

TENDENCIAS DE LA REGULACION DE TECNOLOGIAS INALAMBRICAS. EL CASO DE Wi-Fi Y WiMAX.

Diego Soro, Ana González, David Rojo, Claudio Feijóo
Grupo de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (GTIC)
Departamento de Señales, Sistemas y Radiocomunicaciones (SSR)
Universidad Politécnica de Madrid
e-mail:
dsoro@gtic.ssr.upm.es, agonzalez@gtic.ssr.upm.es,
drojo@gtic.ssr.upm.es, cfeijoo@gtic.ssr.upm.es

Abstract- Due to the technological convergence, wireless communications technologies are increasingly becoming important for all telecommunications users. In this sense, Wi-Fi and WiMAX might be seen as an integrated access and transport solution for enterprises with business plans based on wireless solutions. Firstly, Wi-Fi constitutes a wireless LAN access technology based on the IEEE 802.11 protocol that can reach rates up to 54 Mbps with coverage of 500 m. On the other hand, WiMAX can be used as a transport technology with higher transmission rates and wider coverage (up to 100 Mbps and 70 km). Therefore, the combination of both, Wi-Fi and WiMAX, might constitute in the near future a suitable solution in terms of communication needs of users, the regulatory framework seems to be crucial in order to foster the implementation of such technologies.

I. INTRODUCCIÓN

Hoy en día y gracias al proceso de convergencia tecnológica que estamos viviendo, las tecnologías inalámbricas se asientan en un mercado cada vez más competitivo. La eliminación de cableado y la consecuente reducción de costes¹, así como la rapidez en el despliegue de redes mediante tecnologías inalámbricas, hacen que muchos operadores hayan apostado por éstas. Así, son ya muchos los usuarios que se conectan a la red por radiofrecuencias, y se prevé a su vez un gran despliegue de estas redes en países emergentes², en los que gracias a estas tecnologías se podría garantizar rápidamente el establecimiento de redes de cobertura y calidad. En primer lugar, la tecnología Wi-Fi (*Wireless Fidelity*)³ es utilizada ampliamente para redes de área local. Las últimas novedades mediante el protocolo

¹ Según un estudio elaborado por los autores con precios actuales de mercado, la instalación de una red de área local con ordenadores que carecen de tarjetas de red cuesta un 60% menos con una configuración Wi-Fi que una configuración Ethernet, y para el caso de ordenadores con tarjetas integradas, Wi-Fi supone un ahorro de más del 95%.

² Un claro ejemplo podría ser la implantación masiva de estas tecnologías en países emergentes, donde la escasez de infraestructuras de comunicaciones supone una clara barrera para la reducción de la *brecha digital*.

³ Este nombre proviene del grupo que certifica que los productos son compatibles entre sí dentro de la norma IEEE 802.11.

802.11g permiten velocidades de transmisión de hasta 54 Mbps con un alcance máximo de 500 metros. En España se utiliza para esta tecnología la banda de 2.4 GHz que es de uso común, por lo que no es necesario licencia⁴.

La tecnología Wi-Fi puede considerarse una tecnología ya madura (en los países pioneros, como Estados Unidos, existen en la actualidad más de 30.000 puntos de acceso que utilizan dicha tecnología). Europa evoluciona también hacia ese modelo: Wi-Fi ha pasado a ser una alternativa más en la vida cotidiana de los ciudadanos. Sin embargo, hoy por hoy, Wi-Fi no puede considerarse como una solución completa inalámbrica puesto que, aunque es una red de acceso eficiente, requiere de la existencia de una red de transporte que interconecte el tráfico de distintas redes. En este sentido WiMAX (*Worldwide Interoperability for Microwave Access*) se perfila como una de las redes inalámbricas de transporte más adecuada.

WiMAX es una novedosa organización, que da nombre al protocolo IEEE 802.16, de la que 97 empresas forman parte⁵, lo que consolida a WiMAX como una apuesta de futuro; entre otras empresas destacadas del sector, se encuentra *Intel*, que ya ha puesto en marcha la fabricación de un chip que utiliza dicha tecnología. La principal característica de WiMAX es que permite transmitir información a más de 100 Mbps a distancias de hasta 50 kilómetros, con lo que constituye una buena solución como red de transporte inalámbrica de larga distancia. Esta tecnología utiliza la banda de frecuencias de 2 a 11 GHz, abarcando sub-bandas tanto de uso común como parte del espectro de uso privativo; las primeras pruebas experimentales en España se han llevado a cabo utilizando las bandas de uso común de 2.4 GHz y 5 GHz, y la banda de 3.5 GHz que sí requiere licencia.

