

## IEEE 802.11(Wi-Fi) El estándar de facto para WLAN

Fidel Ramón García Pedraja /Vicente Quílez Sánchez de Alcatel

Una WLAN es una red inalámbrica en la que una serie de dispositivos (PCs, workstations, impresoras, servidores,..) se comunican entre si en zonas geográficas limitadas sin necesidad de tendido de cable entre ellos. La gran ventaja de esta tecnología es que ofrece movilidad al usuario y requiere una instalación muy sencilla.

Entre los componentes que permiten configurar una WLAN podemos mencionar los siguiente: Terminales de Usuario (Clientes), dotados de una Tarjeta Interfaz de Red (NIC) que incluye un transceptor radio y la antena; Puntos de Acceso (Access Points o APs), que permiten enviar la información de la red cableada (por ejemplo Ethernet) hacia los NIC/Clientes; y Controlador de APs necesario para despliegues que requieren varios APs por razones de cobertura y/o tráfico. Este último suele incorporar funcionalidad de AP, de cliente VPN, de cliente RADIUS para labores de autenticar y autorizar con un servidor AAA apropiado (Autenticación, Autorización y Accounting), de routing y de firewalls.

La existencia en el mercado de dichos dispositivos capaces de interconectarse de forma barata y sencilla ha dado origen a una gran variedad de aplicaciones que sobrepasan ampliamente el ámbito de utilización en entornos empresariales para el que nacieron las WLAN.

### Estandarización de tecnologías WLAN

Las redes WLAN cumplen con los estándares genéricos aplicables al mundo de las LAN cableadas (i.e. IEEE 802.3 o equivalentes) pero

Estándar WLAN	IEEE 802.11b	IEEE 802.11a	HiperLAN 2
Organismo	IEEE (USA)	IEEE (USA)	ETSI (Europa)
Publicación	1999	2002	2003
Denominación	Wi-Fi	Wi-Fi 5	
Banda de Frecuencia	2.4 GHz ISM	5 GHz	5 GHz
Velocidad Máxima	11 Mbps	54 Mbps	54 Mbps
Throughput medio	5.5 Mbps	36 Mbps	45 Mbps
Interfaz Aire	SS-DS	OFDM	OFDM
Disponibilidad comercial	>500 productos	Algunos productos	2003

Tabla 1: Características de los estándares WLAN más significativos

necesitan una normativa específica adicional que defina el uso de los recursos radioeléctricos. Estas normativas específicas definen de forma detallada los protocolos de la capa física (PHY) y de la capa de Control de Acceso al Medio (MAC) que regulan la conexión vía radio.

El primer estándar de WLAN lo generó el organismo IEEE (Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos) en 1997 y se denomina IEEE 802.11. Desde entonces varios organismos internacionales han desarrollado una amplia actividad en la estandarización de normativa de WLAN y han generado un abanico de nuevos estándares. En USA el grueso de la actividad lo mantiene el organismo IEEE con los estándares 802.11 y sus variantes (b, g, a, e, h, ..) y en Europa el organismo relacionado es el ETSI con sus actividades en Hiperlan-BRAN.

La tabla 1 muestra las características técnicas de las tres tecnologías WLAN más significativas actualmente.

Es necesario mencionar que parte de la información transmitida en el aire es específica de la transmisión radio (cabeceras, codificación,..) y por lo tanto no forma parte de la capacidad útil para el usuario. Es decir que los valores de velocidad máxima de 11 Mbps ó de 54 Mbps no son equivalentes al concepto de velocidad aplicado en las redes LAN cableadas.

En la tabla 1 podemos ver el "throughput" de una red WLAN que sería equivalente al de una red Ethernet cableada; como se observa este "throughput"

resulta ser sensiblemente inferior al considerado como velocidad máxima de la tecnología.

IEEE 802.11b lidera los desarrollos actuales y su evolución IEEE 802.11a ya está comenzando su disponibilidad en el mercado. Aunque Hiperlan2 resuelve algunos problemas asociados con el 802.11a en temas vinculados con la robustez frente a interferencias y QOS (calidad de servicio), es muy probable que haya perdido la carrera comercial respecto a ambos protocolos debido a su retraso para introducirse en el mercado.

