

# WLANS (WIRELESS LOCAL AREA NETWORKS): DESCRIPCIÓN Y APLICACIONES

Miquel Mujal Colilles, Francisco Álvarez Vicente,  
José Cástor Vallés Martínez<sup>1</sup>

Estudiantes de la ETS de Ingenieros de Telecomunicaciones de Barcelona.  
(1) Miembro de la Rama del IEEE de Barcelona

miquel.mujal@terra.es, falv@unoinfo.com, josecastor@ieee.org



## 1.- ABSTRACT

Llevamos ya bastante tiempo trabajando con redes de área local (LAN), y hasta ahora se ha conseguido que la velocidad de transmisión de estas redes sea bastante alta comparándola con otras redes de nuestro alrededor. Pero como no, la tecnología sigue avanzando, y ahora lo que se pretende es facilitar la movilidad a los usuarios de estas redes, es decir cada vez la tecnología sin hilos se va apoderando de las comunicaciones, tanto en voz (desde hace ya algunos años) como en datos. En este aspecto las Wireless Local Area Networks (WLAN) ponen de manifiesto que realmente se pueden conseguir tasa de transmisión altas sin cables.

## 2.- FUNDAMENTOS Y CARACTERÍSTICAS DE LAS LAN

Es la más simple de todas las conexiones que existen, ya que solo enlaza computadoras de un área pequeña como un edificio u oficina, así mismo, una LAN puede estar conectada con otras LAN a cualquier distancia por medio de línea telefónica y ondas de radio.

Pueden ser desde 2 computadoras, hasta cientos de ellas. Todas se conectan entre sí por varios medios y topología, a la computadora(s) que se encarga de llevar el control de la red es llamada «servidor» y a las computadoras que dependen del servidor, se les llama «nodos» o «estaciones de trabajo».

Los nodos de una red pueden ser PC's que cuentan con su propio CPU, disco duro y software y tienen la capacidad de conectarse a la red en un momento dado; o pueden ser PC's sin CPU o disco duro y son llamadas «terminales tontos», las cuales tienen que estar conectadas a la red para su funcionamiento.

Las LANs son capaces de transmitir datos a velocidades muy rápidas, algunas inclusive más rápido que por línea telefónica; pero las distancias son limitadas.

Asimismo, en este tipo de red, tenemos tres sistemas de colocar las computadoras que se van a conectar en red, estos tres sistemas son:

Igual a Igual: Cada estación de trabajo puede compartir alguno, todos o ninguno de sus recursos con las demás estaciones de trabajo.

Recursos Compartidos: Uno o mas servidores centralizados envían y reciben ficheros, y contienen los recursos de las estaciones de trabajo en uso. Las estaciones de trabajo no pueden acceder a los recursos de las restantes estaciones, por lo que deben realizar ellas mismas todos los procesos.

Cliente-Servidor: Reparte una aplicación entre el cliente (estaciones de trabajo) y los componentes del servidor. El cliente de la aplicación acepta las entradas del usuario, las prepara para el servidor y le envía una solicitud. El servidor recibe las solicitudes de los clientes, las procesa y facilita el servicio solicitado al cliente. Entonces, el cliente presenta los datos u otros resultados al usuario por medio de su propia interfaz.

## 3.- INTRODUCCIÓN A LAS WLAN'S

### 3.1.- Introducción

En este apartado podemos empezar analizando las tecnologías propuestas para las WLAN's. Básicamente las WLAN trabajan con técnicas de espectro ensanchado, y entre estas técnicas podemos destacar las de FHSS (Frequency Hopping Spread Spectrum) y DSSS (Direct Sequence Spread Spectrum). Esta segunda técnica se utiliza ya en la telefonía móvil de 2ª generación estadounidense, y se piensa que será la base de UMTS (3ª generación de telefonía móvil). Si bien estas técnicas presentan varias ventajas sobre sus competidoras, el mayor problema que tienen es que la capacidad de la «celda» no vendrá condicionada por las interferencias entre otras frecuencias, sino que vendrá limitada por la cantidad de usuarios la potencia que éstos transmitan. Por tanto será necesario un estricto control de la potencia emitida por cada usuario para poder mantener la capacidad del sistema, como se verá más adelante.

