

Aplicaciones en tiempo real sobre la red móvil WiMAX en escenarios de alta movilidad: desafíos y oportunidades

Marina Aguado, Miguel Ángel Parada, Eduardo Jacob
{marina.aguado, eduardo.jacob}@ehu.es, jtbpamom@aintel.bi.ehu.es
Universidad del País Vasco UPV-EHU

ABSTRACT — El grupo de trabajo NWG del WiMAX Forum ha definido los requisitos de red extremo-a-extremo, la arquitectura y un conjunto de protocolos para lo que se denomina *la red móvil WiMAX*. Esta arquitectura incluye las especificaciones de la interfaz aérea del estándar IEEE 802.16. En este artículo se realiza el análisis del rendimiento de uno de los tipos posibles de despliegues soportados por esta arquitectura de red, el despliegue IPoETH en red ASN (Access Service Network) puenteada. Para realizar este estudio, se ha considerado uno de los escenarios más exigentes: el despliegue de aplicaciones en tiempo real en escenarios de alta movilidad cuando diferentes nodos móviles realizan intra ASN e inter ASN handovers a diferentes velocidades. Como resultado del análisis se ha comprobado que los requisitos exigidos por el WiMAX System Profile 1.0 son atendidos de forma satisfactoria. Sin embargo, en el contexto de la aparición de nuevos perfiles con soporte a mayor velocidad en las próximas versiones del estándar IEEE 802.16 (802.16m), son necesarios estudios más detallados del proceso de handover inter ASN.

I. INTRODUCCIÓN

El Sector de Radiocomunicaciones de la Unión Internacional de Telecomunicaciones (ITU-R) decidió en Octubre de 2007 incluir la tecnología WiMAX en la familia de estándares IMT-2000. Esta decisión representa un impulso importante para dicha tecnología al presentar nuevas oportunidades para su despliegue, así como la posibilidad de beneficiarse de mayores economías de escala. La red móvil WiMAX está, a día de hoy, considerada como una solución competitiva que, gracias al soporte a la movilidad ofrecido por su red multi-celda, está llamada a complementar o a sustituir a las actuales redes celulares 3G. Está previsto que los operadores móviles puedan desplegar estaciones base WiMAX complementando sus ya existentes despliegues celulares 2G ó 3G. Otro escenario de trabajo preferente para el despliegue de tecnología WiMAX lo constituyen los contextos de poca densidad demográfica, como los entornos rurales, vías de circulación o mallas ferroviarias.

Como ejemplo del fuerte impulso que está tomando la tecnología WiMAX, más de cien empresas presentaron sus equipos WiMAX Mobile, en el último CTIA en Las Vegas. En el stand del WiMAX Forum destacó la demostración realizada por Intel, junto con sus *partners* Clearwire, Motorola y Xhom, de un despliegue de una red WiMAX Mobile en una flota de vehículos desplazándose a 60km/h y transmitiendo video en tiempo real desde el centro de la ciudad de Las Vegas hasta el stand de la feria. El esfuerzo de estas cien empresas, reflejaba que, la tecnología 4G (cuarta generación de comunicaciones móviles), ya está en el mercado de la mano del WiMAX Forum, en tanto que la propuesta 4G de las operadoras, la tecnología LTE (Long Term Evolution), tiene pendiente todavía algunas etapas en su proceso de estandarización.

El trabajo aquí expuesto tiene por objetivo analizar el despliegue de aplicaciones en tiempo real en la red móvil WiMAX en entornos de alta movilidad al mismo tiempo que identificar sus puntos críticos. Con tal propósito, se ha hecho uso de maquetas reales, así como de plataforma de simulación, en donde han sido modelados alguno de los escenarios o casos de uso más críticos. Este artículo está estructurado como sigue: en la sección II se presenta la evolución de familia de estándares IEEE802.16; a continuación, la arquitectura de referencia WiMAX y en especial una de sus modelos de despliegue; en la sección IV los requisitos demandados a los despliegues en tiempo real sobre estas arquitecturas en escenarios de alta movilidad; en la sección V, la metodología de análisis realizada presentando los diversos escenarios de prueba y, por último, la sección VI, incluye las conclusiones así como indicaciones para los próximos pasos.