La banda de frecuencia de 2,4 GHz es compartida por WLAN y por otras tecnologías (Bluetooth para redes PAN, HomeRF para Home-Networking, hornos de microondas..) lo que incrementa la posibilidad de congestionar dicha banda. Para solventar esta problemática se decidió utilizar también la banda de 5 GHz para aplicaciones WLAN aumentando el ancho de banda disponible y la capacidad de tráfico de forma considerable. La figura 1 muestra el mapa actual de frecuencias (2002) para aplicaciones WLAN.

### IEEE 802.11 b/a (Wi-Fi): Estándar "de facto" para WLAN

La denominación Wi-Fi (Wireless-Fidelity) aplicada al protocolo



Figura 1: Mapa mundial de frecuencias WLAN (2002)

inalámbrico IEEE 802.11b significa que, vía radio, mantiene con fidelidad las características de un enlace Ethernet cableado. Por extensión se conoce como WiFi 5 al protocolo IEEE 802.11a que es el nuevo estándar de la misma familia para la banda de 5 GHz. Dado que estos protocolos Wi-Fi ya están implementados en múltiples productos comerciales podemos considerar que se han convertido en el estándar "de facto" para las aplicaciones WLAN en detrimento del estándar Hiperlan2 del ETSI.

A continuación se describen algunos aspectos de interés relacionados con los protocolos Wi-Fi:

### Topología de Red

Como en la mayoría de redes LAN, en las redes WLAN podemos encontrar dos tipos de topología: Red Ad-Hoc y Red Modo Infraestructura

Una red "Ad Hoc" consiste en un grupo de ordenadores que se comunican cada uno directamente con los otros a través de las señales de radio sin usar un punto de acceso. Los ordenadores de la red inalámbrica que quieren comunicarse entre ellos necesitan usar el mismo canal radio y configurar un identificador específico de WiFi (denominado ESSID) en "Modo Ad Hoc".

Se conoce como configuración "Modo Infraestructura" a la forma típica de trabajar cuando se utilizan Puntos de Acceso (AP). Si queremos conectar nuestra tarjeta Wi-Fi a uno de ellos, debemos configurarla para trabajar en este modo de trabajo. Es más eficaz que la red ad-hoc, en la que los paquetes "se lanzan al aire, con la esperanza de que lleguen al destino..", mientras que el modo Infraestructura gestiona y se encarga

de llevar cada paquete a su sitio mejorando, además, la velocidad. En el Modo Infraestructura la tarjeta de red se configura automáticamente para usar el mismo canal radio que usa el punto

de acceso más adecuado (normalmente el más cercano).

La figura 2 muestra la topología de dos redes WLAN en modo Infraestructura conectadas a un mismo Servidor. El modo Infraestructura es el que se utiliza cuando se quiere conectar una red WLAN a una red cableada.

### Características Técnicas

Las características técnicas de los protocolos IEEE.811 se reflejan en la tabla 2.

- IEEE 802.11: Fue el primer estándar disponible y permite dos variantes para el interfaz aire: DS-SS (Direct Sequence Spread Spectrum) y FH-SS (Frequency Hopped Spread Spectrum). La capacidad alcanzada es de 1 / 2 Mbps (según fabricante).
- IEEE 802.11b es el estándar que lidera los desarrollos actuales de WLAN. Emplea solamente DS-SS y utiliza modulación con forma de onda CCK (Complimentary Code Keying) lo que permite alcanzar hasta 11 Mbps de velocidad.
- IEEE 802.11a, es una evolución del 802.11b, opera en la banda de 5 GHz y ofrece una capacidad de hasta 54 Mbit/s. El interfaz aire utiliza multiplexación OFDM

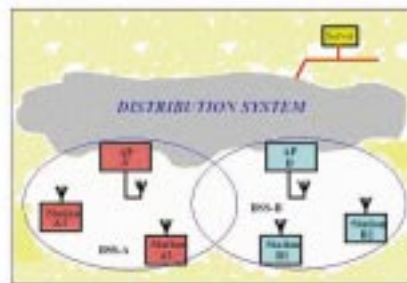


Figura 2: Topología de red con Puntos de Acceso (AP)

(Orthogonal Frequency Division Multiplexing).

