Consideraciones para la selección de un producto del estándar Wimax Móvil 802.16e

Requirements for Product Selection of the Wimax mobile standard 802.16 e

Alberto J. García García[1], Ebenezer Leyva Machín[2]

[1] ETECSA, Cuba, alberto.garcia@etecsa.cu, Edificio Santa Clara MTC Oficina 226. Ciudad Habana. Cuba

[2] ETECSA, Cuba, ebenezer.leiva@etecsa.cu, Edificio Santa Clara MTC Oficina 226. Ciudad Habana. Cuba

RESUMEN

Este trabajo considera aspectos de implementación de redes inalámbricas de banda ancha bajo la visión del estándar 802.16e - 2005.

Su objetivo es facilitar bajo criterios técnicos, la selección de productos existentes en el mercado internacional y que potencialmente pudieran introducirse en nuestra red de telecomunicaciones con el fin de interconectarlos a la Red de Próxima Generación (NGN) que se desarrolla en el país.

Se abordan aspectos que son indispensables para la valoración de parámetros de funcionamiento del sistema en las pruebas de aceptación con vistas a la posibilidad de un despliegue.

ABSTRACT

This paper take in account topics refers to implementation of wide band wireless networks under scope of the standard 802.16e.

The goal is to facilitate under technical criteria, the products selection from the international market, and it could be introduce in our telecommunications networks, to work together with the next generation network (NGN), that is being developed in the country.

It treats essential topics for assess working parameters of the system, as well as critical topics to do trial test for a successful deployment.

Palabras claves:

Wimax móvil, estándar 802.16e, FUSC, PUSC, AMC, cobertura, Firewall, ASNGW, BTS, CPE, túneles GRE, Schedule, modulaciones digitales, OFDM, NLOS.

Key words:

Mobile Wimax, standard 802.16e, FUSC, PUSC, coverage, firewall, ASNGW, BTS, CPE, GRE tunnels, schedule, digital modulations, OFDM, NLOS.

INTRODUCCION

La evolución que en los últimos cinco años han experimentado las tecnologías inalámbricas de banda ancha, a través del estándar 802.16, y la necesidad cada vez más creciente de disponer de alternativas de transporte para entregar al cliente servicios de voz, datos y video, han favorecido la adopción de Wimax por los principales operadores de telecomunicaciones del mundo, conjuntamente con el Wimax Forum, que se esfuerza por incrementar la interoperabilidad entre fabricantes de esta tecnología y de añadir nuevas funcionalidades en cada certificación de productos que se produce, con el fin de simplificar los procesos de puesta en marcha y despliegue de estos sistemas.

Los estudios que han impulsado el desarrollo del estándar, así como los análisis de mercado, unido a las necesidades de estar conectados en todo momento y en cualquier lugar, han orientado la estrategia de los fabricantes a garantizar movilidad, semejante a una red celular, pero con el valor añadido, de altas capacidades de transmisión, para soportar, además de voz sobre IP, datos y video.

De esta forma, Wimax móvil, encaja perfectamente en las soluciones de red de próxima generación (NGN), especialmente en el entorno nacional, teniendo en cuenta escenarios específicos de nuestra geografía, y puede constituir una alternativa en el sector de acceso donde no haya infraestructura de red disponible.

Pero, ¿cómo ha de hacerse la implementación de manera adecuada?, ¿cuáles son los aspectos prácticos a tener en cuenta y las consideraciones de diseño que permitan el funcionamiento armónico del sistema?, ¿cómo sería la interacción de esta red móvil con la red NGN existente?. Estas y otras interrogantes se tratan en el siguiente trabajo, que tiene por objetivo analizar aspectos que faciliten la realización de pruebas de campo con vistas a valorar la aceptación de uno u otro sistema Wimax móvil, en nuestra red de telecomunicaciones.

arquitectura de wimax MÓVIL

Elementos de Red

El estándar 802.16e-2005 caracteriza a Wimax móvil mediante puntos de referencia constituidos por interfaces para las secciones de radio y de red, que se nombran desde R1 hasta R6. Su función es definir protocolos para la interconexión entre sus bloques funcionales.

La Fig. 1 muestra interfaces y elementos que se han incorporado para permitir movilidad, ya que el estándar fijo, se ocupaba solamente de la parte de radio. Ahora se amplía el escenario y se complica notablemente, en ambas secciones (radio y red), así como en aspectos relacionados con la interoperabilidad entre fabricantes. La evolución ha transitado hacia un mayor uso de frecuencias portadoras OFDM[1], de 256 en el sistema fijo, a 512 y 1024 en el móvil, en dependencia de la canalización (5 y 10 MHz respectivamente). Wimax fijo usa modulación OFDM, mientras que el móvil trabaja con OFDMA escalable. Este asigna a cada usuario, subcanales de 48 portadoras, aunque puede ser más de uno, en vez de entregarles la totalidad de las mismas, por lo que el sistema se hace más eficiente sobre todo para los servicios de VoIP, ya que son paquetes pequeños, típicamente de 60 bytes.

Para optimizar el uso de los recursos de radio en dependencia del tráfico, se han introducido formas de selección de frecuencias para organizar los subcanales, denominadas FUSC, PUSC y AMC[2].

Para la red de acceso Wimax móvil, constituida por el ASNGW[3] y las BTS[4], se han desarrollado tres perfiles: A, B y C, que comprenden funciones centralizadas o distribuidas entre estos dos elementos. Finalmente, los fabricantes han adoptado el perfil C (plataforma distribuida), donde los recursos de radios están concentrados en la BTS, mientras que en el ASNGW radica el control.

La atención se centrará en las interfaces de radio R1 y en las de red R3 y R6.