II. LA FAMILIA IEEE 802.16 Y EL IMT-ADVANCED

La familia de estándares IEEE 802.16 ha evolucionado desde la primera normativa (IEEE 802.16 2001) en escenarios de red fija, comunicaciones punto a punto y despliegues con visión directa en el rango de frecuencias de 10-66GHz, hacia un escenario con soporte a movilidad vehicular hasta 120Km/h, comunicaciones punto multipunto y despliegues NLOS (Non-Line-of-Sight) en la especificación actual IEEE 802.16e. En un futuro muy próximo, el siguiente proceso de estandarización en el cual el grupo IEEE 802.16 está trabajando, el proyecto IEEE 802.16m, soportará tanto las clases de movilidad, como los escenarios soportados por los sistemas celulares IMT-Advanced, incluyendo un escenario vehicular de alta velocidad (hasta 350 Km/h o incluso hasta 500 Km/h). [1,2].

IMT-Advanced es el concepto desarrollado por la ITU para sistemas de comunicaciones móviles con capacidades que van más allá de las proporcionadas por el IMT-2000. Está previsto que el desarrollo de IMT-2000 alcance un límite de alrededor

de 30 Mbps, aunque, según la ITU, para 2010, se estima que existirá la demanda por una nueva tecnología de acceso inalámbrico capaz de soportar incluso mayores ratios de tráfico. IMT-Advanced tiene previsto soportar hasta aproximadamente 100 Mbps en entornos de alta movilidad y 1Gbps para escenarios de movilidad reducida tales como acceso local inalámbrico y nómada.

III. LA ARQUITECTURA DE REFERENCIA WIMAX

El WiMAX Forum es una organización sin ánimo de lucro liderada por la industria para la promoción y certificación de compatibilidad e interoperabilidad de productos IEEE 802.16. Se puede establecer una analogía entre la promoción del estándar IEEE 802.11 por parte de Wi-Fi y la promoción que hace WiMAX para el uso del estándar IEEE 802.16. Para promover la interoperabilidad de manera efectiva, el WiMAX Forum define lo que es comúnmente conocido como los *radio WiMAX System Profiles*. Un perfil de sistema radio WiMAX es un conjunto de características opcionales y obligatorias dentro de la normativa IEEE 802.16e que todo equipo WiMAX debe atender. Para cada perfil de sistema existen múltiples perfiles de certificación (p.e. Wave 1 y Wave 2 para WiMAX Mobile System Profile Release 1.0) [3]. Es necesario tener en cuenta que la normativa IEEE 802.16 desarrolla solamente la interfaz aire o capas MAC y PHY, pero no define una arquitectura de red completa para una comunicación extremo-a-extremo. Queda entonces dentro del ámbito de trabajo del Network Working Group del WiMAX Forum el proporcionar especificaciones de red a un nivel superior por encima de las especificaciones de la normativa IEEE 802.16. El NWG (Network Working Group) del WiMAX Forum ha definido unos requisitos [4], una arquitectura [5] y un conjunto de protocolos para lo que se conoce como *la red móvil WiMAX*.