- IEEE 802.11g (versión "draft" ó provisional desde Octubre 2002). Con multiplexación OFDM permite hasta 54 Mbps de capacidad máxima en la banda de 2.4 GHz. Permite interoperabilidad con IEEE 802.11b utilizando un interfaz aire SS-DS y ofreciendo hasta 11 Mbps de capacidad.
- El estándar IEEE 802.11a utiliza la banda de 5 GHz que en Europa no está asignada en este momento de forma prioritaria para aplicaciones WLAN por lo que actualmente tiene que compartir banda con otras aplicaciones. La norma IEEE 802.11h es una evolución del IEEE 802.11a que permite asignación dinámica de canales y control automático de potencia para minimizar los efectos interferentes. Estará disponible a lo largo de este año 2003.

La capa física (PHY) de los estándares IEEE 802.11 se diseñó para cumplir con la regulación de radio frecuencia del FCC (organismo federal USA). Las mismas bandas de frecuencia, con algunas variantes, se utilizan en el resto del mundo. La figura 3 muestra el espectro de la banda de 2.4 GHz en España. Los canales (de 22 MHz cada uno) utilizados por 802.11b son los impares (canales 1,3,5,7,9,11 y13).

Respecto a la capa MAC (Control de Acceso al Medio) podemos mencionar que los estándares IEEE 802.11 utilizan dos posibles mecanismo de acceso:

- CSMA/CA (Carrier Sense Multiple Access / Collision Avoidance) en el que cada estación escucha a otros usuarios (Carrier Sense) y si el canal está sin usar la estación está autorizada a transmitir (Collision Avoidance). Pero si está ocupada, cada estación espera hasta que la transmisión presente finalice, y después entra en un procedimiento de "random back." Esto previene que múltiples estaciones intenten obtener el medio inmediatamente después de completarse la

Estándar	IEEE 802.11	IEEE 802.11b	IEEE 802.11g	IEEE 802.11a	IEEE 802.11n
Finalización	1997	1999	Draft en 2002	2002	2003
Frecuencia	2.4 GHz ISM	2.4 GHz ISM	2.4 GHz ISM	5 GHz	5 GHz
Velocidad máxima	2 Mbps	11 Mbps	11 Mbps / 54 Mbps	54 Mbps	54 Mbps
Interfaz Aire	SS-FH/SS-DS	SS-DS	SS DS / OFDM	OFDM	OFDM
Otros aspectos	Superado por 802.11b	Disponible en mercado		Disponible en mercado	DCA / Power control

Tabla 2: Características de los principales estándares IEEE 802.11

- transmisión precedente.
- RTS/CTS: Es un procedimiento opcional en el que el terminal que quiera transmitir tiene que enviar al Punto de Acceso una solicitud de envío (Request To Send) a la que el Punto de Acceso accede (Clear To Send) a la transmisión. De esta manera se soluciona el problema del nodo oculto en el que dos transmisores separados no detectan las transmisiones de terminales distantes y los paquetes llegan degradados al punto de acceso. En este caso el punto de acceso coordina el tráfico WLAN al ser el encargado de dar los permisos de transmisión.

### Capacidad compartida y entornos multi-celda

Como ya hemos visto anteriormente el "throughput" medio de una red WLAN es sensiblemente inferior a la cantidad indicada como velocidad máxima de la tecnología. Esto es debido a que parte de la información transmitida se consume en cabeceras radio o en funciones de codificación de canal. Adicionalmente la distancia existente entre el terminal y el Punto de Acceso o la existencia de interferencias disminuirán aún más la capacidad práctica transmitida. En una red WLAN la capacidad se configura, por defecto, en modo automático para que se regule en función de la calidad del enlace radio.