Hoy en día la mayoría de las WLAN móviles trabajan en el margen de 1Mbps hasta 2Mbps. Aunque se ha conseguido que algunas WLAN «fijas» (no móviles) alcancen velocidades de hasta 10Mbps. Aunque como se puede intuir los más usuales son los que llegan a 2Mbps,

los cuales se construyen, básicamente, con dos técnicas para la conexión de sus terminales: mediante infrarrojos, o bien, mediante enlaces de radiofrecuencia. Aunque son velocidades más o menos aceptables, se está investigando en estos campos para conseguir mejorar, y por tanto aumentar, estas velocidades.

Para cerrar esta visión global de las WLAN, solo nos queda hablar de los protocolos de acceso al medio. El que se está utilizando en la actualidad es el CSMA/CA, pero ahora solo veremos algunas de las ventajas e inconvenientes del protocolo CSMA en general.

- Ventajas:
- \* Es simple y robusto
  - \* Tiene tiempos de acceso rápido cuando hay poco tráfico
  - \* No necesita una función de coordinación

- Inconvenientes:
- \* La máxima capacidad que soporta está limitada a una fracción de la velocidad de los datos en aplicaciones reales
  - \* La eficiencia disminuye drásticamente para tasa de tráfico altas.

Algunos de los tipos que se utilizan en la en las Wlan pueden ser:



**Figura 1. Red peer-to-peer**

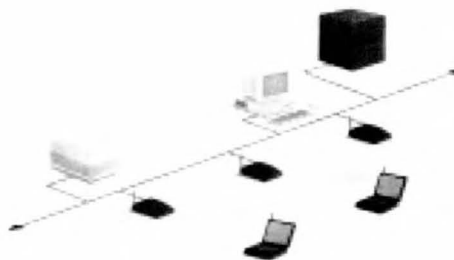
La más básica se da entre dos ordenadores equipados con tarjetas adaptadoras para WLAN, de modo que pueden poner en funcionamiento una red independiente siempre que estén dentro del área que cubre cada uno. Esto es llamado red de igual a igual. (Figura 1)



**Figura 2. Cliente y punto de acceso**

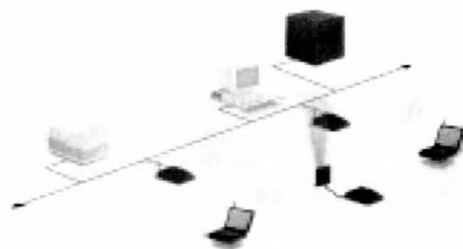
Instalando un Punto de Acceso (APs) se puede doblar el rango al cuál los dispositivos pueden comunicarse, pues actúan como repetidores (Figura 2).

Los puntos de acceso tienen un rango finito, del orden de 150m en lugares cerrados y 300m en zonas abiertas. En zonas grandes como por ejemplo un campus universitario o un edificio es probablemente necesario más de un punto de acceso. La meta es cubrir el área con células que solapen sus áreas de modo que los clientes puedan moverse sin cortes entre un grupo de puntos de acceso. Esto es llamado «roaming» (Figura 3).



**Figura 3. Múltiples puntos de acceso y «roaming».**

Para resolver problemas particulares de topología, el diseñador de la red puede elegir usar un Punto de Extensión (EPs) para aumentar el número de puntos de acceso a la red, de modo que funcionan como tales pero no están enganchados a la red cableada como los puntos de acceso (Figura 4).



**Figura 4. Uso de un punto de extensión.**

Uno de los últimos componentes a considerar en el equipo de una WLAN es la antena direccional. Por ejemplo: se quiere una Lan sin cable a otro edificio a 1Km de distancia. Una solución puede ser instalar una antena en cada edificio con línea de visión directa. La antena del primer edificio está conectada a la red cableada mediante un punto de acceso. Igualmente en el segundo edificio se conecta un punto de acceso, lo cuál permite una conexión sin cable en esta aplicación (Figura 5).

Después de esta visión general de lo que son las WLAN, pasamos ahora a estudiar y discutir las dos técnicas de espectro ensanchado comentadas anterior-

mente. Empezamos con FHSS para después continuar con DSSS y poder comparar estas dos técnicas.