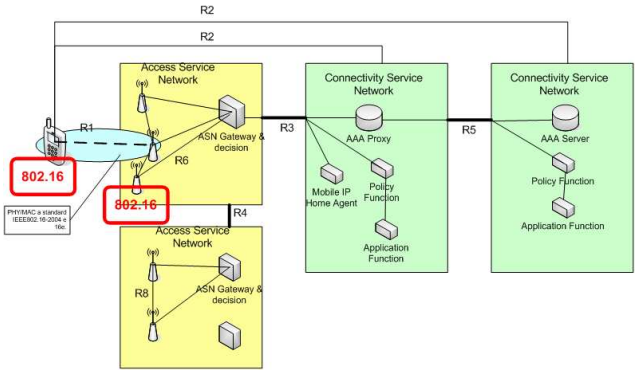

Fig. 1: Arquitectura de Wimax móvil

En la sección radio, los elementos son: Estación Base (BTS) y terminales de abonado (CPE).

Los CPE[5] pueden ser terminales fijos o móviles, interiores y exteriores. Usan por lo general protocolo SIP (Protocolo de iniciación de sesión) para el servicio de voz sobre IP (VoIP) a través de un puerto RJ11 con un teléfono convencional y permiten asociar por el puerto de datos, una red de área local (LAN) o un dispositivo de acceso integrado (IAD). Este último, tiene el objetivo de maximizar las prestaciones de voz permitiendo desde 2 hasta 32 teléfonos en VoIP. Particularmente en Wimax móvil, se utiliza además una tarjeta en la laptop (PCMCIA) para la transmisión de datos. Las ganancias de los CPE varían: PCMCIA: 2 dBi, CPE interior: 6 dBi, CEP exterior: 14 dBi. Los CPE permiten establecer mecanismos de seguridad como encriptación con

1 OFDM: Multiplexación por división de frecuencia ortogonal

2 FUSC, PUSC, AMC: Fully Used Subcannalization, Partial, and Adaptative Modulation and Coding.

3 ASNGW: Access Service Network Gateway: Controlador de Radiobases.

4 BTS: Base Terminal Station. Radiobase

5 CPE: Customer Premises Equipment.

EAP[6], listas de acceso, IPsec y funcionalidades de servicio hacia la LAN, como DHCP[7] para asignar direcciones IP, NAT[8], para traducir direcciones privadas a públicas, etc. Fig. 2.

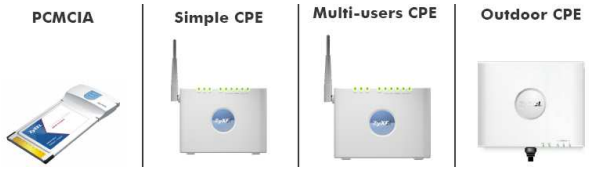

Fig. 2: Ejemplos de terminales de usuario

BTS: La radiobase permite el acceso inalámbrico de banda ancha punto – multipunto, organiza la trama, asigna los recursos de radio de acuerdo a los requerimientos de ancho de banda, crea los flujos de servicio (SF)[9] que son bidireccionales en función de la QoS[10], y se permiten 3 por cada CPE, asocia los SF a los identificadores de conexión de los terminales CID[11] en el interfaz R1 y a túneles GRE[12] en el interfaz R6 hacia el controlador ASNGW. Cada fabricante hace su implementación en forma diferente: unos, unen la unidad de banda base a la unidad de radio, otros la separan. La ganancia típica de las BTS es de 17 dBi (aunque esta varía en dependencia del tipo de antena).

ASNGW: El controlador es básicamente un router, con múltiples funcionalidades: intercambio de mensajes con las BTS para los terminales, asignación de direcciones IP, ya que puede trabajar como servidor DHCP o proxy, cliente AAA[13] para intercambiar con el servidor AAA los perfiles de usuarios mediante mensajes radius, en combinación con las BTS crea los SF, encripta en túneles GRE y gestiona los recursos de radio. Además, distribuye las claves de encriptación generadas en el AAA para garantizar seguridad en la sección de radio. Coopera con otros ASNGW para garantizar el handover[14], entre otras.

Servidor AAA: Imprescindible para realizar la entrada a la red de acceso de un CPE mediante los procedimientos de autenticación, autorización al uso de recursos y posible facturación del servicio. En el AAA se almacenan los perfiles de usuario, que contienen la lista de servicios con sus correspondientes QoS. Cuando un Terminal accede a la red, estos datos son transferidos del AAA al ASNGW y de ahí a la BTS correspondiente. En caso de ausencia de AAA, se debe declarar en el ASNGW estos perfiles.

Servidor DHCP: Optimiza la utilización de direcciones IP. Las direcciones se entregan al Terminal, después de haberse completado el proceso de autenticación. Si se prescinde de él, el ASNGW debe asumir esta función.

La ventaja de disponer de estos servidores independientes, es que se puede manejar mayor cantidad de usuarios simultáneamente.

Estructura de trama

Wimax utiliza OFDM para formar los símbolos que van a ser parte de la trama. OFDM es un tipo particular de modulación multiportadora (MCM), que trabaja dividiendo el ancho de banda total en una serie de subcanales y realiza una transmisión en paralelo sobre ellos. Las señales OFDM se generan y se detectan usando el algoritmo de transformada rápida de Fourier. (FFT). Aunque hay solapamiento entre portadoras, no hay interferencia, por la ortogonalidad entre las mismas, de ahí su alta eficiencia espectral.

La trama Wimax está formada por 47 símbolos OFDM y dura 5 ms. Cada uno de estos símbolos está compuesto por 512 o 1024 portadoras según sea la canalización, de 5 o 10 MHz. Fig. 3.

