

InterRural: Internet Rural mediante Redes Heterogéneas e Itinerantes

Jose Abad Molina⁽¹⁾, Albert Anglès Vázquez⁽²⁾, Alvaro Aynos Ambite⁽³⁾, Albert Bel⁽²⁾, Óscar Chabrera Villareal⁽¹⁾, José López Vicario⁽²⁾, Raúl Muñoz Martínez⁽³⁾, Cristina Peña⁽⁴⁾, Félix Santiago⁽⁵⁾, Inés Sanz Rodríguez⁽³⁾, Gonzalo Seco-Granados⁽²⁾, Diego Soro⁽⁵⁾.

jose.abad@gigle.biz, albert.angles@campus.uab.es, aaa_innovacion@hispasat.es,
oscar.chabrera@gigle.biz, jose.vicario@uab.es, rmm@hispasat.es, alcega@tid.es, fsantiago@gowex.com,
isanz@hispasat.es, gonzalo.seco@uab.es, dsoro@gowex.com,

⁽¹⁾ Gigle Semiconductor S.L., Llacuna 162, Barcelona

⁽²⁾ SPCOMNAV, Universidad Autónoma de Barcelona (UAB), Bellaterra, Barcelona

⁽³⁾ Hispasat, Globelas 41, Madrid

⁽⁴⁾ Redes de acceso de Banda Ancha, Telefónica I+D, P.T. Walqa, Huesca

⁽⁵⁾ GOWEX, Paseo de la Castellana 21, Madrid

Abstract- In this paper, results obtained in the first stage of the National Project InterRural are presented. The main objective of this project is to provide isolated rural areas with broadband Internet access by means of a hybrid network. In particular, a hybrid architecture based on the integration of a satellite system with terrestrial access networks is proposed, being the access networks based on WiMAX, WiFi and PLC technologies. Experimental results obtained in a live demonstration carried out at the campus of the Universitat Autònoma de Barcelona are provided, showing that the proposed strategy is a low-cost and viable solution to facilitate the Internet access in rural areas.

I. INTRODUCCIÓN

El desarrollo de la Sociedad de la Información requiere fomentar el despliegue de las infraestructuras apropiadas y el aumento de la demanda de los servicios, aplicaciones y contenidos accesibles a través de las mismas. En particular, la disponibilidad de conectividad de banda ancha representa un salto cualitativo en este camino. De esta manera, las estrategias nacionales de banda ancha constituyen uno de los pilares fundamentales de las políticas para el desarrollo de la Sociedad de la Información. Los objetivos de este tipo de políticas en los países desarrollados han tenido y tienen tres objetivos fundamentales: favorecer la competencia en un escenario de libre mercado, favorecer la innovación y el despliegue de algunas soluciones específicas de banda ancha a través de políticas sectoriales. Estos objetivos se consiguen mediante cuatro pilares fundamentales, y ha sido la estrategia utilizada en numerosos países europeos: aspecto regulatorio, desarrollo de servicios, políticas de fomento y despliegue de infraestructuras.

En primer lugar, la definición de banda ancha ha sido uno de los elementos en permanente discusión, y ha sido revisada en diversas ocasiones¹. Ligar la definición de banda ancha únicamente a una capacidad de transmisión ofrece una pobre dimensión de este concepto y condena a dicha definición a caer rápidamente en la obsolescencia. Es por ello que recientes informes de la Unión Europea [1] defienden que debe entenderse banda ancha como un conjunto amplio de tecnologías que han sido desarrolladas para

soportar la prestación de servicios interactivos innovadores, con la característica de disponibilidad permanente, permitiendo el uso simultáneo de servicios de voz y datos, y proporcionando unas velocidades de transmisión que evolucionan con el tiempo, partiendo de los 128Kb en sentido ascendente que puede considerarse el mínimo para la denominación de Banda Ancha.