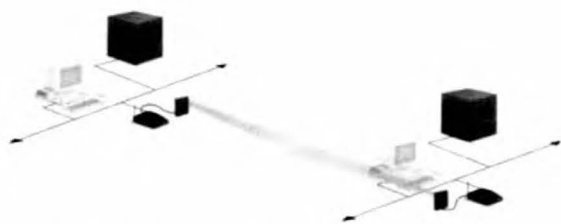


Figura 5. Utilización de antenas direccionales.

### 3.2.-Frequency Hopping Spread Spectrum

En este apartado veremos las propiedades más significativas de la técnica de espectro ensanchado mediante saltos de frecuencia (FHSS), como pueden ser: diseño del radioenlace, especificaciones del emisor y receptor, etc..

Antes de empezar a considerar los aspectos más interesantes de ésta técnica cabe destacar que los enlaces vía radio dentro de un edificio son bastante complicados, y se tienen que considerar bastantes atenuación y rebotes debidos a muebles, paredes, etc.. Es curioso observar que algunas paredes no ofrecen resistencia a ondas con frecuencias menores a 10GHz, mientras que las atenuaciones que producen otras clases de paredes son inviables para sistemas de comunicaciones. Para poder caracterizar estos desvanecimientos se ha propuesto el siguiente modelo de decaimiento de la potencia según la distancia:

—> Hasta los tres primeros metros, la potencia disminuye según la raíz de cuadrada de la distancia.

—> A partir de 3 metros, en un medio sin paredes que se interpongan a la transmisión, esta potencia disminuye con la raíz tercera de la distancia.

—> A partir de 3 metros pero la transmisión la interrumpen distintas paredes, la disminución depende de la raíz cuarta de la distancia.

—> A través de paredes externas esta atenuación aumenta con la raíz sexta de la distancia.

Por tanto, se puede concluir que la zona de cobertura de los puntos de acceso es de unos 50 metros.

Pero estas limitaciones no son siempre malas, es decir, que es posible que tengamos que utilizar diferentes puntos de acceso para cada planta de un edificio, pero esto significa que podríamos hacer un buen reuso de los canales para diferentes plantas del edificio.

Otro problema a considerar es la propagación multicamino y su efecto sobre la velocidad de transmisión de los datos. Como ocurre en los radioenlaces externos, en las comunicaciones sin cables internas, la propagación multicamino supone un pequeño problema para los recep-

tores. Aunque se puede ver que en los entornos externos es bastante más crítica que en los internos. Es decir, esta propagación produce interferencia intersimbólica si el retardo de propagación de las señales rebotadas es mayor que el tiempo de un bit. En el caso de comunicaciones externas es lo que ocurre en la gran mayoría de señales de banda ancha (tiempos de bit muy pequeños y caminos de propagación bastante grandes), mientras que en transmisiones internas estos caminos de propagación suelen ser pequeños, por tanto el retardo que sufren las señales rebotadas suele ser bastante más pequeño que el tiempo de transmisión de un bit, y a consecuencia de esto, en vez de producir esta interferencia, lo que se consigue es que la señal recibida tenga una potencia bastante mayor que si solo hubiera un solo camino de propagación. Por tanto, no se puede considerar como un problema, sino más bien como una ventaja, ya que la sensibilidad de los receptores puede ser peor que en el exterior, y por tanto estos receptores pueden ser más baratos.

En conclusión, para velocidades de 1Mbps hasta 2Mbps esta propagación multicamino supone una mejora para la transmisión, pero a velocidades de 2 a 4Mbps esta propagación multicamino empieza a producir ya ISI.

### 3.4.-Selección de los conjuntos de salto en frecuencia.

Según el estándar FCC parte 15.247 tenemos una banda de 83MHz a 2.4GHz de portadora. Si el ancho de banda máximo de un señal es de 1MHz, en esta banda podremos colocar 79 slots de frecuencia, teniendo en cuenta los tiempos de guarda entre canales. Y a partir de estos recursos tenemos que planificar los conjuntos de salto en frecuencia. Para el diseño de estos modelos se tendrán que tener en cuenta ciertas limitaciones, por ejemplo:

\* Tener la mínima interferencia posible entre conjuntos usados en:

- Redes diferentes
- Celdas diferentes en la misma red

\* Evitar dos modelos en la misma frecuencia y al mismo tiempo

\* Minimizar dos conjuntos en la misma frecuencia en tiempos consecutivos

\* Maximizar la separación entre frecuencias en tiempos consecutivos para reducir ráfagas de errores debidas a interferencias.