II. Wi-Fi Y WiMAX COMO SOLUCIÓN

Tras la presentación de ambas tecnologías, queda claro que no se trata de dos tecnologías que compitan entre sí en

⁴ Para ello se deben cumplir unos requisitos que se explican en el tercer apartado de éste documento.

⁵ A fecha de mayo de 2004.

un mismo mercado, sino que Wi-Fi y WiMAX son complementarias y crean una solución integrada. WiMAX es, por sus características, una tecnología óptima para el transporte, así como Wi-Fi lo es para la red de acceso, con lo que se puede crear una solución completamente inalámbrica para la conexión a Internet, u ofrecer otros múltiples servicios, como pueden ser los de voz sobre IP. A continuación, se presentan dos gráficos que recogen una comparativa de las prestaciones de Wi-Fi y WiMAX con otras tecnologías. El primero relaciona rango de cobertura y ancho de banda, y el segundo velocidad de transmisión y movilidad.

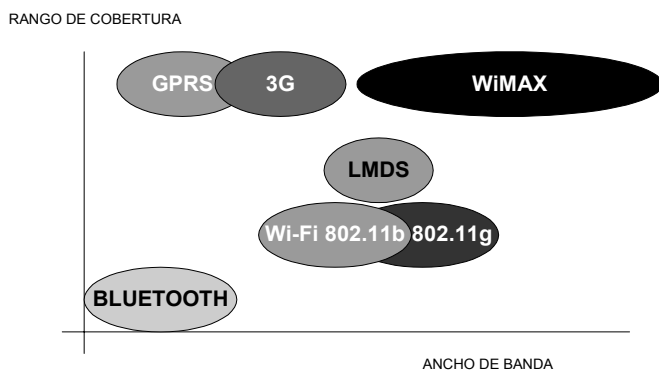


Fig. 1. Comparativa de diferentes tecnologías inalámbricas: rango de cobertura y ancho de banda.

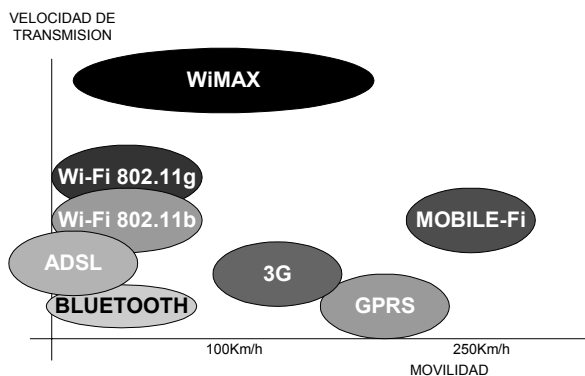


Fig. 2. Comparativa de diferentes tecnologías: velocidad de transmisión y movilidad.

La gestión del espectro radioeléctrico es decisiva en la utilización de estas tecnologías donde sus modelos de negocio se fundamentan, en gran medida, en la ausencia de necesidad de licencia, siendo las frecuencias a las que opera Wi-Fi completamente de uso común y en WiMAX un híbrido entre espectro con y sin licencia. Este hecho contribuye a que las empresas hayan podido invertir en sus productos y en la instalación de dichas redes a diferencia de lo ocurrido con la tecnología 3G, donde los operadores han invertido en las licencias y no han podido aprovechar sus recursos para desarrollar la tecnología en sí, hecho duramente criticado a las políticas de gestión del espectro radioeléctrico por parte de los distintos países. Es por esto que muchos expertos auguran una tendencia hacia la progresiva liberalización del espectro, y que tecnologías como Wi-Fi y WiMAX favorecerán un uso más eficiente de un recurso escaso tan importante como lo es el espectro radioeléctrico. Estas novedosas tecnologías se basan en

dispositivos de baja potencia que, como Wi-Fi, crean ámbitos reducidos de cobertura y optimizan el espacio en el que pretenden prestar servicios, puesto que no pueden provocar interferencias. Por lo que se refiere a las redes de transporte, WiMAX, mediante el empleo de antenas inteligentes, permite la reconfiguración del diagrama de radiación, consiguiendo antenas enormemente directivas en la dirección espacial deseada, con el consiguiente aumento de alcance. Como se puede observar, todos estos avances tecnológicos optimizan la utilización del espectro radioeléctrico. Basta analizar el caso de Estados Unidos, donde bares, restaurantes, hoteles y un sinfín de lugares ofrecen servicios Wi-Fi utilizando una banda del espectro radioeléctrico de uso común, la banda de 2.4 GHz. Así, no es de extrañar que expertos como Nicholas Negroponte, predigan un futuro en el que el espectro radioeléctrico sea un bien de todos, de uso libre y un instrumento de innovación por el que las empresas inviertan en nuevas tecnologías y no en el medio por el que funcionan.