En el marco regulatorio, el desarrollo de una competencia real debe considerarse clave para el éxito en el desarrollo de la banda ancha, evitando escenarios oligopolísticos, todavía presentes en un gran número de países que dificultan dicho despliegue. De esta forma, la regulación del mercado de la banda ancha establece el marco en que debe desarrollarse esta competencia. El desarrollo de infraestructuras toma un papel fundamental, sobretodo en lugares de baja rentabilidad, donde la investigación de tecnologías de bajo coste sigue siendo un tema prioritario. La evolución de la demanda de ciudadanos y empresas estará ligada a la percepción de valor y utilidad de los productos y servicios de banda ancha. Al tratarse de un producto dirigido a todos los ciudadanos y empresas, y cuyo manejo requiere un cierto nivel de cultura y costumbre en el uso de la nueva tecnología, deben tenerse en cuenta también los factores que determinan la evolución de la demanda de un producto de consumo, como son los períodos de maduración y difusión tecnológica, la evolución en la percepción de utilidad del producto, así como los efectos que en la demanda de estos productos tiene la presión del entorno social, como un signo asociado a la modernidad, o el mayor atractivo de los servicios, en la medida en que más gente los utiliza. Las administraciones públicas, mediante la puesta en marcha de políticas de fomento, pueden impulsar tanto la demanda de servicios de banda ancha, como la oferta de los mismos. En la Unión Europea las políticas de fomento siempre deben estar sujetas a los principios de mínima distorsión del mercado y neutralidad tecnológica. Estas políticas persiguen acelerar el desarrollo del mercado, tanto desde el punto de vista de la demanda, como de la oferta, con el objetivo de conseguir una difusión más rápida de los beneficios de la banda ancha en toda la Sociedad. En aquellas situaciones en que se valora que el mercado no podrá lograr el desarrollo de la banda ancha, en situaciones de baja demanda dispersa que haga inviable económicamente el despliegue de una infraestructura adecuada, la administración pública debe abordar un modelo de intervención para dar servicio a esta demanda insatisfecha.

Si se considera el modelo regulatorio en particular, éste debe estar en consonancia con la política de desarrollo de la Sociedad de la Información definida. Por tanto, entre los condicionantes para la selección del modelo regulatorio apropiado están el nivel de desarrollo económico del país, el nivel de desarrollo de sus infraestructuras de telecomunicaciones, y el nivel y peso de la

¹ De acuerdo a la ITU, recomendación I.113, capacidad de transmisión más rápida que la velocidad primaria de la red digital de servicios integrados (RDSI) a 1,5 ó 2,0 Mbps. La FCC considera banda ancha velocidades que exceden los 200 kbps. Por su parte, la OCDE establece este límite en capacidades en el tramo descendente de al menos 256 kbps.

iniciativa privada en la economía. El modelo regulatorio para países emergentes debe ir encaminado a promover el interés de los distintos agentes del sector, potenciando la inversión en el despliegue de infraestructura por parte de los operadores. Esta disponibilidad de infraestructuras abrirá la puerta a una posterior disponibilidad en servicios.

Asimismo la convergencia tecnológica que vive la sociedad de hoy en día, puede convertirse en un valor añadido de gran interés, siempre que todos los agentes aprovechen lo máximo de las tecnologías disponibles. Es en ese sentido que el proyecto InterRural quiere aprovechar las ventajas de las comunicaciones por satélite mediante DVB-RCS, de tecnologías inalámbricas de transmisión de datos WiFi / WiMAX y sumarle técnicas de distribución avanzadas, como PLC (*Power Line Connection*), para poder desarrollar nuevos modelos de negocio que consigan un despliegue de red y provisión de servicios con una minimización de los costes. Esto es de crucial importancia tanto para zonas desfavorecidas, como escenarios rurales donde la provisión de servicios resulta ser una necesidad para el desarrollo de la Sociedad de la Información. En el presente artículo, mostramos los resultados obtenidos en la primera fase del proyecto InterRural, cuyo objetivo principal era la implementación de un demostrador que validase el uso híbrido de las tecnologías propuestas.