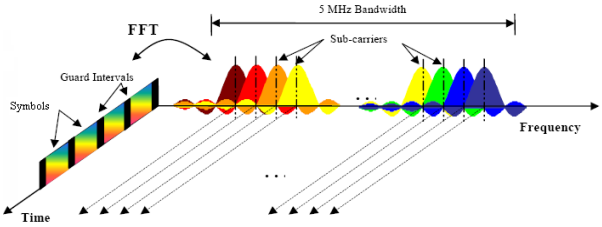

Fig. 3: Formación de un símbolo OFDM

Wimax móvil utiliza duplexación por división en tiempo (TDD), que consiste en dividir el tiempo de trama, que es de 5 ms, en dos partes, una para el tráfico de la red a los clientes (downlink), y otra para el tráfico de los clientes hacia la red (uplink). Ambas, están separadas por intervalos de tiempo, denominados ¨gap¨: el TTG[15] entre up / downlink, y el RTG[16] entre tramas consecutivas. Su objetivo es garantizar que la propagación llegue hasta el CPE más alejado de la BTS, antes de que éste comience a transmitir, y así evitar interferencias.

El preámbulo se transmite en broadcast para sincronizar a todos los CPE, posteriormente se transmite un mapa con la definición de los tiempos en que va a recibir y transmitir cada CPE, y éste debe llegar a todos, de modo que se envía en la modulación más robusta (QPSK). Fig. 4. El FCH es un encabezado de control de trama, para informar a los CPE sobre los esquemas de codificación usados en los subcanales y la longitud de los mensajes DL-map y UL map.

6 EAP: Extensible Autentication Protocol

7 DHCP: Dinamic Host Control Protocol.

8 NAT: Network Address Translator.

9 SF: Service Flow. Flujos de servicio.

10 QoS: Quality of Service. Calidad de Servicio.

11 CID: Conection Identifier.

12 GRE: Generic Routing Encapsulation.

13 AAA: Authentication, Autorization and Account

14 Handover: cambio automático de celda sin interrumpir la comunicación.

15 TTG: Transmit to receive Transmission Gap

16 RTG: Receive to transmit Transmission Gap

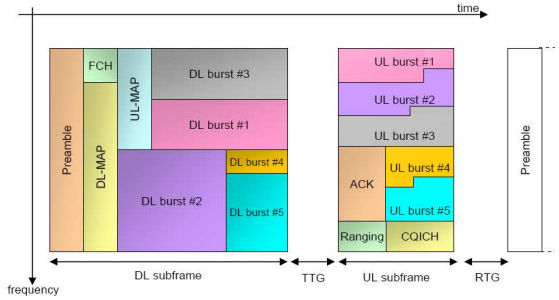

Fig. 4: Estructura de trama de Wimax móvil

A continuación se transmiten bloques de datos, denominados burst[17]. Cada burst diferente corresponde a información a entregar a un grupo de CPE con igual tipo de modulación. El tiempo de duración del burst y la cantidad de subcanales que ocupa depende del ancho de banda asignado a cada usuario. Estos burst se transmiten utilizando uno de los tipos de permutaciones o combinaciones de frecuencia configurados en el sistema (FUSC, PUSC o AMC) en el sentido de downlink. Fig. 5.

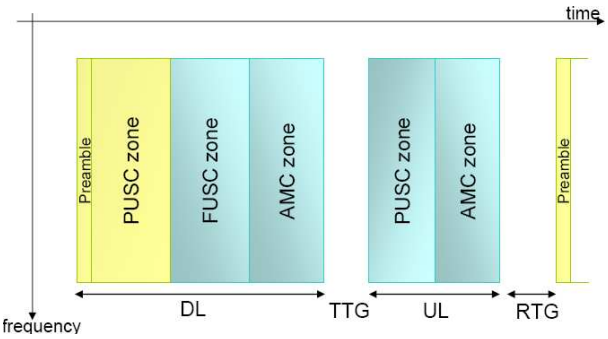

Fig. 5: Transmisión de los bloques de datos

En uplink solo se permiten PUSC y AMC. FUSC no se emplea en uplink porque cada CPE solo va a transmitir a la BTS algunos subcanales, de 48 portadoras de datos y no va a emplear la totalidad de las mismas.

En uplink, el ranging es el proceso de intercambio de capacidades entre el Terminal Wimax y la BTS para ajustar potencia y realizar las solicitudes de ancho de banda. El ACK lo constituyen mensajes de realimentación a la BTS para la corrección de errores en el intercambio de mensajes. El CQICH es la realimentación a la BTS del estado del canal.

Los sistemas Wimax utilizan modulación y codificación adaptativa para aprovechar al máximo las condiciones del canal de radio. Se sensa la relación S/N, haciéndose una estimación del canal de radio, se realimenta al controlador, que cambiará el esquema de codificación y/o modulación en función de esta información, ordenando al CPE el cambio del nivel de potencia para que en receptor de la radiobase, todos los CPE lleguen con niveles similares, evitando interferencia. Mediante esta combinación se garantiza alta razón de transmisión cuando son buenas las condiciones del canal.

17 Burst: Ráfaga de datos (bloques de datos).

Consideraciones para la selección de productos Wimax móvil.

Uno de los aspectos más importantes es determinar el alcance y la capacidad máxima de transmisión en cada sector de radio o throughput. La forma en que el fabricante implementa la asignación de los intervalos de tiempo y frecuencias determina este rendimiento. Este proceso lo lleva a cabo el programador o ¨scheduler¨, de modo que el rendimiento del sistema, varía de fabricante en fabricante, ya que este aspecto no está estandarizado ni por el Forum Wimax ni por el estándar 802.16e- 2005.

Determinación del tipo de ¨scheduler¨

Los fabricantes desarrollan el scheduler basado en dos ideas: Maximizar el throughput y garantizar equidad en la transmisión a todos los usuarios. Por ejemplo: En la Fig. 6 el scheduler asigna tiempo de transmisión al usuario 2 cuando las condiciones del canal del usuario 1 son malas y viceversa. Aunque hay implementaciones propietarias, en la literatura se reportan schedules bien definidos, como son:

Round Robin: Garantiza un tiempo igual de transmisión a todos los usuarios, independiente de la condición de radio. No es muy eficiente porque si el usuario no tiene la mejor condición de radio se le asignan recursos de todas formas. Este método no tiene ninguna realimentación sobre las condiciones del canal de radio. Este tipo de scheduler es apropiado para sistemas rurales con zonas despejadas.