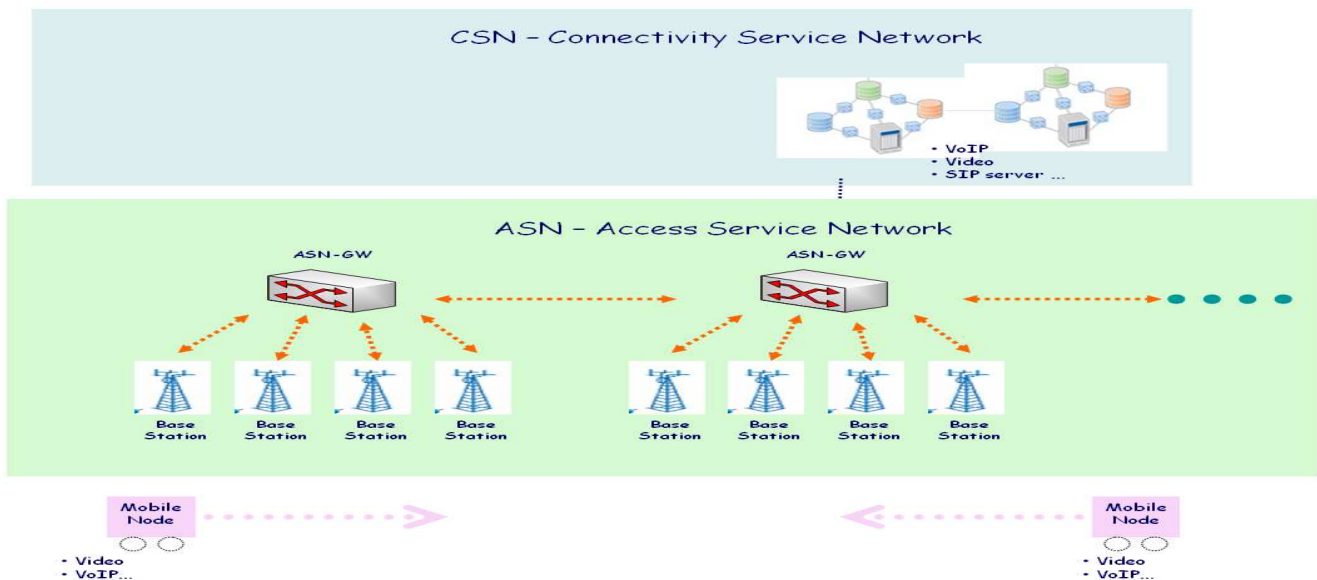


Figura 1. La red WiMAX de referencia

La Fig.1 representa una de las posibles implementaciones del modelo de red WiMAX de referencia NRM (Network Reference Model). En esta red es posible identificar un conjunto de entidades funcionales (MS o Mobile Station, ASN o Access Service Network y CSN o Connectivity Service Network). En concreto, se analiza una implementación que presenta la siguiente topología de red: cuatro estaciones base en cada una de las redes ASN, dos redes ASN interconectadas en cascada y la red CSN conectada con una conexión Ethernet a la red ASN. En plataforma de simulación se ha modelado una de las posibles formas de despliegue soportadas por la red móvil WiMAX, el despliegue IPoETh en red ASN puenteada (bridged Access Service Network).

IV. APLICACIONES EN TIEMPO REAL EN ENTORNOS VEHICULARES: REQUISITOS

Las redes WiMAX están diseñadas para soportar cinco diferentes escenarios de uso: fijo, nómada, portátil, movilidad simple y movilidad total, así como un conjunto de diversas aplicaciones. Estas aplicaciones están agrupadas, a su vez, en cinco tipos o clases: clase 1 (juego interactivo), clase 2 (voz y video conferencia), clase 3 (video y audio bajo demanda), clase 4 (mensajería instantánea y navegación web), clase 5 (descarga de contenidos multimedia). Los requisitos generales que han de cumplirse por parte de una red WiMAX en los entornos de alta movilidad son los siguientes:

- la continuidad de sesión durante los procesos de handover,
- un límite de pérdida de paquetes inferior al 1%,
- soporte, a lo largo de múltiples BSs a los diferentes niveles de QoS prenegociados,
- una latencia de handover menor de 50ms, etc.