II. ESQUEMA PROPUESTO

El esquema propuesto en el proyecto InterRural es una red híbrida formada por la integración de tecnologías de acceso terrestre con conexión vía satélite. El objetivo de esta solución híbrida es poder facilitar el acceso, con una arquitectura de bajo coste, en aquellas zonas donde es inviable ofrecer servicio de banda ancha mediante el uso de tecnologías convencionales, como las zonas rurales aisladas consideradas en este proyecto.

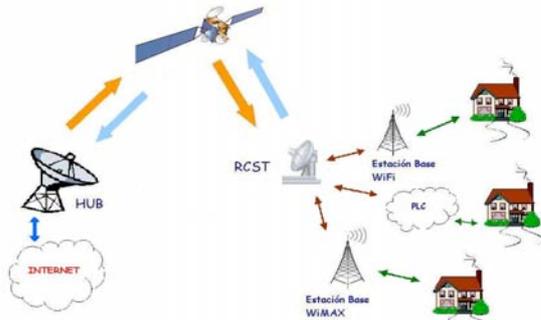


Figura 1. Esquema propuesto de red híbrida.

La tecnología híbrida propuesta consta de dos componentes principales (tal como se puede observar en la Fig. 1):

- **Sistema satélite:** este sistema está formada por el hub (estación equipada con una antena parabólica orientada al satélite y conectada al proveedor de servicios de Internet), el satélite (plataforma que actúa de puente entre el proveedor de servicios de Internet y zona rural a la que se da servicio) y el RCST (terminal de satélite situado en la zona rural, el cual se conecta a las redes de acceso terrestre).
- **Redes de acceso terrestre:** esta parte de la red híbrida es la encargada de distribuir la conexión Internet en la zona rural. En este proyecto se han considerado las soluciones WiFi, WiMAX y PLC. Las dos primeras tecnologías permiten ofrecer conexión inalámbrica abarcando varios Km según la tecnología (detalles de las mismas se presentarán en la sección siguiente). La tecnología PLC, por otro lado, utiliza la red eléctrica para hacer llegar Internet a cada entorno doméstico.

Cabe comentar que en la primera fase de este proyecto (realizado a finales del 2007 y principios del 2008), se ha implementado un demostrador que únicamente considera como redes de acceso terrestre las tecnologías WiFi y WiMAX. La integración del sistema PLC se ha planeado para la demostración que se hará en la segunda fase del proyecto. Para llevar a cabo el demostrador descrito, se ha escogido el campus de la Universitat Autònoma de Barcelona en la localidad de Bellaterra. Se ha escogido este lugar,

situado a unos 30 Km de la ciudad de Barcelona, debido a que presenta unas características muy similares a las observadas en los escenarios de zona rural considerados en este proyecto.

A continuación se presentan los sistemas que integran la red híbrida propuesta en InterRural, hecho esto se describen los servicios utilizados en la demostración y, finalmente, se dará paso a mostrar los resultados obtenidos.

III. DESCRIPCIÓN DE LOS SISTEMAS

En esta sección se describen los sistemas que forman la red híbrida propuesta en InterRural.

A. Satélite

En el proyecto InterRural, la conexión vía satélite es provista por Hispasat. En concreto, Hispasat aporta tanto capacidad de segmento espacial como ancho de banda de una de sus plataformas IP de acceso a banda ancha vía satélite basadas en tecnología abierta DVB-RCS. El sistema de satélites Hispasat actúa como red de transporte y red de acceso desde y hasta las zonas rurales. En esta primera fase del proyecto se ha utilizado la plataforma transparente DVB-RCS de Hispasat, con una topología de red en estrella. En ella, todas las comunicaciones vía satélite tienen que pasar por un nodo central o hub, que actúa de pasarela de interconexión con los proveedores de servicio. Además, este elemento tiene otras funciones como la gestión de tráfico, provisión de servicios, supervisión de equipamiento o el conformado del tráfico.