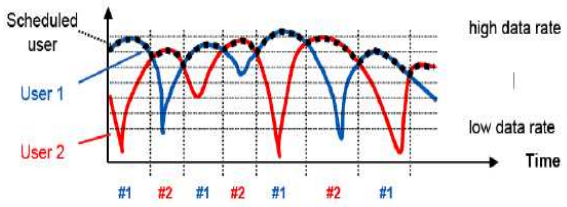

Fig. 6: Funcionamiento del scheduler

Proportional Fair: Asigna un tiempo proporcional a la condición de radio instantánea, generando un valor de prioridad sobre los usuarios. Tiene mejor desempeño que el Round Robin, aunque es más complejo. Es apropiado para ambientes urbanos de alta densidad de población porque mantiene un número alto de usuarios con la menor razón de transmisión mínima además de un buen throughput.

Max CINR[18]: Se sirve al usuario con la mejor condición de radio instantánea. Es injusto porque los CPE más cercanos a la BTS tendrán mayor tiempo de transmisión y mayor throughput.

Utilización de técnicas multiantenas

18 CINR: Carrier- Interference and Noise Ratio

La técnica de Multi-Antena está basada en el uso de múltiples antenas para la transmisión y ó la recepción, con el objetivo de aumentar capacidad, cobertura, o ambas. Al evaluar el desempeño de un sistema es importante probar en cuanto mejora el sistema con la activación y desactivación de esta característica. Hay tres formas de utilización:

Beamforming: Consistente en usar arreglos de antenas a λ/2, correlacionando las señales de esta forma. Mediante el procesamiento digital de señales se controla la direccionalidad o sensitividad del patrón de radiación, enviando más información por la antena con mejores características de radio respecto al CPE, lográndose incrementar capacidad y cobertura.

Multiplexación espacial: Se transmiten flujos en paralelo sobre varias antenas, que deben estar separadas alrededor de 10 λ, multiplicando el throughput por cada una de ellas.

Fig. 7: Multiplexación espacial

No es adecuado para escenarios rurales. Es importante seleccionar CPE con más de una antena y probar los efectos de esta funcionalidad respecto al trabajo con una sola antena.

Codificación Espacio – Tiempo (STC): Se transmite el mismo flujo sobre dos antenas, pero se codifican con algoritmo de Alamuti, incrementando la robustez o el alcance.

Uso de control automático de potencia

El uso de esta funcionalidad permite a los CPE utilizar la potencia de forma óptima durante su transmisión en uplink, disminuyendo la interferencia total del sistema, manteniendo la calidad del enlace. Aunque hay dos métodos bien definidos para ejecutarla, la implementación de esta funcionalidad es específica del proveedor, y no está declarado como estándar.

Verificar si la conmutación se realiza en el ASNGW o en la red IP/MPLS

El estándar no define como obligatorio que el ASNGW debe conmutar el tráfico local provenientes de terminales asociados a las BTS, para evitar que este vaya al router PE de la red IP/MPLS, y se acuden a dos explicaciones: la primera es que si un usuario de un CPE genera desde un PC un ataque contra otro CPE, éste iría encapsulado en la sección entre la BTS y el ASNGW en un túnel GRE, entonces el ASNGW conmutaría el túnel y sería imposible parar el ataque. Habría que desencapsular el túnel para revisar el paquete, por eso, plantean que es mejor, hacer esta operación y enviarlo al router PE. En muchos países es obligatorio disponer de la supervisión legal de la llamada, con posibilidades de grabar conversaciones, de modo que el tráfico debe pasar por un punto centralizado para este fin.

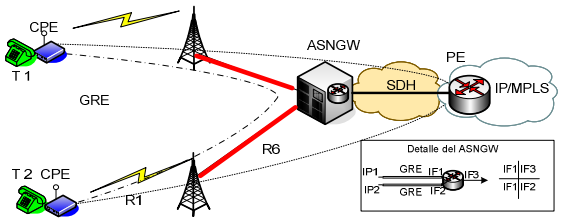

Fig. 8: Posibilidades de conmutación de llamada

Revisar este aspecto es importante, porque si el ASNGW y el router PE se encuentran a kilómetros de distancia, y se aplica el criterio de conmutar en el PE, entonces habría que transportar este tráfico, que es local entre usuarios de una BTS hacia el PE, consumiendo recursos de transmisión, en ambos sentidos, utilizando doble ancho de banda. En algunos escenarios, podría prescindirse de supervisión de llamadas y aplicarle a los terminales todas las políticas de seguridad de que disponen (listas de acceso, encriptación con EAP, etc.) y configurar la conmutación en el ASNGW, tal y como lo hacen muchas unidades remotas de abonado (URA) de la red PSTN.

Verificar interoperabilidad de IAD con la red NGN y tomar medidas de seguridad en instalaciones del usuario

Los CPE que se están valorando para dar servicio en la red Wimax, trabajan con protocolo SIP y tienen un puerto POTS y otro para el PC. Es conveniente maximizar las prestaciones del CPE para el servicio de voz conectándole un IAD que brinda la posibilidad de servicio a 30 teléfonos, e incluso una LAN. Pero hay que tener en cuenta algunos detalles: Primero, hay que probar que el IAD a instalar, funciona correctamente asociado directamente a la red NGN. Segundo, hay que conectar el IAD al puerto de datos del CPE, debido a que el IAD normalmente trabaja con protocolos H248 o MGCP, y el establecimiento de la llamada debe hacerse hacia el softswitch, por eso las señales de VoIP deben tratarse por la interfaz de datos, semejantes a los paquetes IP generados por el PC, pero con la adecuada clasificación y marca en el paquete para asegurar la QoS desde el terminal hasta la red. Se enfatiza en tomar en el Terminal las medidas de seguridad para evitar que desde PC de la LAN del IAD puedan generarse paquetes malignos simulando paquetes de VoIP y con ello iniciar ataques de denegación de servicios o fraudes en la marca del paquete, haciendo pasar paquetes de datos con la misma prioridad que si fuera voz. Es por eso que el primer dispositivo de la red del operador, que se encuentra en zona segura debe remarcar los paquetes chequeándole algunos parámetros, y pudiera para esto emplearse un SBC19 o un MSCG20, fundamentalmente para validar el tráfico proveniente de equipos NGN o conectados a ella, como CPE de Wimax.