Además de estos requisitos existen también una serie de indicadores de rendimiento ligados de manera específica a las aplicaciones soportadas por la red WiMAX en este escenario de alta movilidad (full mobility). Este artículo se centra en la Clase 2: voz y video conferencia. Esta clase está considerada como una de las más exigentes. El ancho de banda estimado es de 4-64 Kbps para VoIP y 32-384 Kbps para video conferencia. Los parámetros [4] que se demandan a una red WiMAX soportando tráfico de VoIP para que cumpla el WIMAX system profile 1.0 aparecen reflejados en la Tabla 1.

En la próxima especificación IEEE802.16m, como consecuencia de dar soporte a velocidades superiores, y con ello frecuencias de handover más altas, los requisitos previstos relativos a la latencia en el proceso de handover son incluso más estrictos. Está previsto que no se superen los 35ms en las latencias relativas a los procesos de handover. Latencias superiores, con una frecuencia de handover más alta, degradarían significativamente los parámetros de rendimiento globales. Se puede concluir que, en escenarios de alta movilidad, la eficiencia del proceso de handover es uno de los aspectos más críticos a ser tratados.

V. METODOLOGÍA DE ANÁLISIS

Para proceder al análisis de los parámetros de rendimiento exigidos a una red WiMAX soportando tráfico de voz se ha seguido la siguiente estrategia. En primer lugar, se han realizado pruebas en entornos vehiculares con equipo pre-WiMAX haciendo uso de dos generadores/analizadores de tráfico Smartbits. Se ha inyectado tráfico y analizado los parámetros globales de rendimiento relativos a cada uno de los tipos de tráfico generados. Estos tipos de test en movilidad son complejos y laboriosos, por tanto, en una segunda etapa se ha modelado el mismo esquema de la plataforma de pruebas real en la plataforma de simulación basada en Opnet Modeler v14.0. Una vez que se han obtenido tanto el mismo perfil de tráfico así como los mismos parámetros de rendimiento, en la plataforma de simulación y en el entorno real, Fig. 2, se ha procedido a la realización de análisis de escenarios más complejos, esta vez ya, de forma exclusiva, sobre plataforma de simulación.

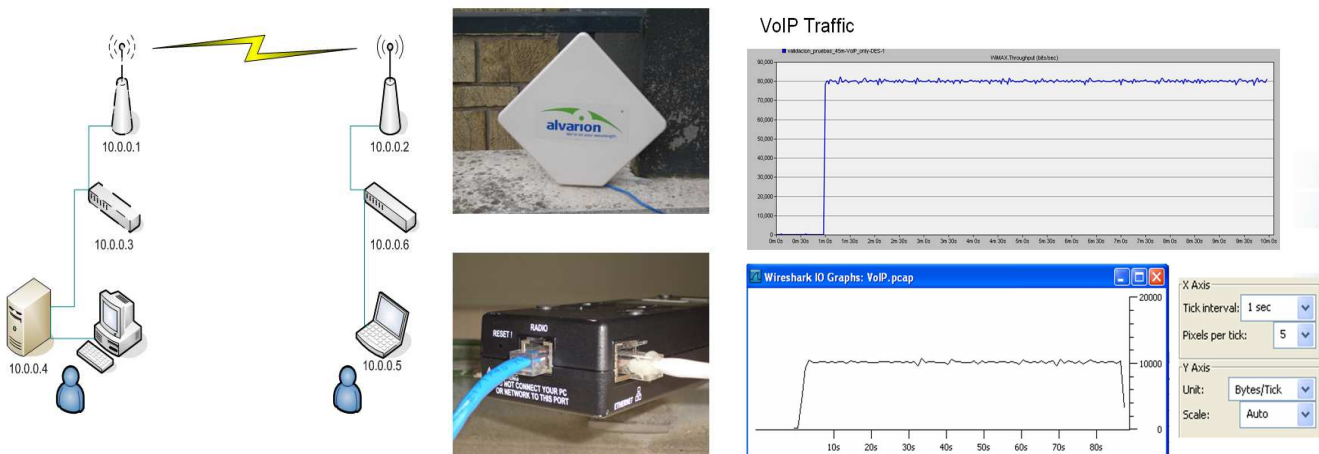


Figura 2. Maqueta y perfil de tráfico en plataforma real versus tráfico en plataforma de simulación