Para el desarrollo del proyecto se han empleado estándares abiertos diseñados por el proyecto DVB (Digital Video Broadcasting): el estándar DVB-S se emplea en el sentido forward, desde el hub al usuario y el estándar DVB-RCS en el sentido de retorno, desde el usuario final al hub. Para las pruebas se ha utilizado la modulación QPSK y técnicas avanzadas de protección frente a errores (turbo-códigos en el canal de retorno).

Gracias a las elevadas prestaciones de los satélites Hispasat los terminales DVB-RCS que actúan como módems de satélite, pueden proporcionar una rápida y sencilla interconexión con las tecnologías de acceso, a través de una conexión Ethernet que puede ser de hasta 100 Mbps full-duplex. De esta manera se puede realizar una interconexión eficiente y compatible con todas las torres de protocolos de las tecnologías involucradas en el proyecto. En concreto el terminal utilizado en la demostración es el equipo Nera Satlink el cual soporta modulación QPSK llegando a velocidades máximas a nivel de IP de 4 Mbps.

Finalmente cabe comentar, que en la segunda fase del proyecto se diseñará el sistema utilizando una plataforma de satélite regenerativa con procesado a bordo, que permite obtener unas comunicaciones más eficientes con mayores prestaciones gracias al empleo de Amerhis, primer sistema de procesado a bordo basado en el estándar DVB-S/DVB-RCS.

B. WiFi

Los sistemas WiFi utilizados en el proyecto se aplican a dos tipos de escenarios diferenciados: por una parte, esta tecnología se utiliza para establecer radio enlaces de capacidad media en entornos de línea de visión directa (LOS) y, por otra parte, como tecnología de acceso del equipo de usuario. Para la primera aplicación, se utiliza equipos compatibles con la especificación 'a' del estándar 802.11, el cual marca como frecuencias de operación la banda de 5 Ghz. Para proporcionar cobertura inalámbrica a los equipos cliente se utilizan los estándares 802.11b y 802.11g, ambos operados en la banda 2,4 Ghz. Todas las características de esta tecnología inalámbrica están reflejadas en el estándar del IEEE 802.11, cuya versión final se publicó en junio de 2007, y se han obviado en el presente documento dado el gran conocimiento existente en la actualidad sobre esta tecnología.

En cuanto a los equipos utilizados en el demostrador, son de la marca y modelo Orinoco AP4000R. Las principales características que definen a este dispositivo son: instalación en exteriores (resistente a inclemencias del tiempo), dos radios WiFi (802.11a y 802.11b/g), PoE (facilitando la instalación) y 4 conectores para antenas externas (habiéndose usado en el proyecto una antena

sectorial a 5 GHz con 17 dBi de ganancia, una antena tipo panel a 5 GHz con 19 dBi y una omnidireccional a 2,4 GHz con 8 dBi).

C. WiMAX

La tecnología WiMAX utilizada en el proyecto InterRural está basada en las especificaciones de capa física del estándar IEEE 802.16-2004 [2]. Dicho estándar propone 3 posibles especificaciones de capa física: portadora única, multi-portadora OFDM y multi-portadora OFDMA. No obstante, con el fin de facilitar la interoperabilidad entre fabricantes, el comité de WiMAX *Forum* [3] seleccionó la especificación OFDM para el caso de WiMAX fijo, cuyas capa física y enlace permiten ofrecer radio enlaces con un *throughput* agregado de hasta 75 Mbps y coberturas de hasta 50 Km y de 3-7 Km en condiciones con y sin visibilidad directa respectivamente. Los parámetros más relevantes de la tecnología empleada son: ancho de banda variables entre 1.5-20 MHz, tiempo mínimo de símbolo OFDM de 64us y diferentes opciones del tiempo de guarda OFDM: 1/4, 1/8, 1/16 y 1/32. Otras de las técnicas usadas en este nuevo sistema son el uso de modulación y codificación adaptativa, es decir adaptar la modulación y la codificación al entorno para maximizar la velocidad de datos fiables, y técnicas de transmisión/recepción con múltiples antenas.