El sistema FHSS es complicado de entender ya que estamos acostumbrados a considerar como un canal de usuario a un slot de frecuencia o bien de tiempo, y en este caso un canal para un usuario es un conjunto de saltos de frecuencias. Es decir, al igual que en FDMA cada slot de frecuencia se considera un canal, en FHSS un conjunto de frecuencias se consideran como un solo canal, más concretamente, una combinación de este conjunto de frecuen-

cias es lo que forma un canal. Ahora bien, uno podría considerar que cada combinación de frecuencias podría corresponder con un canal, pero tenemos que tener presente siempre las limitaciones expuestas anteriormente. Por ello para saber cuales son los canales de que disponemos tenemos que hacer una buena selección del conjunto de combinaciones (de frecuencias) posibles.

Esto lo podemos ver con un sencillo ejemplo. Si tenemos seis portadoras consecutivas para combinar, el conjunto de permutaciones posibles es 6! (teóricamente), esto es 720 posibles combinaciones:

F1 F2 F3 F4 F5 F6 → Permutación 1 (usuario 1)  
 F1 F2 F3 F4 F6 F5 → Permutación 2 (usuario 2)  
 F1 F2 F3 F5 F4 F6 → Permutación 3 (usuario 3)  
 Etc...

Pero como se puede observar, hay conjuntos de estas permutaciones que utilizan una misma frecuencia al mismo tiempo, y esto es intolerable. Si se estudia más a fondo se puede observar que solo 6 de estas 720 combinaciones no utilizan al mismo tiempo, y son:

F1 F2 F3 F4 F5 F6  
 F2 F3 F4 F5 F6 F1  
 F3 F4 F5 F6 F1 F2  
 F4 F5 F6 F1 F2 F3  
 F5 F6 F1 F2 F3 F4  
 F6 F1 F2 F3 F4 F5

Estamos de acuerdo que no utilizan la misma frecuencia al mismo tiempo, pero lo que se observa es que utilizan portadoras adyacentes en el mismo intervalo de tiempo y esto supondría tener en los receptores filtros muy selectivos, y aún así no se garantizaría una buena recepción.

Por tanto, para evitar esta situación tenemos que eliminar las filas 2, 4, 6. Y nos quedaría una planificación como:

F1 F2 F3 F4 F5 F6  
 F3 F4 F5 F6 F1 F2  
 F5 F6 F1 F2 F3 F4

Así pues de 720 permutaciones posibles nos quedamos sólo con 3. Según esto, con el ancho de banda disponibles que tenemos en FHSS, tenemos 79 portadoras para combinar, y a partir de aquí se pueden obtener un máximo de 20 canales disponibles, que es precisamente la cantidad de canales que propone es estándar IEEE 802.11 aunque la mayoría de los fabricantes ofrecen equipos con sólo 15 canales.

### 3.5.- Direct Sequence Spread Spectrum

Este sistema se ha diseñado para trabajar en la banda ISM de los 900MHz. Pero hay otra variante que permite

trabajar en la banda ISM de los 2.4GHz para aquellos países que no tengan disponible la banda anterior. La máxima potencia permitida para los sistemas DSSS en los Estados Unidos es de 1 Watio, pero la potencia máxima permitida en otros países para la banda de 2.4GHz es de 100 mW. El diseño de estos sistemas utiliza 250 mW en USA, y 100 mW en el resto de países.

La tasa de transmisión de los datos en este sistema es de 2Mbps, aunque según el medio de transmisión, esta tasa puede caer a 1Mbps. La tasa de error que se necesita en estos sistemas es de 10<sup>-5</sup> para una Eb/N0 de 16 dB. Con estos requerimientos la disponibilidad del canal es del 99.5%.

Esta tasa de 2Mbps tiene que ser ensanchada por un factor de al menos 11, para satisfacer la parte 15 del FCC. Además se necesitaría un tasa de chip de 22Mcps, que si utilizamos una modulación en cuadratura, podemos trabajar a una tasa de 11Mcps. El ancho de banda requerido para estas señales es de 22MHz. Con este ancho de banda, el número máximo de canales independientes en la banda de 900MHz es uno, mientras que en la banda de los 2.4GHz es de tres, en contraposición con los 15 a 20 canales de FHSS. Por esto los comerciantes se inclinan por el sistema FHSS en vez de DSSS.