En esta etapa se ha modelado una red WiMAX que atiende a la arquitectura de referencia Fig.1. Se ha utilizado el simulador comercial Opnet Modeler y se han desarrollado modelos específicos para dar soporte a este tipo de red ASN. Se ha desplegado IpoEth (capa de convergencia CS-ETH) sobre red puenteada o *bridgeada*. Se han analizado dos escenarios. En un primer escenario, ambos nodos móviles mantienen una conversación con un nodo en la red CSN. El servidor SIP se encuentra también situado en dicha red CSN. Los nodos móviles realizan trayectorias simétricas pero con sentido contrario llegándose a cruzar. Los nodos móviles soportan velocidades que varían entre los 100 y 160Km/h. Los requisitos especificados por el System Profile WiMAX 1.0 son cumplidos incluso cuando se realiza el handover entre redes ASN (ver Tabla1).

En un segundo escenario, los dos nodos móviles mantienen una conversación entre ellos, a la vez, que realizan trayectorias opuestas. Se realizan 150 simulaciones en cada escenario. Los requisitos son de nuevo cumplidos. Se ha detectado que en algunos casos la latencia de handover inter ASN llega a superar los 50ms. De manera global, estos resultados no son comprometedores en un ámbito global, ya que el valor es atendido en el 95% de los casos tal y como indica la normativa. Sin embargo se ha iniciado el estudio de los casos identificados. En la Fig.3, aparecen representados los perfiles de tráfico (emitido y recibido) de VoIP soportado por uno de los nodos móviles a 150km por hora a lo largo de toda la simulación 16m. En la parte inferior la identificación de la BS a la que se encuentra asociado cada nodo móvil a lo largo de la simulación. Finalmente, el perfil de retardo ETE para cada uno de los móviles en una de las simulaciones realizadas y finalmente las muestras discretas del handover delay en 150 simulaciones realizadas cuando los nodos realizan trayectorias opuestas pero con diferentes velocidades. Es en este último gráfico donde se identifica que algunas de las simulaciones realizadas, y a velocidades altas mayoritariamente, que la latencia del handover es muy superior a lo esperado.

Parameters	WiMAX System Profile Rel. 1.0 Reqs	Scenario 1	Scenario 2
Transport Layer one-way Delay	< 60 ms preferred <200 ms limit	73.19ms	90.89ms
Transport Layer one-way Delay Variation	< 20 ms	0.011ms	0.015ms
Information Loss PER (Packet Error Rate)	< 1%	0.02%	0.02%
One-way Radio Access Network Transfer Delay	< 25 ms	12.5ms	18.18ms
Handover delay	< 50 ms	24.17ms	23.21ms