Es importante remarcar que aunque la especificación seleccionada de WiMAX y WiFi basan su capa física en el uso de OFDM, WiMAX ofrece mayores coberturas debido a [4]: mayor número de subportadoras influyendo en un aumento del tiempo de símbolo de datos (mayor robustez frente retardo multi-camino) y variabilidad en el tiempo de guarda (rango más amplio de retardo multi-camino). Aparte de esto, los mecanismos de la capa MAC (*Medium Access Control*) del estándar WiMAX 802.16-2004 está diseñada para tolerar retardos más grandes y el protocolo de acceso se basa en un algoritmo de asignación de recursos centralizado, aliviando de esta manera los problemas de disminución del ancho de banda observados en los protocolos de contención.

Los equipos utilizados en el proyecto son del fabricante Alvarion [5] y pertenecen a la familia BreezeMAX 3000. Todos ellos se describen a continuación:

- **Micro estación base(uBST) BreezeMAX 3000:** la estación base adquirida en este proyecto trabaja en la banda frecuencial alrededor de los 3.5GHz con duplexado FDD (*Frequency Division Duplexing*) con un rango de potencias de salida 13-28dBm. En este proyecto en concreto, se ha optado por las frecuencias de 3480-3500 (canal ascendente) y 3580-3600 MHz (canal descendente). La principal limitación de esta micro-estación base es que sólo puede trabajar con anchos de banda de 2 o 3.5 Mhz, siendo la velocidad máxima de 12 Mbps. No obstante, tal como se mostrará en la sección V, esta velocidad de transmisión es suficiente para satisfacer el objetivo de las pruebas realizadas. Cabe comentar que este equipo no dispone de tecnología multi-antena, implementándose únicamente modulación y codificación adaptativa (con modos: BPSK 1/2, BPSK 3/4, QPSK 1/2, QPSK 3/4, QAM16 1/2, QAM16 3/4, QAM64 2/3, QAM64 3/4). En cuanto a la capa MAC, la asignación de recursos está basada en el protocolo TDMA (*Time Division Multiplexing Access*) round-robin. Finalmente indicar que el equipo adquirido consta de dos unidades bien diferenciadas: la unidad de interior, es decir el núcleo de la estación base, y la unidad de radiofrecuencia de exterior. La funcionalidad básica de la unidad de interior es la de conectar las unidades de abonado a la red del proveedor de Internet (u otra red), clasificar el tráfico e iniciar establecimiento de conexión. La unidad de exterior es la encargada de conectar la unidad de interior a una antena externa, siendo la antena utilizada en este proyecto una de tipo omnidireccional con 10 dBi de ganancia.

- **Terminal de abonado para exteriores BreezeMAX PRO CPE:** este terminal pertenece a la primera generación de equipos de la casa Alvarion y está también formado por dos unidades: una exterior y otra interior. La unidad interior es la usada para conectar los equipos de usuario, soportando telefonía-IP y acceso a Internet. La unidad exterior es la que contiene la parte de

radiofrecuencia del equipo y está diseñada para estar anclada en un sitio fijo apuntando a la estación base. En este proyecto se han empleado dos tipos diferentes de unidades de exterior: unidad PRO-DMe-SA, la cual incorpora una antena direccional de 17 dBi, y la unidad PRO-DMe-SE, que se conecta a una antena externa omniazimutal de 2 dBi. La potencia máxima de transmisión de ambos tipos es de 20 dBm y soportan velocidades de 12 Mbps.

