

# El despegue de las tecnologías “WI-FI” en España

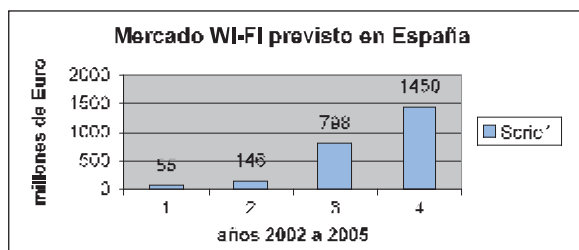
Pere Valls i Puyalto  
Físico

Fundació Joan XXIII-Bellvitge (L'Hospitalet de Ll.-Barcelona)

## INTRODUCCIÓN

Se conoce con el nombre de tecnologías WI-FI (Wireless Fidelity) aquellas que permiten la conexión de sistemas de computación y sus periféricos a redes por medio de un soporte de comunicación inmaterial, que está constituido por ondas de radio.

Recientes estudios parecen mostrar que en los próximos años este tipo de tecnologías van a experimentar un crecimiento extraordinario en el mercado español (véase por ejemplo el estudio de prospectiva realizado hace unos meses por Toshiba). En el año 2002 el volumen de negocio en torno a estas tecnologías en España no ha llegado a alcanzar los 55 millones de euro, se prevé que para el año 2005 alcance alrededor de los 1400 millones.



(A partir de datos del Informe Toshiba. Xavier Pascual)

A la vista de todo ello parece interesante componer un mapa de situación referente a esta nueva tecnología. En el marco de este breve estudio abordaremos cuatro centros de interés básicos:

¿Qué aparatos básicos intervienen en esta tecnología?  
¿Cuál es la estructura básica de una red inalámbrica?

Aspectos tecnológicos básicos

Algunas propuestas:

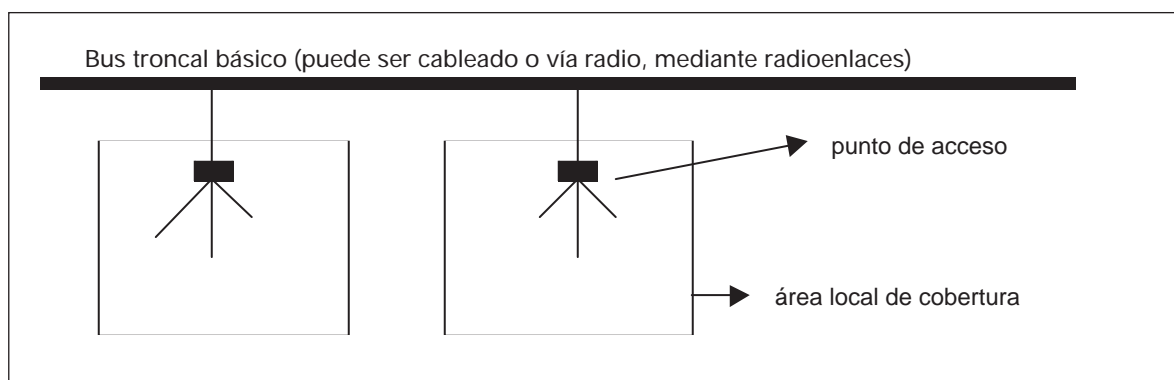
Ámbito industrial y de negocios

Ámbito terciario

Ámbito residencial

## APARATOS BÁSICOS QUE INTERVIENEN EN ESTA TECNOLOGÍA

En esencia debemos imaginar una red tradicional cableada que recorre un espacio físico, por ejemplo un edificio, el cual se encuentra compartimentado (salas, habitaciones, ...). En cada sala existe un elemento que denominaremos *punto de acceso* que es la interficie entre la red cableada y la red inalámbrica. Se trata de un emisor-receptor vía radio, que cubre a modo de estación base un cierto volumen espacial:



El radio de acción de cada punto de acceso es de unos 100 metros, siempre y cuando no existan barreras que impidan la propagación de las ondas de radio. Ello permite cubrir suficientemente una sala de oficina, un auditorio, una nave industrial, etc. Cada aparato que se encuentra dentro de este área conectado a la red a través del sistema vía radio es un *puesto*. La comunicación se realiza mediante técnicas digitales de multiplexación por división de tiempo y de frecuencia; los sistemas actuales y que se prevé puedan aparecer en los próximos años pueden admitir desde 20 o 30 puestos hasta unos 100 operando de forma simultánea dentro de la misma área y con un único punto de acceso.