19 SBC: Session Border Controller

20 MSCG: Multi Service Control Gateway.

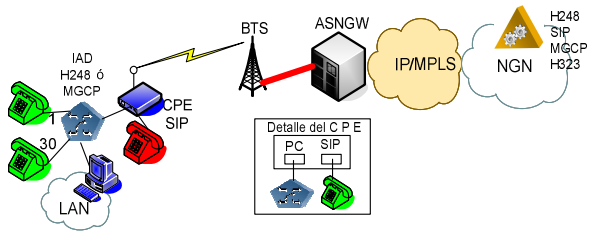

Fig. 9: Llamadas desde un IAD y un CPE a la red

El tráfico en sentido contrario, es decir, de la PSTN a equipos NGN o Wimax no es tan difícil de controlar porque transita desde las centrales telefónicas hacia los gateways troncales (UMG) y no hay posibilidad de interferencia o intercepción directa en la información que transita hacia la red de conmutación de paquetes.

Verificar correspondencia entre perfiles de usuario y ancho de banda existente en el interfaz R3

Cuando un usuario entra en la red Wimax, el servidor AAA debe transferir los perfiles de usuario al ASNGW y éste a la BTS correspondiente. Por cada perfil de usuario están declarados los anchos de banda que se necesitan en up y downlink por cada usuario, para garantizarle los parámetros de QoS. El Wimax Forum no ha definido la forma de intercambio de perfiles entre el AAA, el ASNGW y las BTS, por eso cada fabricante lo implementa con protocolo propietario. Si no hay AAA, entonces en el ASNGW se configuran los perfiles y se decide la forma de envío particular hacia las BTS. Con ayuda del perfil de usuario, se crean los flujos de servicio (SF) entre la BTS y el CPE Para llamadas de Voip se configura en el perfil 26,4 kbps para la codificación G.729. Si las condiciones de radio se deterioran y la relación S/N disminuye, Wimax no prevé cambio de codificación automática a G.711 (90 kbps), como lo puede hacer la red NGN, de modo que los parámetros de QoS de la llamada se pueden deteriorar y hacerse infructuosa la misma. Si este fenómeno se multiplica por la cantidad de usuarios y el ancho de banda hacia la red ha sido dimensionado estrictamente, se puede producir un cuello de botella en este sector de red.

Hasta ahora se tiene a disposición la versión 1.0 de software. Se espera que en la versión 1.5, quede incorporada esta funcionalidad, y eso sería en la primera certificación que se realice en el 2009.

Un ejemplo de la precisión con que hay que asociar el ancho de banda definido en el perfil y los servicios del usuario es el siguiente: Supongamos un CPE con un IAD asociado cuyo ancho de banda definido en el perfil es 780 kb, y un teléfono adicional con 26 kb. Además, en el CPE están configurados los 3 SF bidireccionales permitidos, uno por cada tipo de servicio (1 SF para VoIP, 1SF datos BE, y 1 SF datos ftp). En la definición del perfil para VoiP se debe considerar el ancho de banda ocupado por los abonados del IAD conjuntamente con el del teléfono individual, porque ambos van por el mismo SF en el trayecto radio, aunque funcionen uno con señalización SIP y el IAD con H248 o MGCP, de modo que el ancho de banda para el SF1 es: 780 + 26 = 806 kb, y no solo de 780 kb solo para el IAD. Cuando hay varios dispositivos del lado del cliente con diferentes perfiles se pueden integrar estos en una pareja de SF. La diferencia entre 26,4 kb y 24 kb teóricos es para garantizar que los valores de máxima latencia y jitter tolerado estén dentro de los valores permisibles por el estándar.

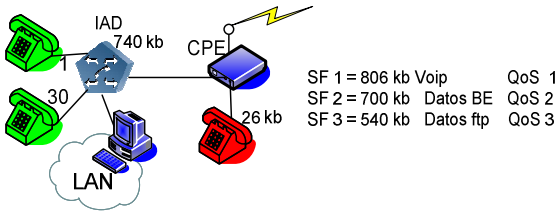

Fig. 10: Service Flow asociados a la QoS

Selección de herramientas de medición

Para la verificación de los aspectos considerados anteriormente, se necesitan de herramientas de software efectivas que permitan obtener resultados. Se han seleccionado las siguientes:

- Software generador de tráfico iperf.: Se instala en ambiente cliente servidor. Permite generar tráfico tanto UDP como TCP, definir el tamaño de los paquetes, simulando paquetes de VoIP para distintas codificaciones de la serie G, así como paquetes de datos de mayor longitud. La versión 1 funciona en modo comando MS-DOS, y la versión 2, cuenta ya con ambiente gráfico.
- Software Couei. Permite analizar los parámetros de radio (Potencia transmitida, nivel de señal recibido, CINR, e identificadores de celdas y BTS, entre otros) y construir un mapa de cobertura mediante la sincronización del software con un GPS, con lo cual se calcula la ubicación del punto de medición. Este software necesita licencia para su uso.
- Softwares de captura de tráfico: Wireshark Captura paquetes en modo promiscuo y permite analizar parámetros de la sección de radio.
- Software analizador de llamadas de VoIP: Hammer Call Analyzer: Ofrece estadísticas detalladas de pérdidas de paquetes, demora promedio, jitter, etc. Filtra paquetes de n llamadas y hace la correspondencia con la secuencia de mensajes durante su establecimiento en modo gráfico. Puede reproducir conversaciones a partir de paquetes capturados. No es un software libre, y necesita licencia para su uso.