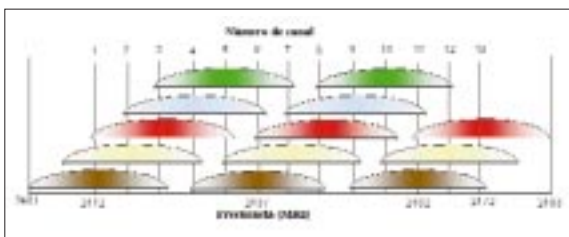


Figura 3: Banda 2.4 GHz en España

Además la capacidad mencionada debe ser compartida por los distintos usuarios que comparten un mismo Punto

de Acceso. Cuando la capacidad resultante para cada usuario no es suficiente para la aplicación requerida es necesario incrementar el número de Puntos de Acceso en una misma celda (utilizando diferentes canales radio) y así permitir mayores densidades de tráfico.

Para evitar solapamiento entre canales, cuando dos equipos transmiten en el mismo emplazamiento, la norma IEEE 802.11 indica que se debe dejar una separación entre las frecuencias centrales de los canales mayor de 22 MHz. Esta condición significa que, en la banda de 2.4 GHz, hasta tres (3) Puntos de Acceso pueden coexistir en una misma celda (se suelen emplear los canales 1, 6 y 11 - ver figura 3). La banda de 5 GHz (IEEE 802.11a) permite la utilización de hasta ocho (8) Puntos de Acceso coexistiendo en la misma celda. La utilización de dispositivos de banda dual 802.11a + 802.11b permitiría la instalación de hasta once (11) Puntos de Acceso en la misma celda sin solape de frecuencia.

El dimensionado del número de Puntos de Acceso de una red debe garantizar el tráfico en el área considerada pero también la cobertura radioeléctrica. En muchas ocasiones la presencia de obstáculos obliga al despliegue de entornos multicelda para garantizar la cobertura del área deseada.

El alcance de estas tecnologías está íntimamente relacionado con las antenas utilizadas y con el entorno de propagación (interior, exterior, obstáculos, ...). Dependiendo de la frecuencia y del número de

obstáculos se considera que en aplicaciones de interior (potencia 20 dBm) el alcance típico del 802.11 varía entre 45 y 100 m, sin embargo en aplicaciones de exterior (potencia 30 dBm) y en función de la ganancia de las antenas terminales este alcance puede ser superado ampliamente.

### Seguridad en IEEE 802.11

La seguridad es uno de los aspectos esenciales para la aceptación de las WLAN por usuarios empresariales o para aplicaciones públicas. Como todas las tecnologías radio, las WLAN no se pueden confinar dentro de los muros de un edificio por lo que deben extremarse las medidas de seguridad, ya que en caso contrario se abriría la red LAN a todo aquel que con una tarjeta WLAN y una antena direccional quiera conectarse.

El protocolo IEEE 802.11 provee seguridad mediante dos atributos: autenticación y el cifrado o criptografía.

Autenticación (verificar que una entidad, en este caso un cliente terminal, es realmente quien dice ser) es siempre un paso previo para autorizar a este cliente a comunicarse con otro o con el punto de acceso en el área de cobertura.

Existen diferentes opciones para realizar el proceso de autenticación. Para las WLAN en topologías ad-hoc, la autenticación puede ser en "Open System" o con "Shared Key". En un Open System, cualquier terminal cliente puede solicitar la autenticación y el terminal que recibe esta solicitud puede otorgar la autenticación a las estaciones que se encuentran en su lista de usuarios definidos. En un sistema Shared Key, solamente las estaciones que comparten una clave secreta pueden ser autenticadas. Para las topologías en modo infraestructura, la autenticación se resuelve mediante un diálogo entre el cliente y el punto de acceso. Los Puntos de Acceso (AP) IEEE 802.11 vienen, por defecto, equipados con capacidad de cifrar según el algoritmo WEP, el cual se





Figura 4: Punto de Acceso, Tarjeta PCMCIA, Wireless PDA y Tarjeta Compact Flash

utiliza también como base del proceso de autenticación. El algoritmo WEP (Wired Equivalent Privacy) permite que la encriptación se ajuste a 256 bits, 128 bits, 64 bits o deshabilitada. Cuanto más alto es este dato, supuestamente la comunicación es más segura, a costa de perder rendimiento en la red.