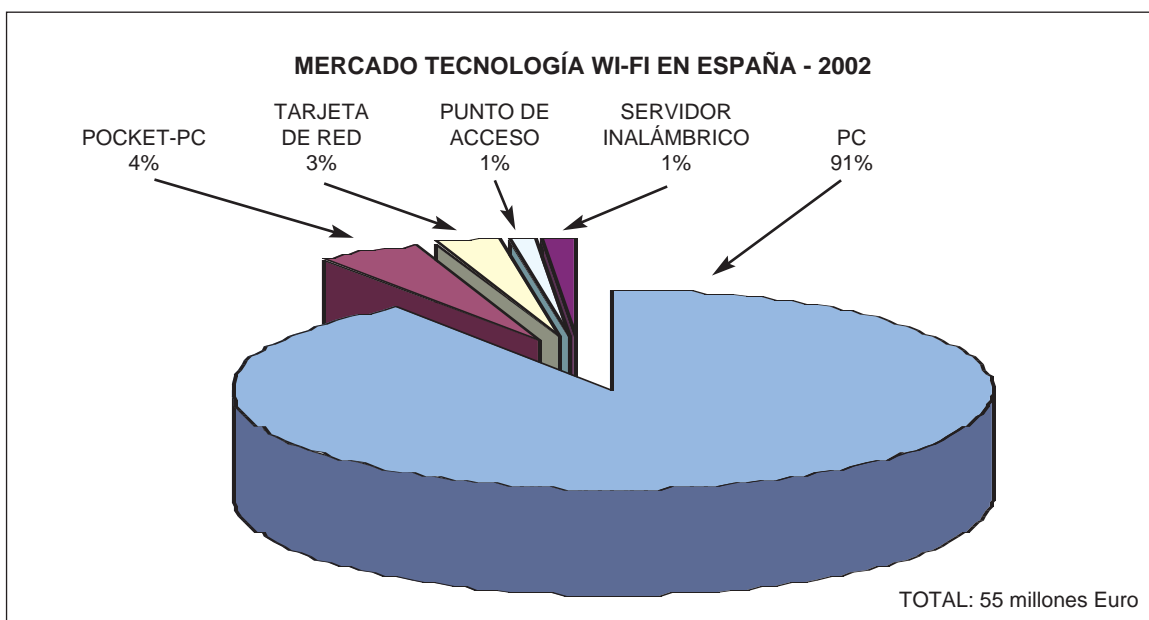
En el año 2002 el mercado de los puntos de acceso ha supuesto alrededor de los 0'7 millones de Euro en España. Se espera su máximo crecimiento hacia el 2003, que es cuando se prevé que se implementaran gran cantidad de este tipo de redes en edificios ya existentes, substituyendo las anteriores redes totalmente cableadas. A partir de ese año es posible que el mercado tenga un crecimiento menos espectacular, puesto que sólo se realizaran aplicaciones en instalaciones en edificios nuevos; en el año 2005 se espera un mercado de 7'5 millones también en España.

El *servidor* es un computador encargado de gestionar el tráfico en la red, así como de almacenar datos y programas que pueden ser compartidos por diferentes puntos. Existe una jerarquía entre servidores. Existirá un servidor principal conectado al bus troncal, pero pueden existir también servidores locales en las áreas de trabajo. Hablamos de un *servidor inalámbrico* cuando éste se encuentra conectado a la red a través del sistema vía radio. El mercado de este tipo de máquinas que alcanza unos 0'7 millones de