III. SITUACION ACTUAL EN ESPAÑA

Actualmente, en España la tecnología Wi-Fi utiliza la banda de espectro de 2.4 GHz en su mayoría. Es necesario señalar también que hay otro protocolo del IEEE, el 802.11a que utiliza la banda de 5 GHz. En España, ambas bandas están denominadas de uso común. La tecnología WiMAX utiliza la banda de 2 a 11 GHz y entre ellas, las primeras pruebas se han realizado utilizando las bandas de uso común de 2.4 y 5 GHz, más la de 3.5 GHz que requiere licencia. En concreto, las redes de telecomunicaciones inalámbricas soportadas en la tecnología Wi-Fi utilizan las bandas de frecuencias de 2400 a 2483.5 MHz (usualmente denominada banda de 2.4), y de 5150 a 5350 y de 5470 a 5725 MHz (usualmente denominada banda de 5 GHz). En lo que se refiere a la regulación de estas bandas, es necesario tener en cuenta lo establecido en la Orden de 9 de marzo de 2000, por la que se aprueba el Reglamento de Desarrollo de la Ley 11/1998, de 24 de abril, General de Telecomunicaciones, en lo relativo al uso del dominio público radioeléctrico⁶. Según éste, el uso del dominio público radioeléctrico puede ser de tres tipos: común, especial y privativo. Al hablarse del uso común, ello implica que el uso del dominio público radioeléctrico es libre. Por tanto, no es necesario obtener una autorización o concesión demanial de la Agencia Estatal de Radiocomunicaciones (AER)⁷ para el uso de esta banda de frecuencias. De esta manera, cualquier compañía puede utilizar esas bandas para prestar sus servicios sin perjuicio de que dichos servicios y la red establecida deban ser notificados previamente a la Comisión del Mercado de las Telecomunicaciones (CMT). No obstante, los servicios asociados a un uso común del espectro no deberán producir interferencias ni podrán solicitar protección frente a otros

⁶ En este sentido, de acuerdo con la Disposición Transitoria Primera de la nueva Ley 32/2003, de 3 de noviembre, General de Telecomunicaciones (LGTel), dicho Reglamento aún se encuentra vigente (a fecha de la redacción de este artículo - abril 2004) hasta que no se haya aprobado un nuevo reglamento que lo sustituya.

⁷ De la SETSI (Secretaría de Estado de Telecomunicaciones y para la Sociedad de la Información) en la actualidad hasta que la AER no entre en funcionamiento.

servicios de telecomunicaciones autorizados de categoría diferente.

La citada Orden establece que tendrá la consideración de “uso común” la utilización, con las características técnicas correspondientes, de aquellas bandas, sub-bandas, canales y frecuencias que se señalen en el CNAF (Cuadro Nacional de Atribución de Frecuencias), no precisando este uso común el otorgamiento de ningún título habilitante. Dentro de este marco normativo, cabe revisar concretamente la situación de las posibles bandas de frecuencias utilizadas por la tecnología Wi-Fi para la prestación de los correspondientes servicios de comunicaciones electrónicas.

A. BANDA DE 2.4 GHz

El CNAF, aprobado por la orden CTE/630/2002, de 14 de marzo de 2002 establece que las bandas comprendidas entre los 2300-2450 MHz, los 2450-2483.5 MHz y los 2483.5-2500 MHz, entre otras, están asignadas a los servicios “fijo”, “móvil” y “radiolocalización”, y que, en cuanto a su uso, éste podrá ser de uso mixto (“privativo” o de “utilización por el Estado”) o de “uso especial”.

No obstante lo expuesto, esta misma norma establece también determinadas excepciones que se detallan en las Notas UN (Utilización Nacional) para el “uso común” de algunas de estas bandas.

A tales efectos, la Nota UN-85 establece que la banda de frecuencias de los 2400 a 2483.5 MHz podrá ser utilizada de forma libre en redes de área local para la interconexión sin hilos entre ordenadores y/o terminales y dispositivos periféricos para aplicaciones en el interior de edificios. La potencia total será inferior a 100 mW (p.i.r.e.⁸). Además, prevé otras condiciones de uso siempre que éstas sean conformes a la Recomendación de la Conferencia Europea de Administraciones de Correos y Telecomunicaciones (CEPT) y el Comité de Comunicaciones Electrónicas (ECC)⁹.

