parte opcional del estándar 802.16. Estos sistemas representan la más avanzada tecnología de antenas inteligentes (Smart Antenna) a día de hoy. Estos, tienen propiedades de "beamforming" que permiten conducir el haz principal de la antena hacia una determinada localización. Esto significa que mientras están transmitiendo, la señal puede ser limitada a la dirección requerida por el receptor. Estos sistemas también tienen propiedades de supresión de la interferencia co-canal desde otras localizaciones con lo cual consiguen además mejorar la relación señal ruido SNR.

El uso de estas antenas va ligado normalmente al empleo de la tecnología MIMO (Multiple Input/Multiple Output). Esta tecnología presenta una serie de ventajas del procesado de diferentes señales espaciales. La principal es la diversidad de las antenas y el multiplexado espacial. Al usar varias antenas, MIMO ofrece la capacidad de recibir datos coherentemente desde varios caminos o rutas (multipath), mediante antenas receptoras separadas espacialmente, esta información es procesada gracias al uso de DSP's (digital signal processing) con elevadas capacidades de procesamiento.

En el downlink cuando múltiples señales son radiadas desde el arreglo de antenas, de tal forma que ellas forman un haz que va dirigido hacia el CPE, la amplitud y la fase de las señales de cada antena es ajustada de forma que combinan coherentemente en el CPE. Esta tecnología adaptativa de beamforming mejora la SNR.

En el uplink, el CPE mandará la señal a la BTS, se producirá un procesamiento espacio-tiempo donde la BTS ajustará la ganancia y fase de cada antena para cuando la señal del CPE sea recibida. Así la combinación coherente y la supresión de la interferencia se llevan a cabo, ya que la señal deseada se combina coherentemente y el ruido es combinado incoherentemente. Produciendo por lo tanto una mejora de la SNR.

Además otra de las ventajas que añaden este tipo de sistema, es que gracias a no necesitar emplazamientos relativamente altos para conseguir la cobertura adecuada, se evita el "bombardear" a los sistemas adyacentes con lo cual se mejora el factor de rehuso de frecuencia, o lo que es lo mismo se consigue aumentar la capacidad de la red.

### **El estándar 802.16**

El 802.16 especifica la interfaz aire para redes inalámbricas metropolitanas (Wireless MAN). El estándar fue publicado el 8 de Abril de 2002, fue creado en 2 años, en un proceso abierto en el que participaron cientos de ingenieros tanto el mundo de los operadores como el de los suministradores.

### **El Foro WiMAX <http://www.wimaxforum.org>**

El foro WiMAX se fundó en abril de 2001 por Esemble, Nokia, Harri y Cross Span. El propósito y objetivo del mismo era crear y someter especificaciones para el recientemente publicado IEE 802.16-2001 para funcionar en bandas de frecuencia entre 10-66GHz. El WiMAX Forum tuvo éxito haciendo esto, con la aprobación del "Protocol Implementation Conformance Statement, Test Suite Structure & Test Purposes, y la Radio Conformance Test Specification para la IEEE 802.16-2001.

En Abril de 2002 el OFDM Forum solicitó ser miembro y fue aceptado, siendo el quinto miembro del Forum. El principal foco del OFDM Forum era la creación de grupos técnicos de trabajo responsables del desarrollo de crear las especificaciones de la parte OFDM del mandato IEEE 802.16a al estándar base IEEE 802.16-2001 y la promoción de una estándar global interoperable de banda ancha inalámbrica.

Pero no fue hasta enero de 2003 que se empezó a crear una fuente expectativa, lo que incremento el número de empresas interesadas en formar parte del foro. Entre los primeros miembros del WiMAX forum se incluían Airspan, Alvarion, Aperto, Intel y Wi-LAN. La membresía de organizaciones como Intel ha atraído una gran visibilidad y con esta exposición la creencia en la visión de un estándar de banda ancha



inalámbrico interoperable a nivel global. Miembros dentro del foro han trabajado muy duro para promover esta visión, al contar con la marca reconocida de Intel distribuyendo públicamente este mensaje le ha dado al concepto la necesitada exposición.

Actualmente dentro del foro se encuentran aproximadamente unas 250 empresas.

[http://www.wimaxforum.org/about/Current\\_Members/](http://www.wimaxforum.org/about/Current_Members/)

### **Intel y WiMAX**

<http://www.intel.com/netcomms/technologies/wimax/index.htm>

Intel impulsa la innovación de WiMAX a lo largo de industria para formar, conducir y contribuir a una amplia gama de estándares y grupos de especificaciones. Para ayudar a acelerar la instalación del acceso inalámbrico de banda amplia, Intel ha jugado un papel principal en el Foro WiMAX e IEEE para acelerar el término de las especificaciones de pruebas de cumplimiento, contribuciones de PHY y MAC y especificaciones de movilidad (802.16e).