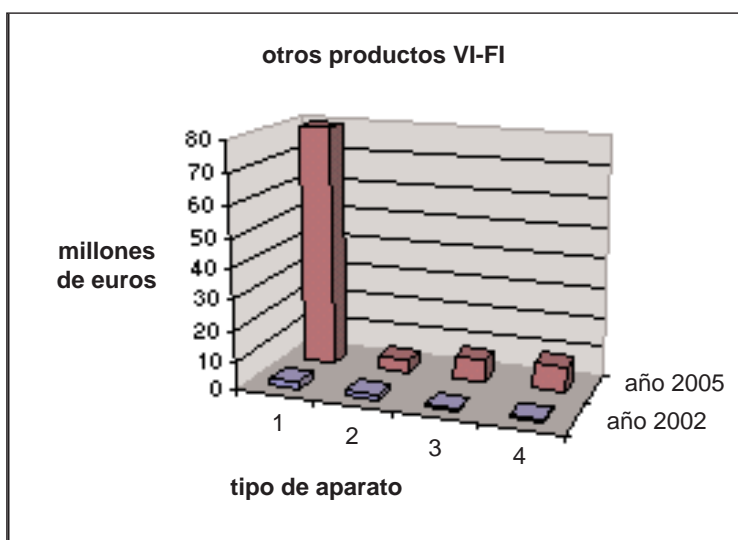
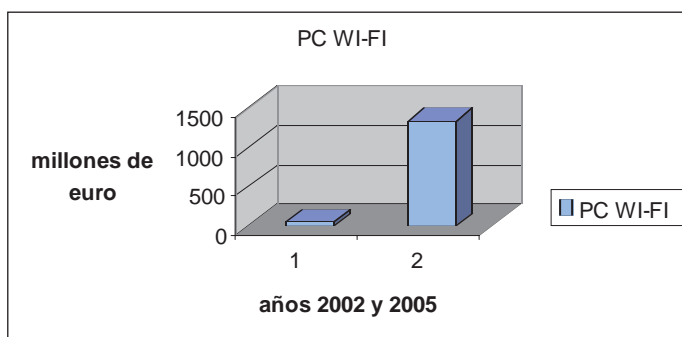
Euro en el 2002 en España, se prevé que llegue a los 8'5 millones en el 2005.

Además del servidor a la red se conectan los computadores personales (PC) y todos sus periféricos (impresoras, proyectores y pizarras electrónicas para conferencias, scáners, sistemas de vídeo y telefonía, etc.). Para que un PC o cualquier otro periférico convencional pueda conectarse a una red inalámbrica se precisa una interficie, denominada *tarjeta de red*. Se prevé que el mercado de este tipo de tarjetas crezca hasta el año 2003, puesto que muchos aparatos convencionales deberán adaptarse para poder trabajar en este nuevo tipo de redes; sin embargo la gran mayoría de aparatos de nueva fabricación ya incorporarán de serie la tarjeta de red, con lo cual su mercado tenderá a estabilizarse a partir de aquel año. En el 2002 este tipo de tarjetas han movido en España 1'6 millones de Euro, se prevé que se alcancen los 4'4 en el 2005.

Finalmente los aparatos adaptados de origen a la tecnología WI-FI, tales como PC portátiles y fijos, todo tipo de periféricos (impresoras, scáners, etc.), agendas mini-PC (tipo *pocket-PC*) y otros constituyen una parte importante del mercado presente y del estimado en el futuro. Los PC WI-FI han supuesto en el 2002 en España un volumen de 20 millones de Euro (hay que tener en cuenta que muchos fabricantes ya incorporan de serie en sus PC, fundamentalmente portátiles, la tarjeta de red inalámbrica; aunque muchas veces el usuario de la máquina no trabaja todavía en un entorno que le permita usar tal tipo de conexión). Se prevé que en el 2005 crezcan hasta 1350 millones. Las *pocket-PC* WI-FI han supuesto 2'4 millones en el 2002 y se espera que alcancen los 80 en el 2005.



En los siguientes recuadros se muestra la evolución prevista para el año 2005, según datos del informe de Toshiba:



Tipos de aparato:

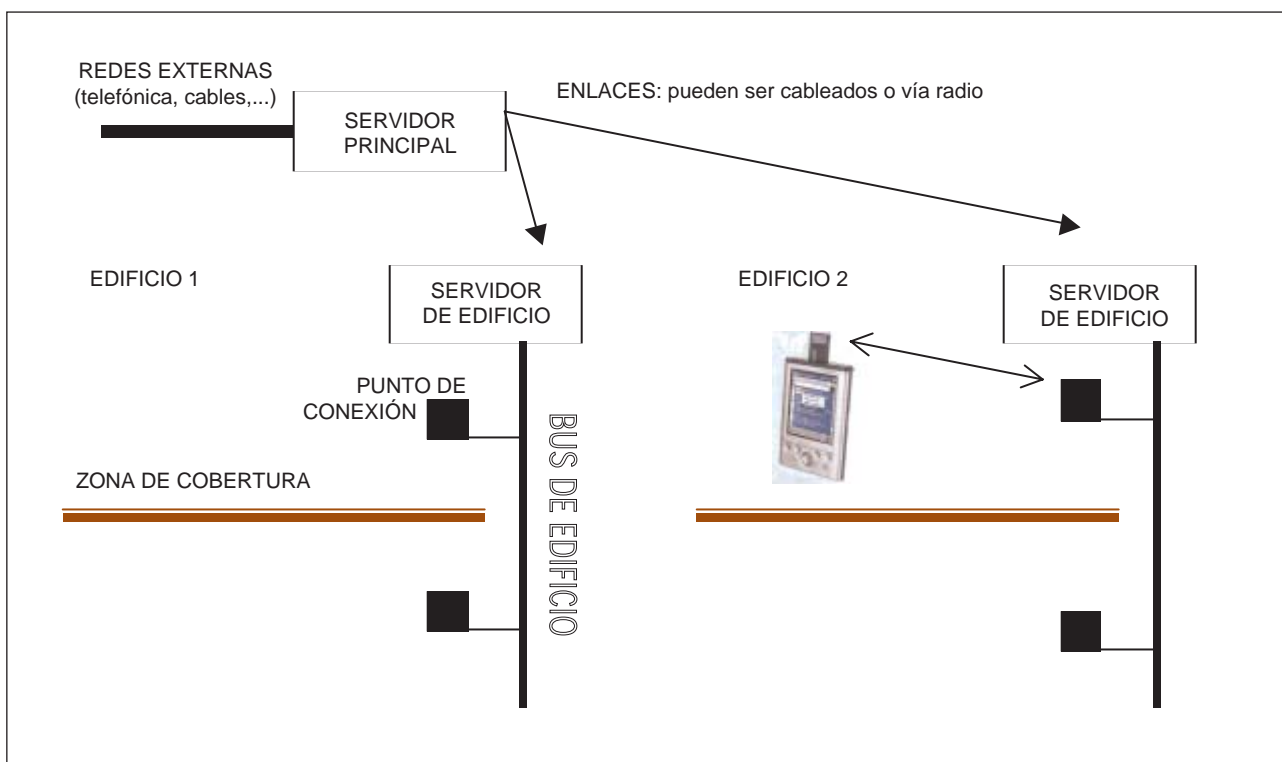
1. Pocket PC
2. tarjetas de conexión a red inalámbrica
3. puntos de acceso
4. servidores inalámbricos

Está claro que el crecimiento del mercado WI-FI que se espera en España en los próximos años es espectacular. La distribución porcentual del mercado entre las diferentes familias o tipos de aparatos, no varía excesivamente entre el 2000 y el 2005; cierto es que ganan terreno las pocket-PC, pero la tajada mayor sigue siendo para los PC.

## ¿CUÁL ES LA ESTRUCTURA BÁSICA DE UNA RED INALÁMBRICA?

Una red inalámbrica no difiere en esencia de una cableada, salvo en el bus de comunicación, que en el caso que nos ocupa son ondas de radiofrecuencia. La ventaja fundamental es que permite que los apa-

ratos (computadores y periféricos) trabajen cooperativamente sin necesidad de estar conectados, "anclados", a una toma de red. Ello proporciona comodidad, se gana en espacio, al desaparecer el cableado y permite reordenar los espacios sin necesidad de modificar la red. Además un aparato de uso personal, un PC portátil o una pocket-PC, puede desplazarse por el espacio cubierto por la red, acompañando a su propietario, estando en todo momento conectado a la red; los actuales sistemas WI-FI permiten la itinerancia (roaming) de los aparatos; ello implica que al desplazarse el aparato se puede producir un cambio de punto de conexión sin que se pierda la comunicación aparato-red (de forma similar a como ocurre en la telefonía móvil, cuando se cambia de zona de cobertura y se pasa de una estación base a otra, sin que la llamada se vea interrumpida).