Sin embargo en el mundo de la criptografía se sabe que, cualquiera que sea la longitud de la clave, siempre hay formas de descifrar los mensajes y por lo tanto es conveniente cambiar las claves frecuentemente. Algunos fabricantes han desarrollado extensiones propietarias de las normas de seguridad (sobre 802.11) para implementar el cambio de claves periódicamente pero el inconveniente es que todos los dispositivos de la red WLAN deben ser suministrados en ese caso por el mismo fabricante.

La tendencia más reciente es sin embargo emplear el estándar 802.1x como base sólida del mecanismo de autenticación y autorización

Estos atributos de seguridad que se han descrito operan a nivel físico y de enlace. Pero existen otras vías de añadir más seguridad al sistema WLAN a otros niveles, tales como jugar con las direcciones MAC de los clientes (nivel 2) o construir VPNs entre el cliente y el servidor correspondiente (nivel 3), con lo que en la práctica puede decirse que la parcela de seguridad está suficientemente consolidada.

### Intercomunicación entre Puntos de Acceso (Roaming): Estándar preliminar IEEE 802.11 f.

Los estándares mencionados hasta ahora permiten la conexión de los terminales dentro de una misma sub-

red IP. Hasta ahora si queremos movernos sobre diferentes sub-redes IP debemos utilizar soluciones de un mismo fabricante. Actualmente el IEEE está desarrollando un nuevo estándar que define la intercomunicación entre Puntos de Acceso de distintos fabricantes (facilitando el roaming) y que estará disponible en 2003 (actualmente ya existe una versión preliminar de dicho estándar).

Entre otros temas la norma define el registro de un Punto de Acceso dentro de una red y el intercambio de información cuando un usuario se mueve por una zona cubierta por AP de diferentes fabricantes. Esta norma es conocida como IEEE 802.11 f

### Dispositivos WLAN disponibles en el mercado

En 1999 se creó una organización internacional sin ánimo de lucro denominada Wi-Fi Alliance (WECA) que certifica la interoperabilidad de productos de distintos fabricantes basados en la especificación 802.11. Actualmente pertenecen a la Alianza Wi-Fi 205 compañías y ya han recibido la certificación Wi-Fi® 611 productos diferentes desde que se inició el proceso en Marzo de 2000. Esta certificación garantiza que productos de distintos fabricantes son capaces de comunicarse entre sí y gran parte de ellos ya están disponibles comercialmente.

Existen en el mercado una gran variedad de dispositivos: Puntos de Acceso (AP), NIC inalámbricos, Portátiles con Wi-Fi integrado, Pocket PCs Wi-Fi, Servidores inalámbricos, ... La figura 4 muestra algunos de estos dispositivos.

Las tarjetas NIC más comunes son las que vienen en formato PCMCIA, para portátiles, aunque también las

hay en formato PCI, en CompactFlash, Smart Card y similares. Son equivalentes a una tarjeta de red normal, sólo que sin cables. Su configuración a nivel de IP es igual que una Ethernet

Las tarjetas para portátiles o PDAs están a la venta por precios de \$100/200. Algunos fabricantes ofrecen PCs y PDAs con el interfaz WLAN integrado. De momento estos componentes tienen un problema de consumo de energía que debe ser resuelto en el futuro próximo para garantizar el mantenimiento de las aplicaciones. Actualmente una PDA Wi-Fi tiene una autonomía limitada.