Aspectos a verificar en pruebas de campo

Durante la realización de las pruebas de campo es importante disponer de un esquema de pruebas y de

herramientas que permitan caracterizar la sección de radio y garantizar su interconexión con la red. Esto debe hacerse en dos fases:

- Probar la sección Wimax.
- Interconectar Wimax a la red IP/MPLS y a la NGN para tener acceso a los servicios.

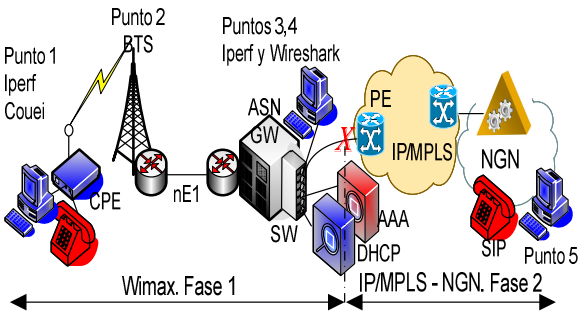

Fig. 11 Esquema propuesto para la realización de pruebas de campo y puntos de medición

Prueba de cobertura de las celdas

Esta prueba permite comprobar las predicciones hechas por el estudio de cobertura con herramientas de software.

Para la misma se necesita en el sector bajo prueba seleccionar una ruta a recorrer, como ejemplo la señalada con línea roja en el mapa, Fig. 12, disponer de una Laptop con PCMCIA Wimax para entrar a la red, tener instalado el IPERF y el Couei que recogerá los parámetros de radio, así como la localización geográfica, medición por medición gracias a su interacción con un GPS y en la interfaz R3 tener un servidor con el IPERF.

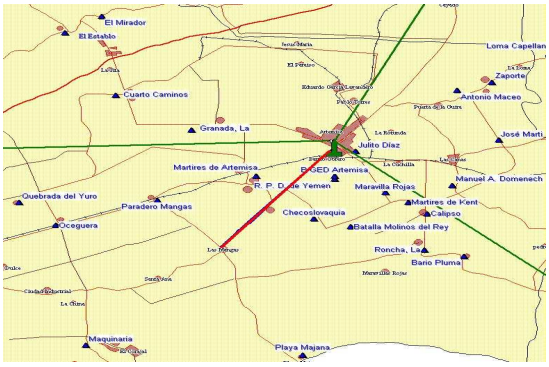

Fig. 12: Mapa del sector bajo prueba

Se configura el CPE con perfil de datos a máxima razón de datos sostenida y se inicia la prueba en el punto seleccionado generando trafico con el IPERF entre los puntos 1 y 4 de la Fig. 11, midiendo los parámetros de radio y de localización geográfica con el Couei iniciando el movimiento a baja velocidad (30 Km/h) durante 15 min, que representan aproximadamente 7 km, que es la distancia límite de la celda para una tarjeta PCMCIA. Se exporta los datos del Couei a un fichero Excel. Se grafica RSSI vs distancia y CINR vs distancia. Con estos resultados se conocen los tipos de modulación en cada punto medido, así como la razón de velocidad a entregar a cada usuario y por tanto se definen las zonas en base a las condiciones de propagación, que pueden ser: buenas, cuando el valor de CINR tanto en up como en downstream es mayor de 25 dB, regulares cuando el CINR está entre 12 y 25 dB y malas, por debajo de 12 dB. Esta prueba es conveniente realizarla para una canalización de 5 y 10 MHz y en todos los sectores de la BTS.

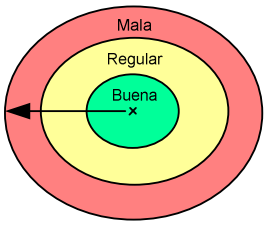

Fig. 13: Zona de cobertura resultante

Prueba de capacidad de radio y esquema de modulación y codificación

Se identifican 6 puntos de prueba con buenas condiciones de radio Con IPERF se generan paquetes UDP a la máxima razón de datos sostenida configurada para el CPE (6 Mbps). El tráfico se mide durante 300 s. Desde el Terminal de gestión en la BTS se cambia el esquema de modulación y codificación para medir el throughput (capacidad), hacia ese CPE. Este procedimiento para cada tipo de modulación, y para canalizaciones de 5 y 10 MHz. El resultado de estas mediciones se compara con la referencia dada por el fabricante para cada tipo de modulación. De esta forma, se puede estimar ancho de banda a entregar a cada usuario por tipo de servicio.

Prueba funcional de desempeño de la red

Contempla la comprobación de entrada a la red, la asignación de la dirección IP al CPE, la activación de los Service Flow (SF), la gestión de la QoS, la salida de la red y la comprobación de si se soportan escenario fijo, nómada, portable y móvil.

1.- La comprobación de la entrada a la red tiene por objetivo verificar el comportamiento de los terminales Wimax con la autenticación de usuario habilitada para diferentes condiciones de propagación. Para esta prueba se puede utilizar cualquier perfil de usuario y se debe seleccionar al menos un sitio de condiciones de propagación buena, otro de condiciones medias y un tercero, malo.

Se inicia la captura de paquetes con el Wireshark en los puntos de medición 1 y 3, así como la traza de registro en la BTS mediante el sistema de gestión local (LMT) y la toma de los parámetros radio con el Couei, entonces se introduce la PCMCIA y se espera hasta que la tarjeta Wimax sea conectada a la red. Se genera tráfico de subida mediante el IPERF entre los puntos de medición 1 y 4 para verificar que la conexión trabaja correctamente. Se para la medición haciendo la captura de paquetes en todos los puntos. Esta prueba se debe repetir al

menos tres veces en cada punto seleccionado para la medición.