El esquema anterior pretende dar un ejemplo de cómo podría ser una red WI-FI. En la parte superior izquierda podemos observar el enlace entre nuestra red privada y los servicios de comunicación externos a los que nos encontremos conectados. El Servidor Principal administra este enlace; como veremos en los ejemplos de más adelante, contar con un punto único de unión con los servicios públicos y compartir a partir de este punto tales servicios, puede resultar muy provechoso

económicamente, mucho más que contar con conexiones individuales. La red privada puede alcanzar a más de un edificio, los puentes de unión pueden ser según el caso, cableados o utilizando radioenlaces. El tráfico en cada edificio es gestionado por un Servidor de Edificio, del cual pende la red básica o Bus de Edificio; éste puede ser cableado o mediante radioenlaces. El Bus de Edificio recorre todas las áreas diáfanos del mismo y en cada una de ellas se establece un Punto de

Conexión que deberá cubrir toda esa área. A modo de ejemplo en una área del edificio 2 podemos ver como una Pocket PC trabaja conectada a la red inalámbrica. Puede que en cada Zona de Cobertura un servidor local (WI-FI o bien conectado físicamente al bus de edificio) administre los servicios dentro de esa zona.

Si se desea garantizar la total itinerancia dentro de los edificios, e incluso en las áreas exteriores a éstos, deberá quedar garantizado que no existe ninguna zona fuera de cobertura (zonas de sombra).

## ASPECTOS TECNOLÓGICOS BÁSICOS

### Características de la señal de radio

Las redes inalámbricas utilizan radiofrecuencias contenidas dentro de la banda ISM (*Industrial, Scientific and Medical Band*); se trata de frecuencias de uso libre (siempre que los emisores no superen un cierto nivel de potencia, por ejemplo 100 mW en el caso de emisiones a 2,4 GHz) que se encuentran dentro de las microondas (longitudes de onda entre 1 m y 0'1 mm, recordar que  $\lambda$  (en m) ·  $f$  (en Hz) =  $3 \cdot 10^8$  m/s). Concretamente los valores de frecuencia de ISM son: 433 MHz, 860 MHz, 2,4 GHz y 5,7 GHz. Los dos primeros rangos, de menor frecuencia, suelen usarse en aplicaciones de mandos a distancia (automatismos, puertas de garage, alarmas, etc.) y también para transmisión de audio (auriculares inalámbricos vía radio,...), no son útiles para transmisión de datos. Los dos rangos de frecuencia superior son los usados en WI FI. Las características básicas son:

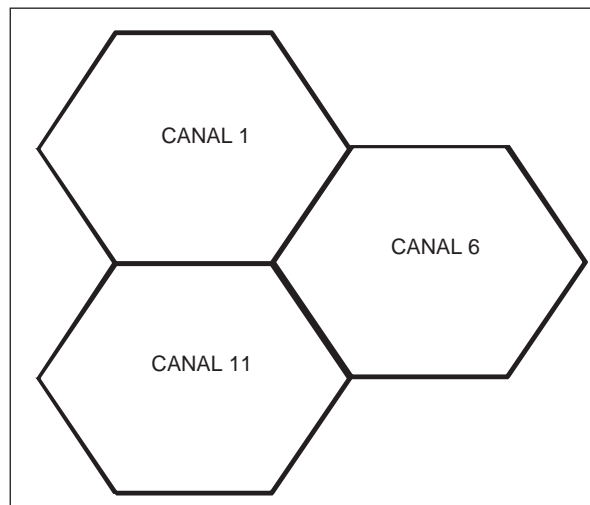
FRECUENCIA (GHz)	ANCHO DE BANDA (MHz)	VELOCIDAD DE TRANSMISIÓN DE DATOS MÍNIMA (Mbit/s)
2,4	83,5	10
5,7	150	60

A su vez cada banda de frecuencias se subdivide en canales. En el caso de la banda de 2'4 GHz existen 13 canales de 5 MHz de ancho de banda cada uno:

#### Canales de la banda de 2'4 GHz de ISM:

- Canal 1, frecuencia 2,412 GHz
- Canal 2, frecuencia 2,417 GHz
- Canal 3, frecuencia 2,422 GHz
- ... ..
- Canal 13, frecuencia 2,472 GHz

El sistema de cobertura usado en las redes WI FI es similar al empleado en telefonía móvil. El punto de acceso de red actúa como estación base, que cubre una zona (que denominaremos celda), dentro de la cual operan diferentes aparatos (PC,...). Puede darse el caso de que existan espacios de solapamiento entre celdas diferentes (celdas adyacentes); en tal caso cada celda ha de trabajar con un canal diferente, de manera que estos tengan frecuencias que no interfieran entre sí. Por ejemplo en la banda de 2,4 GHz es necesaria una separación mínima de 25 MHz para que dos canales no interfieran. Así podríamos tener tres celdas adyacentes (un cúmulo, o *cluster*) que usaran los canales 1, 6 y 11; un aparato portátil podría moverse dentro de ese área, cambiando de celda (itinerancia) sin perder la conexión a la red inalámbrica (como sucede con los teléfonos móviles)