- **Terminal de abonado para interiores BreezeMAX Si:** a diferencia con el terminal anterior, este terminal está formado por una única unidad (de sobremesa) y está diseñado para el uso en escenarios de interior. Básicamente, el objetivo del mismo es que el usuario lo conecte en cualquier lugar de la casa sin necesidad de que exista visibilidad directa con la estación base. La potencia máxima de transmisión del terminal es de 22 dBm, soportando unas velocidades de hasta 12 Mbps.

D. PLC

Aunque la tecnología PLC no se ha integrado en el demostrador de este año, se dan algunos detalles de la misma dado que forma una parte importante del proyecto y debido a que será integrado en la segunda fase del mismo. En esta primera fase del proyecto, la tecnología PLC se ha centrado en la distribución en entrono doméstico y ha sido diseñada por uno de los miembros del consorcio de InterRural (Gigle Semiconductor). En concreto, esta empresa ha desarrollado una tecnología para comunicación de datos en PLC conocida como MEDIAXSTREAM, capaz de ofrecer una velocidad de transmisión de 1 Gbps en el entorno doméstico.

En la capa física de esta tecnología se utiliza una modulación multi-portadora desarrollada íntegramente dentro de Gigle, con adaptación en el rate de codificación así como en la modulación empleada en cada portadora, proporcionando así un alto *throughput* de 1 Gbps en los casos en los que el canal existente tenga un mínimo de calidad de señal y una alta cobertura en toda la casa manteniendo un *throughput* mínimo de decenas de Mbps cuando el canal tiene peor calidad. A su vez el uso de un tiempo de guarda de entre 10% y 15% proporciona robustez frente a los efectos multi-camino del canal. Cabe comentar que el estado del arte actual tan solo permite velocidades de transmisión de hasta 270 Mbps y presenta problemas de fiabilidad al no garantizar un ancho de banda mínimo frente a canales ideales siendo incapaz de ofrecer cobertura cuando el canal presenta problemas de calidad. En cuanto a la capa MAC, ésta establece un mecanismo mixto de acceso al canal controlado por un master y que establece periodos de acceso en CSMA y otros en TDMA, permitiendo así poder establecer una calidad de servicio adecuada para los requisitos de tráfico existentes en la red así como la conexión de muchos nodos en la misma red. El estado del arte actual presenta una fuerte caída de rendimiento al añadir nodos a la red lo que lo inhabilita para la transmisión de datos multimedia entre múltiples dispositivos de electrónica.

A su vez, MEDIAXSTREAM está siendo propuesta como base para el desarrollo de una nueva recomendación para equipos de red inhome en el seno del ITU-T SG15 Q4, en el subgrupo Ghn [6]. Además, el equipo de comunicación de Gigle implementa el Standard HomeplugAV [7] en la banda de 2 a 30 MHz proporcionando así el único sistema de doble banda incrementando el *throughput*, la fiabilidad, flexibilidad y la cobertura. Este sistema emplea una modulación adaptativa OFDM con 1000 portadoras y modulaciones desde BPSK hasta 1024-QAM, proporcionando *throughputs* de hasta 200 Mbps. A su vez, la tecnología HPAV ha sido seleccionada como baseline para el Standard que se está desarrollando en IEEE dentro del grupo P1901 [8], por lo que nuestro canal HomeplugAV evolucionara en función de los desarrollos del estándar garantizando la compatibilidad y coexistencia entre dispositivos.