Una de las principales características de este sistema es el entrelazado de los datos, para evitar que se produzcan ráfagas de errores. También se necesita una secuencia para aleatorizar, y ensanchar la secuencia de datos, y por tanto que en el receptor se tendrá que conocer esta secuencia para poder demodular estos datos.

### 3.7.- Interconexión con redes troncales.

En este apartado estudiaremos la movilidad de las WLAN dentro de una misma red, y también la movilidad entre otras redes, incluyendo una pequeña introducción a MobileIP.

#### 3.7.1.- Movilidad dentro de la misma red.

En este apartado estudiaremos la movilidad de los nodos dentro de una misma red que tiene cobertura gracias a varios puntos de acceso. Cada uno de estos puntos de acceso contienen tres componentes:

- \* Una interfaz WLAN para comunicarse con los nodos en su área de servicio.
- \* Una tarjeta para el interfaz con la red troncal, por ejemplo una Ethernet.
- \* Un bridge de la capa MAC para filtrar el tráfico entre las subredes sin cables y entre la troncal.

Este filtrado es esencial para prevenir todo el tráfico en la red troncal para que no sea repetido en la subred inalámbrica. Para ello utilizamos este bridge, que funcio-

na de la misma manera que los que se ponen en redes alámbricas normales.

La función de estos «bridge» es aislar el tráfico entre los interfaces a los que están conectados. Cada vez que pasa un paquete por ellos, éstos van formando una tabla de los nodos que están en la red y el segmento de la red en el que están. Pero estas entradas que están en las tablas no se guardan para siempre, ya que los nodos hay veces que pueden estar apagados, o se pueden mover, y enviar paquetes hacia estos nodos puede ser inútil. Por eso, los «bridge» tienen un reloj que cada cierto tiempo va actualizando las tablas, quitando aquellos nodos que ya no están en esta red. Estos tiempos de actualización en las redes de cable suelen ser de unas horas, en cambio en redes inalámbricas deben ser más pequeños, de orden de unos pocos minutos, ya que los cambios de posición, y las desconexiones de los nodos, son bastante más frecuentes que en redes con cable.

Otras funciones de estos «bridge» son:

- \* Almacenar la información de diferentes redes que tiene diferentes velocidades de transmisión.
- \* Cambiar el formato de las tramas entre redes incompatibles.
- \* Añadir o borrar campos dentro de trama.

Dentro de la familia de estándares 802 podemos destacar los que nos interesan para nuestras aplicaciones. Por ejemplo, el 802.2 es donde el LLC (Logical Link Control) funciona tal como lo hemos explicado. Mientras que el 802.11, es el estándar que se refiere a las WLAN. Dentro del 802 podemos distinguir dos protocolos de la capa MAC:

- \* «Spanning tree bridges»
- \* «Source routing bridges»

Tanto uno, como el otro tipo de estos «brdges» construyen tablas para almacenar la información de la red, como ya hemos comentado anteriormente. La mayor diferencia entre ellos, desde un punto de vista de implementación es, que el segundo tipo de bridge coloca muchas más carga en los nodos. Por tanto la mayoría de los «bridges» utilizan la primera opción.

El primer tipo de bridge funciona de la siguiente manera: cada nodo crea una base de datos en la que están todos los nodos de la red y el mejor camino para alcanzarlos. La topología de la red no está en ningún nodo, sino que con el conjunto de todos los nodos esta topología va cogiendo forma. La forma de crear esta topología se basa en que cada bridge hace un broadcast de su identidad, y de todos los nodos que él conoce. Y con un algoritmo distribuido se selecciona un bridge raíz y un árbol que alcance a todos los demás nodos, así se minimiza el número de saltos desde cada bridge hasta la raíz. Este árbol se va actualizando continuamente.

El otro tipo de bridge depende bastante más del nodo fuente, el cual guarda la tabla de donde están los otros nodos de la red, y construye una vista general de la topología de la red. También incluye la ruta que el paquete tiene que poner en su cabecera, por tanto, y como estos cálculos son costosos y se tienen que hacer en el nodo, se cargan demasiado los nodos y esto hace que los recursos del nodo sean menores que el anterior tipo de nodo.