*Un cúmulo formado por tres células cubre un área, dentro de la cual existe movilidad de los aparatos. Los canales de células adyacentes no interfieren entre sí. Esta estructura puede repetirse indefinidamente ("patrón de repetición"), pudiendo cubrir un área tan extensa como se desee.*

### Estándares existentes para redes inalámbricas

Los estándares aplicables a las redes inalámbricas contemplan tanto el caso de transmisión vía radio, que es el que nos ocupa, como la transmisión por infrarojos. El más extendido y que parece que va a imponerse es el IEEE 802.11. En la tabla siguiente se resumen los principales:

DENOMINACIÓN	FRECUENCIA (GHz)	VELOCIDAD DE TRANSMISIÓN DE DATOS (Mbit/s)	OBSERVACIONES
IEEE 802.11	2,4	2	
IEEE 802.11 a	5	54	Conocido como HIPERLAN, High Performance Radio LAN)
IEEE 802.11 b	2,4	11	Adoptada internacionalmente por la WECA (Alianza para la compatibilidad WiFi)
IEEE 802.15	2,4	1	<b>Bluetooth</b> (más adelante hablaremos sobre ello)
IEEE 802.15.2			Compatibilidad entre <b>Bluetooth</b> y redes WI FI

Dentro del estándar IEEE 802.11 se describen dos métodos básicos de transmisión de datos, el FHSS (Frequency Hopping Spread Spectrum) y el DSSS (Direct Sequence Spread Spectrum). Estas dos tecnologías resultan incompatibles entre sí. En el caso del FHSS la frecuencia de la portadora va cambiando de forma cíclica y permanente, ello hace que la transmisión sea bastante inmune a las interferencias radioeléctricas y a la vez que también sea difícil de interceptar; esta tecnología implica que exista una señal de sincronización entre emisor y receptor, para que ambos conozcan la secuencia y el ritmo de la variación de frecuencia de la portadora. En el sistema DSSS además de variar cíclicamente la frecuencia, se utiliza un algoritmo específico de encriptación de datos.

## Tecnología Bluetooth

Esta tecnología ha sido desarrollada por Nokia y Ericson. Se trata de un nombre de marca registrado, que parece ser que proviene del nombre de un rey danés del siglo X (Blatand), escrito tal como se pronuncia en inglés. Éste fue un estándar inicialmente creado para redes inalámbricas privadas (emisores de 1mW con un radio de cobertura de 10 m y en principio no prevé la itinerancia o *roaming*, es decir la cobertura de áreas mayores por varios puntos de conexión a red y la posibilidad de moverse cambiando automáticamente de punto de conexión a red), que parece que lleva camino de ser aceptado mundialmente y devenir la punta de lanza de la expansión de las redes WI FI. Las características básicas son:

Banda 2,4 GHz

Transmisión FHSS, usando 79 canales que cambian 1600 veces por segundo

Hoy existen emisores de hasta 100 mW

El protocolo soporta 3 canales de voz a 64 Kbit/s y un canal de datos a 723,3 Kbit/s

La base de la estructura Bluetooth es la "picored" (*piconet*) formada por un máximo de 8 aparatos. Uno de ellos actúa como máster, generando la secuencia de transmisión FHSS, que es compartida por todos los demás integrantes de la picored. Es posible poner en comunicación más de una picored, constituyendo entonces una *scattnet*. Los aparatos Bluetooth están homologados por BQTF (*Bluetooth Qualification Test Facility*) para garantizar su compatibilidad. En principio Bluetooth podría ser una solución viable para redes inalámbricas de corto alcance, se estima en unos 10 m a la redonda; lo que supone una red personal (PAN: *Personal Area Network*), aplicable por ejemplo en el hogar o una pequeña oficina. Las redes WiFi basadas en el estándar IEEE 802.11 pueden cubrir áreas locales desde algunas decenas de metros a la redonda, hasta algún centenar (entre 300 y 500 m). Por encima de estas distancias ya tendríamos la cobertura inalámbrica global proporcionada por los futuros aparatos UMTS (*Universal Mobile Telecommunications System*), los cuales trabajan con portadoras de 1,9 a 2,2 GHz (frecuencias éstas que no son de acceso libre, sino por concesión de las autoridades de los diferentes países a los operadores de telefonía móvil).