IV. DESCRIPCIÓN DE LOS SERVICIOS

El mayor reto a la hora desplegar una infraestructura heterogénea para la distribución de servicios sobre redes de

paquetes sin calidad garantizada, es cubrir los requisitos mínimos de calidad de los servicios multimedia conversacionales en tiempo real [9]. Por ello, los servicios clave para demostrar la viabilidad del sistema han sido:

- Llamada de voz sobre IP entre un teléfono SIP y un teléfono GSM. El tráfico de la llamada, iniciada indistintamente en el teléfono IP o en el teléfono celular, atravesaba el sistema el sistema de acceso heterogéneo (WiFi/Wimax + Satélite), pasaba por Internet y finalmente salía a la red de circuitos del operador móvil. Los requisitos mínimos de calidad de servicio [9] son retardo inferior a 150ms, jitter inferior a 1ms y pérdida de paquetes inferior a 1%.
- Videoconferencia entre 3 participantes distribuidos entre el acceso inalámbrico (WiFi/Wimax + Satélite), la Universidad en Barcelona, y Telefónica en Huesca. Los requisitos mínimos de calidad de servicio [8] son retardo inferior a 150ms, jitter inferior a 30ms y pérdidas inferiores al 1%, además de una correcta sincronización entre el audio y el video mostrado. Se utilizó un servidor público, Oovoo [10], que permite videoconferencia con hasta 6 participantes, envío de mensajes de video, chat, transferencia de archivos, etc. requiriendo un ancho de banda simétrico de 512kbps para cada participante.

V. RESULTADOS OBTENIDOS

En esta sección se muestran los resultados obtenidos en la demostración realizada en el campus de la Universitat Autònoma de Barcelona. El esquema de la demostración realizada se muestra en la Fig. 2, donde claramente se observa que se consideraron WiFi y WiMAX como tecnologías de acceso terrestre y se tuvieron en cuenta dos escenarios: uno con visibilidad directa (LOS) y otro sin visibilidad directa (NLOS).

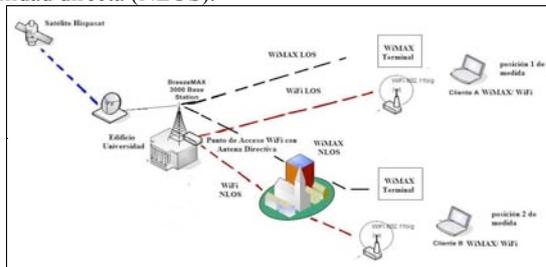


Figura 2. Escenarios LOS/NLOS considerados en la demostración.

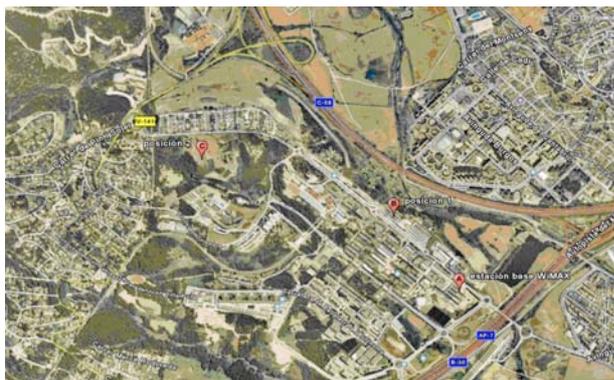


Figura 3. Indicaciones de las posiciones usadas en la demostración.

	Estación Base (A)	Posición 1 (B)	Posición 2 (C)
Latitud	41°30'0.74"N	41°30'15.20"N	41°30'30.79"N
Longitud	2° 6'46.42"E	2° 6'30.89"E	2° 5'42.54"E
Altura	140 m.	147 m.	155 m.
Distancia	-	570 m.	1.75 Km.

Tabla 1: Datos de las posiciones del demostrador.

En la Fig. 3 se muestra el mapa del campus de la UAB indicando las posiciones exactas donde se han obtenido los resultados. Los datos de cada posición se caracterizan según la altura respecto al mar, la distancia a la estación base y el tipo de escenario LOS/NLOS como se muestra en la tabla 1.