### 3.7.2.- Movilidad entre diferentes redes y MobileIP.

Definiremos los parámetros más interesantes de la movilidad entre redes, e introduciremos algunos conceptos de MobileIP.

Las metas importantes de MobileIP son:

- \* La movilidad se tiene que conseguir en la capa de red
- \* Las capas más altas no se tienen que enterar de esta movilidad
- \* Las aplicaciones no tienen que cambiar.
- \* Las infraestructuras de los routers no móviles no se ven afectados
- \* Los terminales no móviles tampoco se tienen que ver afectados.
- \* Varias operaciones ocurren continuamente a través de varias redes
- \* La seguridad es tan buena como en las redes actuales.

La implementación de la movilidad en las redes tiene que ser gradual, y además no se podrá molestar a aquellos nodos que no deseen incorporar movilidad. Ya que queremos minimizar el impacto de la movilidad en Internet y en sus nodos, se tiene que conseguir lo que se ha propuesto arriba, es decir, que esta movilidad sólo afecte al nivel de red, mientras que las capas más altas no se tienen que enterar de esta movilidad.

El principal objetivo de MobileIP consiste en proporcionar movilidad a un terminal pero siempre conservando su dirección IP. En la actualidad la dirección IP está asociada a un lugar fijo dentro de una red. Por tanto lo que se pretende hacer con MobileIP es proporcionar un número de direcciones IP para que se muevan junto con los terminales móviles. Para ello MobileIP configura un camino para encontrar donde se encuentran estas direcciones MobileIP en cualquier instante de tiempo, y así poder enviarles los paquetes que van dirigidos hacia estas estaciones sin perturbar el comportamiento de Internet.

La operación de MobileIP es bastante simple. Se consideran dos opciones, con naturaleza similar a los dos tipos de «bridges» considerados anteriormente. Una opción es la que hace trabajar a los routers, y la otra propuesta es la que se implementa en los nodos. La que elegimos aquí es la primera de las dos opciones propuestas. Los paquetes

destinados hacia la estación con MobileIP son dirigidos en una primera instancia hacia la red donde debería estar. Si este nodo no está allí, el router encapsula este paquete en otro y lo manda hacia la dirección donde se encuentra en estos momentos.

Así pues, un terminal consigue una dirección MobileIP de un conjunto nuevo de direcciones IP. Esta dirección está asociada con el nodo de la red «original». Esta asignación se comporta de la misma manera que un teléfono móvil con un número asociado a su HLR (Home Location Register). Cuando este usuario sale de su zona «local» tiene que conseguir otra dirección temporal mientras visita esta zona «extranjera». Esta situación también se parece al registro de un usuario en un VLR (Visitor Location Register) cuando se aleja de la estación base a la que «pertenece». Hay que destacar que la dirección IP que tiene en un principio es permanente, mientras que la segunda dirección IP que consigue para poder moverse por la red es temporal, y solo la utiliza mientras esta fuera de su red.

El software que permite el desarrollo de MobileIP se denomina agents «agentes», que se dividen, según la función que hacen dentro de MobileIP, en Foreign Agent y Home Agent. El Home Agent es el que redirige los paquetes que le envían a la estación móvil hacia el nuevo lugar de emplazamiento, mientras que el Foreign Agent es el encargado de proporcionar a esta estación la nueva dirección IP temporal para que el Home Agent sea capaz de encontrar a esta estación. También se encarga de buscar a la estación cuando se le envía un paquete. Es decir el Home Agent envía el paquete hacia el Foreign Agent y éste se lo envía a la estación. Típicamente estas funciones las implementan los routers de las redes de área local (o cualquier otro tipo de redes) donde se encontraba la estación, de la red donde estará después de desplazarse.

#### 4.- CONCLUSIONES

La mayoría de las futuras aplicaciones en Wireless LANs serán para ordenadores móviles, aunque, al mismo tiempo, las aplicaciones que mantengan el cable seguirán siendo un importante nicho de mercado. El coste de ambos tipos de adaptadores es similar, pero no todos los fabricantes dan un adaptador que vaya bien para aparatos portátiles, porque sólo quieren estar dentro del nicho de mercado de redes con cables. Otros dan las dos soluciones, un carta de interfaz con la red ( Card Interface Network ) al igual que soluciones PCMCIA; en el futuro los proveedores fabricarán básicamente soluciones PCMCIA. Por lo tanto, los ordenadores de mesa tendrán que soportar tal interfaz ( aunque para los que no lo tengan hay un adaptador entre en interfaz físico NIC y el PCMCIA ).