Del análisis de la captura hecha por el Wireshark se debe evaluar la duración de la autenticación, la duración del DHCP, la duración de la entrada a la red y la duración de la entrada del CPE. Las demoras del estos procesos en la red de telecomunicaciones determinará la efectividad con que el usuario obtenga el servicio.

2.- Para verificar la asignación de la dirección IP a los CPE y PCMCIA se debe probar: La asignación de direcciones IP estáticas por el servidor AAA, la asignación de direcciones IP para un rango de direcciones locales y la asignación de direcciones IP por un DHCP externo.

Después de configurar en el servidor AAA la información del abonado (CPE), asignándole una dirección IP estática, se crea en el Terminal Local de Mantenimiento (LMT) una traza para ese abonado, cuando el CPE acceda satisfactoriamente a la red, se realiza la consulta al LMT para verificar que el servidor AAA envió la dirección IP estática al ASNGW y este se la envía al CPE a través del proceso DHCP trabajando como Proxy DHCP.

La asignación de direcciones IP para un rango de direcciones locales, se realiza configurando en el servidor AAA la información del abonado sin darle ni dirección IP estática ni dirección IP del servidor DHCP. Se configura en el ASNGW un dominio con un rango de direcciones IP, asignándose un tiempo de vida de 10 min a las direcciones.

Cuando el MS inicia solicitud de entrada a la red adoptando el dominio configurado se rastrea los mensajes del MS a través del LMT. Después de producirse un acceso satisfactorio se realiza una consulta donde se debe comprobar que en los mensajes radius enviados por el servidor DHCP no aparece dirección IP. El ASNGW debe seleccionar una dirección IP del rango de direcciones locales enviándola al MS a través del proceso DHCP junto al tiempo de vida configurado.

La asignación de direcciones IP por un DHCP externo, se efectúa cuando se tiene conectado uno al ASNGW y en el mismo se tiene configurado un tiempo de vida para las direcciones por ejemplo 10 min. Para la prueba se monta una traza en LMT al MS y cuando este acceda satisfactoriamente a la red se realiza una consulta para verificar que la dirección IP asignada al MS fue la asignada por el servidor DHCP y que el tiempo de vida fue el configurado en el DHCP.

3.- En la prueba de activación de los SF se debe verificar la capacidad del MS, la BTS y el ASNGW de establecer varios SF por Terminal. Se configuran el máximo número de SF para el Terminal (tres parejas). Las herramientas necesarias para esta prueba son: Wireshark, Couei, IPERF y la utilización en la BTS de una traza de registro o captura de paquetes vía LMT. Se escoge para la prueba un sitio con buenas condiciones de propagación, se inicia en el punto 1 el Couei y en el punto 1 y 3 el Wireshark y cuando la PCMCIA este conectada a la red se comienza a generar trafico TCP mediante seis sesiones de IPERF para transmitir trafico por cada uno de los seis SF configurados. Al parar la prueba se debe capturar los paquetes en todos los puntos de medición para la comprobación de que todos los SF estaban activos y que la transmisión por cada uno de los SF estaba acorde al perfil de QoS configurado para cada uno de ellos.

4.- Para verificar la gestión de la QoS se deben tener diseñados un grupo de perfiles de usuarios con la calidad de servicio a probar.

El perfil de usuario se incluye dentro del servidor AAA y durante el proceso de autenticación se transmite al ASNGW el cual lo asocia a un SF enviándolo a la BTS del abonado a probar.

El objetivo de esta prueba será verificar que el límite de throughput sea correcto respecto a la definición del perfil del servicio del usuario.

Para la prueba se selecciona un sitio con condiciones de propagación buena y se utiliza las herramientas, Wireshark en los puntos de medición 1 y 3, Couei en el punto de medición 1 e IPERF en los puntos de medición 1 y 4.

Se prueba cada perfil en bajada y en subida con paquetes TCP y UDP generados por IPERF durante 2 minutos.

Se repiten todas las pruebas para un MS y dos SF y después para 2 MS y un SF.

5.- La salida de la red puede ser producida por el Terminal, la BTS, ASNGW y por el AAA. Esta puede ser causada por una situación normal de apagado o debida a una falla. Se debe verificar y evaluar la salida de la red del MS en una condición activa, desde una condición de iniciado a la red abortando la misma, por algún elemento de red (BST, ASNGW o AAA) cuando la conexión es activa y la salida de la red del MS cuando la conexión esta en modo libre. En todas se mide el tiempo de demora en la salida a la red y se utilizan las herramientas Couei y el Wireshark.

6.- La comprobación de si se soportan escenario fijo, nómada, portable y móvil se realiza configurando en el servidor AAA cada uno de los modos deshabilitando en los dos primeros el handover y en el tercero y cuarto se habilita el handover. La prueba se realiza, montando una traza de mensajes del MS a través de LMT. El MS accede a la red en la BTS1 y se pasa este a la BTS2. En los dos casos primeros en handover debe fallar y el tercero y cuarto debe funcionar.

Esta larga prueba determina el comportamiento del sistema extremo a extremo, y da una idea de capacidades, velocidades y eficiencia de la red Wimax. Sirve además como elemento de comparación para evaluar tecnologías de otros fabricantes.

Prueba del desempeño del reuso de frecuencia

El desempeño del reuso de frecuencia y la prueba de interferencia entre sectores completan el análisis de la sección radio. Para la primera se verifica el comportamiento del sistema para las condiciones de reuso de frecuencia 3 y 1. Se escoge una ruta que presente condiciones de propagación de radio buena, media y mala. Esta prueba se realiza habilitando el handover, se utilizan las herramientas IPERF y Couei.