Sin perjuicio de lo anterior, la misma nota determina que esta banda de frecuencias también podrá utilizarse para aplicaciones generales de baja potencia en recintos cerrados y exteriores de corto alcance siempre que la potencia máxima no exceda del citado límite de 100 mW. Esta utilización también se considera de uso común.

Al considerarse de uso común, o de uso libre, como ya se ha comentado, significa que no es necesario obtener una autorización o concesión demanial de la AER/SETSI para el uso de esta banda de frecuencias. Por lo tanto, cualquier compañía puede utilizar la banda para prestar sus servicios, sin perjuicio de que dichos servicios y la red establecida deban ser notificados previamente a la CMT.

La única condición que establece la nota de utilización nacional señalada para este tipo de uso de la citada banda de frecuencias de 2.4 GHz es que las características

radioeléctricas de los equipos que se utilicen deben ajustarse a las especificaciones del Instituto Europeo de Estándares de Telecomunicaciones (ETSI) ETS 300 328, ETS 300 440 o bien al estándar específico, si es el caso y en consecuencia deberá realizarse la correspondiente evaluación de conformidad.

B. BANDA DE 5 GHz

En la CMR-03 (Conferencia Mundial de Radiocomunicaciones, celebrada en julio de 2003 en Ginebra) se establecieron con éxito nuevas atribuciones de frecuencias al servicio móvil en las bandas de 5.150-5.350 GHz y 5.470-5.725 GHz para la instalación de nuevos sistemas de acceso inalámbrico, y en particular para las R-LAN. La CMR-03 precisó que los dispositivos inalámbricos no requieren licencias individuales si se utilizan para crear redes de banda ancha en los hogares, las oficinas y las escuelas. Asimismo, estas redes también se pueden utilizar en las instalaciones públicas de lugares “sensibles” tales como aeropuertos, cafeterías, hoteles, hospitales, estaciones de ferrocarril y centros de congresos, a fin de ofrecer acceso de banda ancha a Internet. La eficacia de este tipo de redes quedó patente en el propio centro de conferencias ya que se facilitaron así los trabajos y los delegados pudieron disponer de un acceso rápido y fácil a los documentos y a las redes internas de sus empresas. En la CMR-03 también se estableció que la parte inferior del espectro de 5 GHz debía utilizarse principalmente para aplicaciones de interiores, y los primeros 100 MHz (5150-5250 MHz) estarían limitados exclusivamente a dicha utilización. El empleo de estas bandas de frecuencias está, en todo caso, sujeto a la adopción de mecanismos de reducción de la interferencia y a límites de la potencia de emisión, a fin de que no causen interferencias a otros servicios de radiocomunicaciones que funcionan en la misma zona del espectro.

En este sentido, el Gobierno Español, de acuerdo con las conclusiones que se adoptaron en la CMR-03 de Ginebra, y conforme a la Recomendación de la Comisión Europea sobre las Redes Radioeléctricas de Área Local (R-LAN), modificó mediante la Orden CTE/2082/2003, de 16 de julio, el CNAF, armonizando las redes LAN y Wi-Fi con el espectro radioeléctrico europeo y permitiendo el uso de la banda de 5GHz para LANs o HiperLANs en España.

De acuerdo con la evolución expuesta en cuanto a la normativa internacional, la modificación del CNAF por parte de la orden CTE/2082/2003, de 16 de julio, responde al rápido desarrollo tecnológico de las R-LAN y de los sistemas Wi-Fi para la prestación de servicios de acceso de la banda ancha, y a la consecuente presión de la Comisión Europea para establecer plataformas alternativas de infraestructuras con el fin de reforzar la competencia en beneficio del consumidor sobre la base de los costes, funcionalidad y calidad en la prestación de servicios.

Las bandas de frecuencias de 5 GHz podrán ser utilizadas por el servicio móvil en R-LAN de altas prestaciones, de

⁸ p.i.r.e. = potencia isotrópica radiada equivalente.

⁹ La ECC fue establecida en septiembre de 2001 como resultado de la fusión de ECTRA y ERC.

conformidad con las condiciones que se indican a continuación:

- **Banda de 5.150-5.350 GHz:** En esta banda el uso por el servicio móvil en redes de área local se restringe para su utilización exclusivamente en el interior de recintos y las características técnicas deben ajustarse a la tabla adjunta y a las moviidades técnicas contempladas en la misma. Las utilizaciones por el servicio móvil en redes de área local en un uso restringido al interior se consideran de uso común. El uso común no garantiza la protección frente a otras utilizaciones ni puede causar perturbaciones a servicios existentes legalmente autorizados.