Toshiba Research estima que solamente el mercado español derivado de esta tecnología alcanzó 55 ME en el año 2002 (básicamente ordenadores portátiles que incorporan tarjetas Wi-Fi) y recientemente, Febrero 2003, Intel ha anunciado un acuerdo con distintos fabricantes de ordenadores para que la totalidad de su nueva producción incorpore (de serie) dispositivos de comunicación Wi-Fi.



Figura 5: Mercado de Equipos W-Fi en España (Source Toshiba Research)

La figura 5 muestra la estimación de Toshiba Research para el mercado de equipos Wi-Fi en España en los próximos años.

### Aplicaciones WLAN: Más allá del uso en redes empresariales

Originalmente las redes WLAN fueron diseñadas para su empleo en redes empresariales. En este tipo de aplicaciones una sub-red WLAN,

compuesta por varios Puntos de Acceso inalámbricos, se conecta a una red cableada que nos permite acceder a todos los servicios disponibles en la empresa.

Pero en actualidad las redes WLAN han encontrado una gran variedad de nuevos escenarios de aplicación tanto en el ámbito residencial como en entornos públicos:

- Escenario Residencial: Una línea telefónica terminada en un router ADSL al cual se conecta un AP para formar una red WLAN que ofrece cobertura a varios ordenadores en el hogar.
- Redes Corporativas: Una serie de Puntos de Acceso distribuidos en varios áreas de la empresa conforman una red WLAN autónoma o complementan a una LAN cableada. Son aplicaciones de alta densidad tráfico con altas exigencias de seguridad.
- Acceso público a Internet desde cafeterías, tiendas, .... En estos establecimientos se ofrece a los clientes una tarjeta inalámbrica (NIC) que permiten acceso a Internet desde sus propios portátiles. Es un escenario de acceso, involucrando un bajo número de Puntos de Acceso, parecido al residencial, pero que necesita mayores funcionalidades en el núcleo de red (AAA, billing, ..).
- Acceso público de banda ancha en pequeños pueblos, hoteles, campus universitarios, ... En general este escenario necesita múltiples Puntos de Acceso para garantizar la cobertura del área considerada.

o Es necesario distinguir entre las redes sin ánimo de lucro (redes libres) que ofrecen un servicio gratuito a una comunidad y las redes que ofrecen servicios de pago a clientes que residen o transitan por la zona de cobertura.

- WLAN para cobertura de "Hot Spots" (escenario público). Estas redes cubren áreas donde se concentra un gran número de usuarios de alto tráfico como son aeropuertos, estaciones de

ferrocarril, centros de congresos, ... La red a instalar requiere un elevado número de Puntos de Acceso así como importantes exigencias de seguridad, gestión de red, facilidades de facturación, etc.

- Acceso a Internet desde medios públicos de transporte. En los últimos meses se está convirtiendo en un tema de actualidad el hecho de que compañías ferroviarias quieran ofrecer acceso de banda ancha desde sus trenes en movimiento, o compañías aéreas (Lufthansa) que ofrecen acceso a Internet desde sus vuelos intercontinentales o varias ciudades que disponen de taxis que incorporan una pantalla integrada en el asiento que permite acceder a Internet de banda ancha. En el caso de Lufthansa la solución está basada en un acceso Wi-Fi en el interior del avión que termina un enlace vía satélite con la red Internet. En las otras dos aplicaciones Wi-Fi forma parte tanto de la red de acceso (en el interior del vehículo) como de la solución de transporte hacia la red fija.

Las primeras aplicaciones públicas de WLAN se instalaron en campus universitarios y son del tipo "redes libres" sin ánimo de lucro. Este concepto se ha extendido a la oferta de servicios en pueblos o pequeñas ciudades gestionados directamente desde sus ayuntamientos. En España hay múltiples ejemplos de redes libres siendo el corredor del río Henares (Alcalá-Guadalajara) la zona con mayor profusión de Puntos de Acceso.