## Sistema de transmisión

En las redes inalámbricas suele aplicarse el sistema de transmisión conocido como CSMA/CA (*Carrier Sense Multiple Access with Collision Avoidance*). Cuando un aparato va a transmitir, primero atiende a que la red esté libre, es decir no exista ninguna transmisión en



curso; entonces emite los datos. En caso de estar la red ocupada en otra transmisión, guarda los datos e intentará de nuevo la transmisión después de un cierto tiempo prefijado. Existe sin embargo la posibilidad de que dos aparatos emitan a la vez, porque ambos simultáneamente hayan detectado la red libre, entonces se produciría una colisión de los trenes de datos. Para evitar este problema existe la *Collision Avoidance* (método para evitar colisiones). Este método está desarrollado por la norma IEEE 802.11 y consiste en esencia en que cuando un aparato ha de emitir, primero transmite un telegrama RTS (*Request To Send*); al recibir este telegrama todos los demás aparatos, quedan las transmisiones interrumpidas durante un cierto espacio de tiempo, el espacio radioeléctrico queda así libre para el aparato que lo había solicitado. Con ello no se evita que dos aparatos emitan a la vez un RTS y haya colisión, pero el mensaje así destruido nunca será de "información verdadera"; la transmisión de datos queda así asegurada. Cuando el aparato receptor recibe el RTS, responde con un mensaje CTS (*Clear To Send*) dirigido al emisor; al recibir el emisor el mensaje CTS éste sabe que no ha habido colisión, que el receptor está preparado y que la red inalámbrica está reservada para su transmisión. Entonces emite el telegrama de datos que contiene la "información verdadera". Cuando el telegrama finaliza, el receptor emitirá un mensaje ACK (*Acknowledgement*) que significa que ha recibido correctamente el mensaje, no es hasta este momento que la red queda libre para nuevas transmisiones.

## Seguridad en la transmisión

Las transmisiones por radio deben estar especialmente protegidas, para evitar que puedan captarse datos privados. Debe evitarse que cualquier aparato que eventualmente pueda acceder a la red inalámbrica, pueda entrar en nuestro ordenador, o en la información que transmitimos, alterando datos (*cracking*); o bien que pueda absorber información que transmitimos o guardamos y no va destinada a ese supuesto intruso (*snifing*). Existen diversos métodos que se emplean para impedir el acceso a la red inalámbrica de aparatos no deseados. La DSSS (*Direct Sequence Spread Spectrum*) distribuye de acuerdo con una función preestablecida las frecuencias de emisión, sólo los miembros de la red sintonizan adecuadamente estas frecuencias, mientras que para los receptores foráneos las transmisiones son sólo ruidos. El WEP (*Wired Equivalent Privacy*) es un sistema de encriptación.

## Efectos biológicos de las transmisiones a altas frecuencias

Una especificación muy a tener en cuenta son los posibles efectos que sobre la salud de las personas puede tener el estar expuestas a las radiaciones que, en nuestro caso, constituyen las comunicaciones inalámbricas. Son muchísimos los estudios que se han realizado y que están en curso acerca de este tema. Si nos referimos a la normativa técnica de la IEEE, los valores de exposición deben estar por debajo de 1 W/m<sup>2</sup> para radiaciones de 2,4 GHz; si consideramos un emisor WiFi que trabaja a 0,1 W y suponemos que emite isotrópicamente, tendremos que:

$$0,1/(4 \cdot \pi \cdot r^2) = 1 \quad \text{de donde } r = 0,09 \text{ m}$$

por lo que una distancia de 9 cm de la antena emisora es suficiente para que estemos por debajo del nivel de protección.



Punto de conexión Wi-Fi: antena emisora de 2,4 GHz conectable a través de un puerto serie

## Algunas propuestas

Son muchas las aplicaciones en que puede resultar ventajosa una red inalámbrica frente a una cableada. Fundamentalmente habrá que considerar los siguientes aspectos:

- menor coste de instalación.
- movilidad de los aparatos dentro del área de cobertura, libertad para cambiar de emplazamiento los aparatos, según las necesidades.
- ahorro de espacio, al no existir cableado.
- no afectación de paredes, techos o suelos para pasar cables de comunicación, cuando nos encontramos en edificios arquitectónicamente valiosos.