En cuanto a la velocidad de datos que proporcione la red, ésta tendrá basarse en que los usuarios no vean diferencia alguna entre las redes con cables y las redes inalámbricas; no obstante, actualmente esto no está lo suficientemente avanzado y las WLAN, como se ha visto, aún no pueden competir con el ancho de banda de las redes con cables.

Los sistemas de infrarrojos permitirían implementaciones más baratas, pero su cobertura tiende a ser menor y, usualmente, requieren visión directa entre el 'punto de acceso' y el móvil. Debido a eso, un mismo espacio necesitaría de más 'puntos de acceso infrarrojos' que en una red normal, por lo tanto, estos tendrían que ser lo suficientemente baratos y su instalación suficientemente simple para hacer que todo el sistema fuera más eficiente en cuanto a costes que un sistema a banda de radio.

Es importante también saber con que red de transporte se quiere conexión y con cuales sistemas operativos de red, para así establecer una red de área local inalámbrica eficiente. Por ahora el tema es bastante claro y la mayoría de implementaciones son Ethernet, aunque haya apuestas para sistemas Token Ring y una gran predisposición para utilizar estructuras ATM, como muestra el caso de la aplicación WAND.

Un tema muy importante en todas las aplicaciones de las WLANs es la seguridad, que ahora ya es un hecho disponible mediante la administración de passwords y claves de acceso, aunque las opciones de seguridad que existen en este tipo de redes no son lo suficientemente satisfactorias como tendrían que ser para tener un producto realmente eficiente.

No obstante, al final el parámetro más determinante en el uso de una tecnología u otra es su precio y sus funcionalidades relativas entre ellas considerando el entorno donde se quiera implementar. Por eso, los precios han hecho que las aplicaciones iniciales de WLAN se pongan en mercados verticales y no en horizontales, que son una gran cantidad y no podrían asumir tal coste. Aún así, el hecho de tener un estándar siempre facilitará que los precios tiendan a bajar.

#### 5.-BIBLIOGRAFÍA

- [1] [www.wlana.com](http://www.wlana.com)
- [2] "CAPACITY OF A WIRELESS LAN WITH VOICE AND DATA SERVICES", Ali Zahedi and Kevin Pahlavan, Fellow, IEEE, *IEEE TRANSACTIONS ON COMMUNICATIONS, VOL. 48, NO. 7, JULY 2000.*
- [3] "A UNIFIED WIRELESS LAN ARCHITECTURE FOR REAL-TIME AND NON-REAL-TIME COMMUNICATION SERVICES", Sunghyun Choi, Member, IEEE and Kang G. Shin, Fellow, IEEE, *IEEE/ACM TRANSACTIONS ON NETWORKING, VOL. 8, NO. 1, FEBRUARY 2000.*
- [4] "ISSUES IN HIGH-SPEED WLAN", David j. Skellern, Alex C. K. Lam, Neil Weste. *Acoustics, Speech, and Signal Processing, 2000. ICASSP '00. Proceedings. 2000 IEEE International Conference on., Volume: 6, 2000 Page(s): 3698 -3701.*
- [5] "A HIGH-SPEED WIRELESS LAN" Skellern, D.J.; Lee, L.H.C.; McDermott T.; Weste, N.H.E.; Dalton, J.; Graham, J.; Wong, T.; Myles, A.F.; Percival, T.M.P. Ryan, P.J *IEEE Micro, Volume: 17 Issue: 1, Jan.-Feb. 1997 Page(s): 40 -47.*
- [6] "NEW HIGH-RATE WIRELESS LAN STANDARDS" van Nee, R.; Awater, G. Morikura, M.; Takanashi, H.; Webster, M.; Halford, K. *IEEE Communications Magazine, Volume: 37 Issue: 12, Dec. 1999 Page(s): 82 -88*
- [7] "IEEE 802.11 WIRELESS LAN: CAN WE USE IT FOR MULTIMEDIA?" Andren, C. *IEEE Multimedia, Volume: 5 Issue: 2, April-June 1998 Page(s): 84 -89*
- [8] [www.meetel.com](http://www.meetel.com)