Cuando las redes públicas son del tipo de pago por servicios siempre hay un operador de telecomunicaciones detrás de su gestión. Un operador establecido (especialmente si es móvil) dispone de gran parte de la infraestructura necesaria para ofrecer un servicio de amplia cobertura. Actualmente existen varios tipos de operadores actuando en el sector WLAN:

- Operadores "Wireless ISP" que ofrecen cobertura local de banda

ancha en pueblos o en pequeñas ciudades utilizando WLAN. Este servicio está bastante extendido en USA.

- Operadores "Wireless ISP" que ofrecen cobertura nacional (e.g., Wayport, MobileStar, ...) en los puntos de alta densidad de tráfico conocidos como "hot spots" (aeropuertos, estaciones, hoteles, ...) utilizando WLAN.
- Operadores móviles que complementan su oferta de movilidad global con cobertura WLAN en "hot spots". Esta actuación es debida a dos factores: de un lado evitar que los operadores WLAN anteriores, que ofrecen la cobertura de "Hot Spots" a nivel nacional, capten un porcentaje importante del mercado de servicios de UMTS. De otro lado capitalizar su infraestructura de red dado que ya poseen muchos activos necesarios para las redes WLAN tales como plataformas de autenticación, de gestión de red y de servicio, de facturación, etc.

Como ejemplos de operadores que ofrecen este tipo de servicio público en la actualidad podemos mencionar los siguientes:

- Wayport (USA) que cobra una tarifa de \$4.95 a \$7.95 por día y localidad;
- MobileStar (USA) ofrece tarifas de suscripción mensual que van desde \$15.95 por 200 minutos hasta \$59.95 por acceso sin limites
- En Europa, Telia HomeRun ofrece servicios similares en Suecia y en Noruega pero con tarifas mas altas.
- T-Mobile (rama móvil de DT) anuncia en Diciembre 2002 que se hará cargo de la red Wi-Fi de 1200 Starbucks Cafes en USA. Gran parte de la infraestructura Wi-Fi de dichos cafés pertenecía a MobileStar que se desliga de dichos nodos de acceso.
- France Telecom anuncia en Febrero 2003 el lanzamiento del servicio WLAN
- El proyecto Cometa Project anuncia 20.000 hot spots en USA en el año 2003.

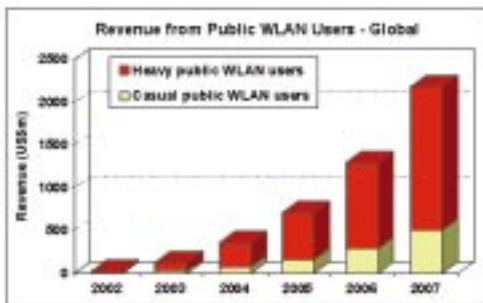


Figura 6: Mercado mundial para aplicaciones públicas WLAN (Strategy Analytics)

- En España tenemos los ejemplos de Afitel con despliegue en la ciudad de Zamora ó la oferta de NeoSky para llevar servicios de banda ancha a aldeas remotas por medio de una red WLAN conectada vía satélite con la red Internet.

Analysys Research en un estudio de mercado publicado en Noviembre 2001 estima que en Europa habrá en el año 2006 más de 20 millones de usuarios de redes WLAN públicas generando más de 3000 Millones de Euros de ingresos para sus operadores. Este analista considera que el 10% de los usuarios de redes móviles serán también usuarios de redes WLAN y que los operadores móviles perderán más del 10% de sus ingresos por la competencia de esta tecnología por lo que les recomienda que complementen sus redes con tecnología WLAN.

Un estudio posterior realizado por Strategy Analytics (Agosto 2002) reduce el tamaño del mercado para WLAN públicas y considera que su impacto sobre el negocio de los operadores móviles no será tan importante como presupone Analysys, pero también aconseja a estos operadores que desplieguen redes WLAN para minimizar dichas pérdidas. La figura 6 muestra la estimación del mercado mundial para las aplicaciones públicas de las WLAN realizada por Strategy Analytics.