Banda (MHz)	Potencia (p.i.r.e.)		
	Sistemas sin TPC ¹⁰	Sistemas con TPC	Sistemas con TPC y con DFS ¹¹
5.150-5.250	30mW	120mW	200mW
5.250-5.350	60mW con DFS	200mW con DFS	200mW

Fig. 3. Características de la banda de 5.150-5.350 GHz.

- **Banda de 5.470-5.725 GHz:** Esta banda puede ser utilizada para las R-LANs en el interior o en el exterior de recintos con potencia inferior o igual a 1W (p.i.r.e.). Estos sistemas deberán disponer de técnicas de control de potencia (TPC) y selección dinámica de frecuencias (DFS) de acuerdo con las especificaciones de la Recomendación UIT-R M.1652 sobre sistemas de acceso radio incluyendo R-LAN en la banda de 5 GHz. Los usos que se hagan en esta banda se consideran de uso común que no garantiza la protección frente a otras utilizaciones ni puede causar perturbaciones a servicios existentes legalmente autorizados.

Asimismo, en la CMR-03, se establecieron las pautas en cuanto al funcionamiento de las estaciones del servicio móvil de acuerdo con las condiciones siguientes:

- En la banda de 5.150-5.350 GHz, las estaciones se utilizan sólo en locales interiores y valor medio máximo de p.i.r.e. de 200mW.
- En la banda de 5.470-5.725 GHz, el empleo de las estaciones se limitará a un valor de p.i.r.e. medio máximo de 1W.

IV. TENDENCIAS FUTURAS

La utilización de estas tecnologías está siendo determinante para facilitar el uso eficiente del espectro y como ya ha sido comentado, las políticas de gestión del espectro en los distintos países serán las que favorezcan, en

¹⁰ TPC: Se refiere a sistemas que dispongan de control de potencia transmitida.

¹¹ DFS: Se refiere a sistemas que dispongan de selección dinámica de frecuencia de acuerdo a la Recomendación UIT-R M.1652 sobre sistemas de acceso radio incluyendo R-LAN en 5 GHz.

mayor o menor medida, la evolución de las mismas. No obstante, se prevé una tendencia hacia la progresiva liberalización del espectro, política que ya se está aplicando en países pioneros, como Estados Unidos, en los que se opta por este mecanismo como potenciador de la innovación. Actualmente el *nuevo marco regulador europeo de las comunicaciones electrónicas* ha introducido una nueva solución para el uso eficiente del espectro que consiste en permitir el comercio secundario del espectro. De esta manera, se prevé que los operadores puedan alquilar parte de espectro que no usen, incrementando así el rendimiento del espectro. Esto es sólo un paso más hacia la progresiva liberalización de éste, con lo que se puede prever una revolución de la gestión del espectro, que seguro favorecerá la eficiencia de su uso y la innovación de las tecnologías. El futuro de las tecnologías celulares y cómo influirá el avance de la VoIP (Voz sobre IP) sobre las tecnologías expuestas en este artículo es otro debate que hoy en día está vigente y en el que los expertos predicen una convergencia, en contra de lo que se podría pensar *a priori* sobre una competencia directa entre estas dos tecnologías, resultando una solución inalámbrica global en todos los ámbitos.

Este tipo de tecnologías inalámbricas entran en un mercado muy competitivo y en el que se abre otra puerta de desarrollo tecnológico. En lo que respecta a nuestro país, tanto Wi-Fi como WiMAX son tecnologías poco desarrolladas, y observando el fuerte impulso en otros lugares del mundo, queda patente el potencial de las mismas y el impacto que pueden tener en nuestra industria. Finalmente, se debe tener en cuenta la enorme influencia que pueden tener las políticas de gestión del espectro como motor para su implantación y consolidación, aunque la continuación de la tendencia actual nos augura un futuro prometedor.

AGRADECIMIENTOS

Los autores quieren expresar su agradecimiento al Grupo de las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones de la ETSIT-UPM por toda la labor de investigación realizada sobre políticas públicas y regulación de telecomunicaciones, así como su labor de prospectiva sobre tecnologías emergentes y de futuro, temática de este artículo.

REFERENCIAS

- [1] Telefónica (2003). La sociedad de la información en España 2003 .
- [2] Gretel (2002). Nuevo diseño Europeo de las Telecomunicaciones, el Audiovisual e Internet.
- [3] Gretel (2004). Cuaderno 1. Análisis de la nueva regulación europea de las comunicaciones electrónicas.
- [4] Gretel (2004). Cuaderno 2. La transposición del nuevo marco regulador europeo de las comunicaciones electrónicas en España.
- [5] Información IEEE en www.ieee.com
- [6] Foro WiMAX en www.forumwimax.com