Tabla 1. Resultados

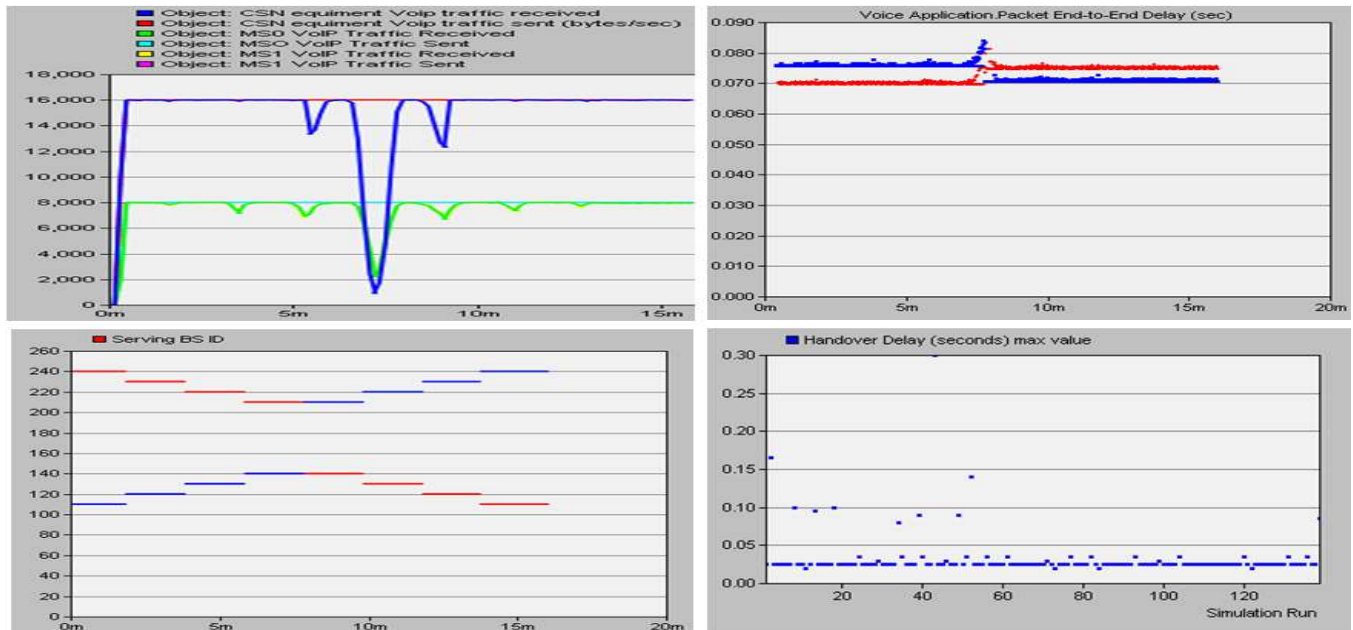


Figura 3. Resultados Simulación

La última estrategia de análisis ha consistido en construir un escenario de pruebas mixto en el sentido de que se basa en las mismas proporciones en entorno real y en entorno de simulación. Se ha inyectado tráfico real de VoIP y Video, en tiempo real, sobre la plataforma de simulación, transformando dichos paquetes en paquetes virtuales con contenido, y recuperando dicho tráfico una vez atravesada la red WiMAX modelada en plataforma de simulación.

VII. CONCLUSIONES Y PRÓXIMOS PASOS

Este artículo analiza el comportamiento de aplicaciones en tiempo real desplegadas en redes WiMAX. Se verifica que los requisitos son atendidos en plataforma de simulación. Se identifica el proceso de handover entre ASN como el proceso crítico y al mismo tiempo el que mayormente afecta los parámetros de rendimiento. Una vez verificada en plataforma de simulación, la viabilidad de un despliegue WiMAX como soporte a aplicaciones de banda ancha en tiempo real y entornos de alta movilidad, nuestro siguiente paso será implementar dicha propuesta en plataforma real.

AGRADECIMIENTOS

Este proyecto se enmarca dentro del Programa AmiGUNE sobre Inteligencia Ambiental del Gobierno Vasco. Se trata de un programa de investigación a largo plazo en el que participan los principales centros tecnológicos así como las Universidades del País Vasco.

REFERENCIAS

- [1] IEEE 802.16m System Requirements, IEEE 802.16m-07/002r4
- [2] IEEE C802.16m-07/039: "IEEE 802.16m Performance Requirements" LG Electronics, Feb 2007.
- [3] WiMAX and IMT-2000', white paper
http://www.WiMAXforum.org/technology/downloads/WiMAX_and_IMT_2000.pdf
- [4] WiMAX Forum. Recommendations and requirements for networks based on WiMAX Forum certified™ products. Release 1.0, February 23, 2006.
- [5] WiMAX Forum Network Architecture. Release 1.1.0. July 2007