El estudio de Strategy Analytics considera que actualmente se está llegando a un proceso de consolidación de los operadores WLAN del que sobrevivirá un pequeño número, con acuerdos de "roaming" entre ellos. En esta fase también se añadirán servicios WLAN a la oferta de

la mayoría de los operadores móviles produciéndose un complemento ideal de conectividad global a nivel nacional con cobertura de banda ancha en todos los puntos de alta densidad de tráfico (hot spots).

## Entorno Regulatorio

Los reguladores de los distintos países están actualmente en el proceso de asignación de bandas de frecuencia para aplicaciones WLAN. Cada país tiene una estrategia diferente en este tema y por lo tanto es conveniente que los usuarios potenciales de WLAN comprueben localmente si solamente pueden desplegar Puntos de Acceso (AP) en aplicaciones de interior o si también pueden desplegarlos en entornos de exterior y cuales son las frecuencias que deben utilizar.

Actualmente en Europa gran parte de la banda de 5 GHz está reservada para aplicaciones de Hiperlan2 o de tecnologías con asignación dinámica de frecuencias (como 802.11h.). Tecnologías como 802.11a estarían limitadas a usar solamente 150 MHz del total de la banda disponible. Sin embargo estos temas están en revisión permanente y pueden cambiar en el próximo futuro. El punto 1.5 de la agenda de la próxima Conferencia WRC 2003 (Worldwide Radio Conference 2003) propone que los reguladores consideren la posibilidad de nuevas asignaciones en la banda 5150-5725 MHz.

La CEPT solicita que las bandas 5150-5350 MHz y 5470-5725 MHz se asignen mundialmente para aplicaciones móviles de WLAN de forma prioritaria y de esta forma asegurar la no interferencia con otros servicios. La Administración española, aunque soporta la propuesta de la CEPT, propone que en España la banda 5470-5725 MHz necesite una licencia para aplicaciones de exterior (outdoor).

La figura 7 resume la situación regulatoria para uso de WLAN públicas en los países más significativos (año 2002).

Country	Essential use of spectrum for WLAN services 2.4 GHz	Essential use of spectrum for WLAN services 5 GHz	Service based regulatory mechanism
Austria	Yes	Conditional Yes	No
Belgium	Yes	Yes	Yes
China	Conditional No	Yes	Unknown
Denmark	Yes	Yes	No
Finland	Yes	Yes	No
France	Conditional No	Yes	Unknown
Germany	Yes	Under consideration	Yes
Germany	Yes	Conditional No	Not Applicable
Italy	Yes	Conditional No	Yes
India	Yes	Conditional No	Yes
Japan	Conditional No	Conditional No	Yes
Korea	Conditional No	Conditional No	Yes
Netherlands	Yes	Under consideration	No
Norway	Yes	Conditional No	No
Sweden	Yes	Conditional No	No
UK	Yes	Under consideration	Yes as of 27 July 2002
United States	Yes	Yes	Unknown

Figura 7: Regulación de bandas de frecuencias en países significativos (2002)

## Tendencias futuras

Distintos organismos (WECA, IEEE, ETSI, ..) continúan trabajando en la búsqueda de soluciones para mejorar alguna de las limitaciones actuales de la tecnología. Su actividad garantiza que en los próximos meses los aspectos de seguridad y "roaming" estarán plenamente resueltos desde la infraestructura de red.

En el ámbito tecnológico dispondremos de Puntos de Acceso duales (802.11a y 802.11b) y de nuevos NIC para PDAs y Tablet PCs optimizados para minimizar efectos interferentes y maximizar la movilidad, así como de PCs con modems WiFi integrados en silicio. Asimismo se mejorará de forma drástica el consumo de estos dispositivos inalámbricos (especialmente en soluciones portátiles) que es una de las principales exigencias para garantizar el éxito de las redes WLAN.

En cuanto a aplicaciones seremos testigos de la consolidación de operadores WLAN para Hot Spots (incluyendo muchos operadores móviles) así como de la implantación de la tecnología en los medios públicos de transporte. No será extraño tener una conexión de banda ancha a Internet desde un avión, desde un tren o desde un barco y la tecnología WLAN estará de alguna forma presente en la solución.