## Industria

Las redes inalámbricas se usan para interconectar computadores y sus periféricos y también en redes de

autómatas programables (PLC) que gobiernan máquinas y sistemas automáticos. Asimismo todo tipo de sensores (temperatura, presión,...) pueden transmitir los datos a las unidades de computación y control, sin necesidad de cableado y en consecuencia pudiéndolos desplazar libremente por la instalación, para tomar datos allí donde convenga en cada momento. En el caso de máquinas robotizadas que deben tener libertad de movimiento (por ejemplo una carretilla-toro robotizada para la distribución de palets en un almacén automatizado) el uso de estas tecnologías es totalmente necesario.

## Terciario

En edificios de servicios son muchas las aplicaciones posibles. En una habitación de hospital los sensores que tiene conectados a su cuerpo un enfermo bajo control (pulso cardíaco, temperatura, etc.) no precisarán los molestos cables, que inmovilizan al paciente y que puede desconectar involuntariamente al moverse. En un edificio de oficinas cada empleado puede trabajar con su PC portátil donde desee, encontrándose siempre conectado a la red; desplazarse para reuniones etc. En unos grandes almacenes donde periódicamente se cambia la disposición de los expositores, las cajas y los puntos de información al cliente, conectados a la red inalámbrica, pueden desplazarse sin problemas, sin alterar el cableado ni reconfigurar la red; cada vendedor, si dispone de un aparato tipo pocket-PC conectado a la red inalámbrica, puede realizar ventas, reservas o consultas, mientras atiende al cliente, desplazándose sin problemas por la planta y sin necesidad de dirigirse a ningún punto concreto para realizar la operación. Otro ejemplo de aplicación en locales públicos lo encontramos en el cada vez mayor número de restaurantes y bares, en los cuales el camarero toma nota de las mesas con una pocket-PC; ésta se encuentra conectada a través de la red inalámbrica a la caja central y a un terminal en la cocina, donde se recibe la petición.

## Ámbito residencial

En la vivienda es donde quizás parece más lejana la aparición de redes, si bien la transmisión inalámbrica en pico-redes (comunicación entre CPU, pantalla, teclado, ratón e impresora) es cada vez más frecuente. Recientemente he tenido ocasión de participar en unas jornadas de debate técnico celebradas en el Colegio de Arquitectos de Barcelona, dedicadas a reformular la concepción de los futuros edificios de viviendas socia-

les. Estas jornadas fueron organizadas por la cooperativa de vivienda social Porfont. Mi ponencia trataba precisamente de la introducción de las tecnologías de la información y comunicación en la vivienda.



*Programa de la jornada técnica, que contó con la presencia de técnicos de la Generalitat de Catalunya, el Alcalde de Barcelona, Sr. Joan Clos, técnicos de diferentes ayuntamientos y de numerosas entidades privadas, principalmente constructoras de viviendas sociales.*

La propuesta de trabajo que presenté propone dotar a los edificios de una red interna de datos, capaz de soportar el tráfico telefónico (voz y datos) y también las aplicaciones de control que de nueva planta o en el futuro se puedan implementar (aplicaciones de automatización y gestión técnica). Un servidor central gestionaría de forma comunitaria el acceso a la red pública de comunicaciones, proporcionando así a los vecinos una mayor rapidez a un menor coste. En su totalidad podría ser esta red inalámbrica, pero como mínimo en su último tramo, que es la cobertura de cada apartamento o piso, siempre lo sería; de este modo el usuario podría hacer funcionar cualquier aparato conectado a la red desde cualquier punto de la casa, sin necesidad de efectuar cableado alguno. Estamos pensando en ordenadores y todos sus periféricos, pero también muchas otras aplicaciones (por ejemplo frigoríficos conectados con los proveedores a través de Internet) y un largo etcétera. Estos servicios de valor añadido no forman parte de la composición inicial del apartamento, sino que cada vecino podrá decidir cuales le interesan y cuales no; lo fundamental es que pueda tener acceso a ellos, en el presente y en el futuro, cambiarlos, moverlos de sitio,... sin necesidad de hacer ninguna reforma en la red. Esta debería ser, a nuestro modo de ver, la ventaja principal de este nuevo tipo de soporte de comunicación.

Cada día aparecen nuevos ejemplos de aplicación y estamos convencidos del enorme futuro de esta tecnología.