Los resultados obtenidos en el enlace satélite (en concreto en el terminal Nera Satlink) fueron de una SNR igual 12,7 dB y una velocidad de subida/bajada alrededor de 850 Kbps/252 Kbps, siendo el throughput bruto 1Mbps/256 Kbps. En cuanto a la comparativa entre las dos tecnologías de acceso, los resultados de las mismas se muestran en la Tabla 2. Cabe comentar que únicamente se pudo conseguir conexión fiable WiFi en la posición 1 (punto B del mapa) y, es por ello, que es la única posición comentada en la tabla para este caso. Esto es debido a que el enlace WiFi 802.11a no está preparado para escenarios NLOS. Volviendo de nuevo a la tabla, se observa que los valores en términos de SNR recibida reflejan que con ambos sistemas se obtiene un canal fiable en la posición 1. En dicha posición, se usó el servicio de videoconferencia ooVoo y los resultados fueron aceptables desde el punto de vista de satisfacción de usuario, aún habiendo un retardo introducido por la conexión satélite de unos 750 mseg. El otro servicio llevado a cabo en la demostración fue una llamada VoIP sobre WiMAX, siendo la misma también valorada exitosamente al tener un servicio sin cortes y sin retardo apreciable durante la conversación. Finalmente, se demostró que el servicio de videoconferencia con ooVoo también se puede llevar a cabo con una calidad excelente en un escenario NLOS (posición 2, punto C) cuando se utilizaba la tecnología WiMAX, mostrándose los parámetros de este caso también en la Tabla 2.

	WiFi (B)	WiMAX (B)	WiMAX (C)
Potencia de Tx (dBm)	17	20	20
SNR recibida (dB)	18	34	28
Wireless data rate (Mbps)	48	12	12
TCP Throughput (Mbps)	17	4.36	4.31

Tabla 2. Resultados obtenidos con los sistemas WiFi y WiMAX.

VI. CONCLUSIONES

En este documento se han presentado los resultados obtenidos en la demostración del proyecto InterRural llevadas a cabo en el campus de la Universidad Autònoma de Barcelona. Para llevar a cabo esta demostración se ha implementado una red híbrida integrando conexión vía satélite con redes de acceso terrestre WiFi y WiMAX. Mediante los resultados observados con el demostrador, se ha validado que la solución propuesta es totalmente viable para dar servicio Internet en zonas rurales. Se ha demostrado que servicios altamente restrictivos, como son los de videoconferencia, se pueden llevar a cabo con una alta calidad y las velocidades de transmisión obtenidas son elevadas. En cuanto a la comparación entre tecnologías WiFi y WiMAX, se ha observado que la primera de ellas es más apropiada para entornos donde existe visibilidad directa y la cobertura no pretende ser superior a 1-1.5 Km. En caso contrario, es más apropiado apostar por la tecnología WiMAX debido a su superior robustez frente las pérdidas de propagación y la aparición de obstáculos.

AGRADECIMIENTOS

El proyecto InterRural ha sido subvencionado por el Ministerio de Industria, Turismo y Comercio mediante el proyecto PROFIT FIT-330210-2007-57.

REFERENCIAS

- [1] Comunicación de la Comisión "Connecting Europe at High Speed: National Broadband Strategies", COM(2004) 369. Bruselas, mayo 2004.
- [2] "IEEE 802.16-2004 standard". Part 16: Air Interface for fixed wireless broadband systems", IEEE-SA Standards board, 2004.
- [3] WiMAX Forum Technical Working Group, <http://www.wimaxforum.org>.
- [4] Intel Corp., "Understanding Wi-Fi and WiMAX as Metro-Access Solutions", White paper, 2004.
- [5] Alvarion, "BreezeMAX Equipment". <http://www.alvarion.com/solutions/access/products/BreezeMAX/>
- [6] ITU-T SG15 Q4 Gbn.
- [7] Homeplug Alliance, HPAV specification, <http://www.homeplug.org>
- [8] IEEE working group P1901, <http://grouper.ieee.org/groups/1901/>
- [9] ITU-T G.1010: End-user multimedia QoS categories.
- [10] Página web de Oovoo: <http://www.oovoo.com/> (ultimo acceso 25 de abril de 2008)