Después de ejecutar la entrada a la red se verifica que exista conectividad IP, se inicia la generación de trafico UDP de 6 Mbps con el IPERF y con el Couei se registran los parámetros radio. Se inicia el recorrido a la ruta durante 15 minutos. Se salvan los ficheros IPERF y Couei. Como resultado se da el

mapa de la ruta, gráficos de los parámetros radios medidos (valores promedio y desviación estándar) y el throughput obtenido en cada medida. Se repite de nuevo la prueba para el reuso 1 de frecuencia.

Estas pruebas del sector de radio complementan los resultados de la sección de red en su interacción con la plataforma de servicios a los clientes, en este caso, la red NGN.

Pruebas de interconexión a la red NGN

La Fig. 14 muestra la conexión entre la red Wimax y la red NGN en servicio que se ha desarrollado en Cuba, interactuando con la red IP/MPLS de reciente creación y con la red de conmutación de circuitos tradicional.

En esta fase de pruebas debe asegurarse lo siguiente:

1. Que el tráfico de voz proveniente de Wimax cumpla con los procedimientos de seguridad declarados en la Recomendación X-805 UITT del 2003. Para esto el tráfico de VoiP debe ser analizado por los SBC antes de transitar por el backbone IP/MPLS.

2. Que la QoS extremo a extremo se encuentre dentro de los parámetros establecidos, en especial el jitter, la demora promedio y la pérdida de paquetes.

3. Que los servicios básicos, suplementarios y centrex funcionen con las mismas características o similares, que los de la red NGN y PSTN.

4. Que los reportes de facturación del servicio Wimax a través de los servidores de la red NGN se identifiquen correctamente.

5. Que los controles de ancho de banda declarados en la red IP/MPLS se ajusten al ancho de banda consumido en la red Wimax.

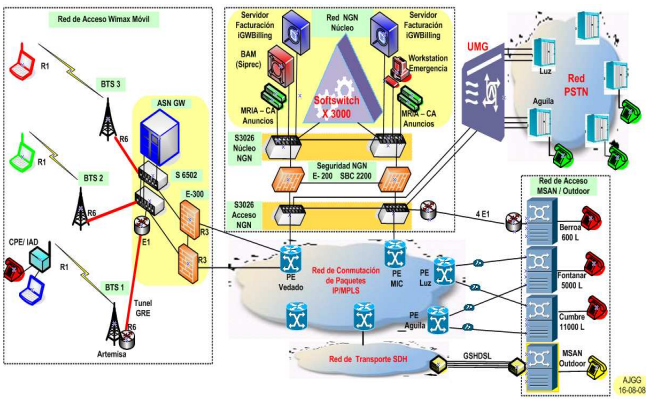

Fig. 14: Interconexión de la red Wimax a la Red NGN

Luego de la realización de estas pruebas, se dispondrán de datos y mediciones que permitirán valorar en qué zonas es más efectivo desplegar un sistema, realizar análisis costo – beneficio en relación a otras tecnologías en el sector de acceso, etc. Se requiere de experiencia, coordinación entre el personal de los diferentes segmentos de red y de

nuevos conocimientos para enfrentar a esta tecnología y hacerla funcionar adecuadamente en la red.

CONCLUSIONES

1. El estándar 802.16e-2005 se encuentra en constante evolución, para mejorar su desempeño en los sectores de radio y red.

2. Los aspectos de estandarización en los bloques funcionales e interfaces no están resueltos aún, ni la gestión de CPE de diferentes fabricantes, lo que obliga a ser cuidadoso con la selección del equipamiento.

3. Para valorar un producto deben considerarse los aspectos abordados en el trabajo, conjuntamente con las recomendaciones del proveedor y el escenario en particular.

.

REFERENCIAS

[1] Documento Técnico. Telecom Italia, v3. Wimax móvil. 2008.

[2] Example Hammer Call Analizer.pdf, 2008.

[3] Fundamentals of Wimax, Prentice Hall, 2007.

[4] IEEE Standard 802.16 2004.

[5] IEEE Standard 802.16e 2005.

[6] Mobile Wimax Trial. ToL Presentation, 2008.

[7] Mobile Wimax. A Technical Overview and Performance Evaluation. Wimax Forum. June 2006.

[8] Multicarrier Digital Communications. Theory and Applications of OFDM. Kluwer Academic. Admad, Bahai and Burton. 2002.

[9] Multicarrier Techniques for 4G Mobile Communications. Artech House. 2003.

[10] Tablas de cálculo de capacidad, cobertura, interferencia, pérdidas de paquetes y movilidad. Xls, 2008.

[11] The Bussines of Wimax. Deepak Pareek. 2006.

[12] Wimax Forum Certification Process.pdf. 2007.

[13] Zyxel Configuration.pdf. 2008.

[14] http://dast.nlanr.net/projects/Iperf/

[15] http://www.wireshark.org/download.html

AUTORES

Alberto Javier García García. Graduado de Ingeniero en Telecomunicaciones en 1987, Diplomado en Telemática en el 2002 y Máster en Telemática en el 2004. Ha publicado trabajos sobre redes de acceso y redes de próxima generación en las revistas Giga y Tono. Ha sido ponente en eventos de Informática y Fordes. Es Consultor de la Revista Tono y Profesor del Centro de Formación Nacional. Se desempeña como Especialista Principal del Departamento de Investigación y Desarrollo de la Dirección de Tecnologías de ETECSA.

Ebenezer Leyva Machín. Graduado de Ingeniero Eléctrico en 1967. Ha publicado trabajos sobre redes de acceso inalámbrico de banda ancha en la revista Tono. Ha sido ponente en eventos de Informática y Fordes. Es Consultor de la Revista Tono y Profesor del Centro de Formación Nacional. Se desempeña como Especialista del Departamento de

Investigación y Desarrollo de la Dirección de Tecnologías de ETECSA.