

# Redes inalámbricas por radiofrecuencia (Lo que faltaba en las redes LANs)

Carlos Meza Benavides  
Roxana Rosales Briceño  
Chang Hann Wu

## Resumen

El presente artículo trata acerca de las redes de área local inalámbricas, más específicamente de aquellas que se transmiten por radiofrecuencias. Dentro de la tecnología de transmisión de redes inalámbricas por radio se utiliza principalmente la denominada de espectro distribuido. Esta técnica consiste básicamente en distribuir la potencia de la señal a través de una banda ancha según cierta secuencia determinada previamente. Después de analizar en mayor detalle esta técnica de radiofrecuencia, se presentan las características de las redes inalámbricas por radiofrecuencia y las normas existentes que definen su funcionamiento general. Estas son el estándar IEEE 802.11 y lo establecido al respecto de las redes WLAN por la FCC (Comisión Federal de Comunicaciones de Estados Unidos). Finalmente, se muestra como una red inalámbrica por radio se puede interconectar con una red LAN convencional.

La red de área local (LAN) es una herramienta muy útil y económica para la organización y el funcionamiento de

una empresa. Representa un ahorro económico considerable ya que no solo sus usuarios pueden compartir periféricos costosos (como impresoras láser de alta calidad, *plotters*, etc.), sino que además el gasto debido a papel y llamadas telefónicas se reduce en gran medida debido al servicio de correo electrónico que se puede utilizar en las LANs. La eficiencia organizativa y funcional de la empresa también se ve beneficiada con el uso de redes locales, ya que en estas se pueden compartir grandes cantidades de información, de manera que sea más sencillo el uso y actualización de las bases de datos. También se aumenta la eficiencia de los ordenadores, teniendo a disposición de los usuarios todo un sistema que hace que las consultas sean más rápidas y cómodas.

## Redes inalámbricas

A pesar de todos los beneficios que tienen las redes de área local, ha habido un fuerte inconveniente en su utilización: el cableado. El cableado eleva considerablemente el costo de la red, no solo por el valor de los varios metros de cable uti-

lizado, sino también por lo complicado que puede ser su instalación. No obstante, desde hace unas décadas atrás se ha venido desarrollado un tipo de red de área local que la hace casi irresistible para la mediana empresa. Estamos hablando de las redes de área local inalámbricas (WLAN). Las ventajas de las redes inalámbricas son claras: no requiere cable, no requiere instalaciones costosas, su instalación es relativamente sencilla y se puede realizar en un tiempo mucho menor que las redes alambradas. Inicialmente, el costo de estas redes fue bastante elevado, pero, conforme el número de empresas que las desarrollaron aumentó, el costo disminuyó considerablemente (aunque hoy día son más costosas que las redes alambradas tradicionales).

Dentro de la tecnología de redes inalámbricas se utilizan principalmente dos formas de transferir datos: óptica (infrarrojos) y por radiofrecuencia. Cada uno de estos tipos de redes inalámbricas presenta sus propias características que las hacen adecuadas para diversas situaciones. Las redes ópticas tienen la ventaja de que pueden transmitir casi a la misma velocidad que las redes alambradas y son menos costosas que las redes inalámbricas por radiofrecuencia. Por otro lado, las redes por radiofrecuencia, a pesar de ser un poco más lentas que las ópticas, tienen la ventaja de que pueden penetrar paredes y "doblar esquinas" (cosa que no pueden hacer las redes ópticas). La WLAN por radio permite, por ejemplo, que un usuario se pueda mover alrededor de la oficina con su computadora portátil (*laptop*) manteniéndose conectado a la red (*roaming*). Esta última característica ha hecho que últimamente la industria de redes WLAN se incline más hacia la tecnología por radiofrecuencia. Es de este tipo de redes que este artículo se concentrará de ahora en adelante.

## Redes por radiofrecuencia: espectro distribuido

En las WLAN por radiofrecuencia la información de la red se transmite por medio del espectro radioeléctrico. Cualquier persona que conozca un poco de cómo se realizan las comunicaciones por radio encontrará esto un tanto problemático, ya que si por ejemplo existen dos edificios colindantes con RFWLAN (redes de área local por radiofrecuencia) se pensaría que existiría una fuerte interferencia entre ambas. Pensar en asignar una banda a cada empresa que tenga RFWLAN es ridículo, ya que el espectro radioeléctrico utilizable para comunicaciones es finito y además se encuentra actualmente bastante congestionado. De lo anterior se puede deducir que las RFWLAN utilizan una técnica de comunicación diferente a la utilizada para transmitir una señal de radio o TV. Esta técnica novedosa es llamada espectro distribuido (*spread spectrum*). La técnica de espectro distribuido tiene una historia bastante interesante y curiosa, ya que, debido a sus características, fue utilizada inicialmente para comunicaciones militares. No fue sino hasta 1983, año en el cual la Comisión Federal de Comunicaciones de Estados Unidos (FCC por sus siglas en inglés) habilitó dos bandas para el uso de comunicaciones por espectro distribuido, que se consideró el potencial comercial de esta técnica de comunicación. La técnica de espectro distribuido está típicamente diseñada para ser transparente para otros usuarios; esto es, las señales del espectro distribuido están diseñadas para producir una interferencia despreciable a las comunicaciones de otros usuarios de la misma banda. El principio de operación básica del espectro distribuido consiste en tomar la potencia que va a ser transmitida y distribuirla a lo largo de un ancho de banda bastante amplio de manera que la

potencia por unidad de ancho de banda sea minimizada. Cuando esto ocurre, la potencia del espectro distribuido recibida por un determinado usuario, el cual posee un ancho de banda relativamente angosto, es solo una fracción de la potencia transmitida. Esta característica es la responsable de la reducción de la interferencia. Por ejemplo, si una señal que tiene una potencia de 1W es distribuida sobre una banda de 100MHz y un usuario receptor emplea un sistema de comunicación con un ancho de banda de solamente 1MHz, entonces la potencia efectiva de la interferencia es reducida por un factor de 100. Note que la técnica de espectro en realidad distribuye la señal a transmitir, por lo que es necesario que el usuario receptor sepa cómo está distribuida la señal para reconocerla. Existen dos técnicas principales de espectro distribuido: Saltos en frecuencia (FH: Frequency Hopping), un tipo de modulación de frecuencia, y Secuencia Directa (DSSS: *Direct Sequence spread spectrum*), un tipo de modulación de amplitud.

La técnica FH (*frequency hopping* = "saltos en frecuencia") de modulación utiliza la banda dedicada al espectro distribuido cambiando periódicamente la frecuencia del portador de la señal transmitida. Este cambio es llamado "hopping" (en español saltos), de ahí su nombre. En este caso, el transmisor salta de una frecuencia a otra con un ritmo específico y en una secuencia determinada que aparenta ser aleatoria. El receptor debe saber la secuencia de saltos del transmisor para recobrar en forma segura los datos. Como solo el receptor conoce la secuencia de saltos del transmisor, él es el único que puede descodificar los datos. La mayoría de los fabricantes de redes inalámbricas FHSS tienen su propio algoritmo de secuencia de saltos y aseguran que dos transmisores no saltarán a la misma frecuencia en el mismo tiempo. Suponiendo que toda la

banda dedicada al espectro distribuido es 1 000 veces más ancha que la banda de la señal transmitida, entonces durante un tiempo específico la señal a transmitir puede estar en 1 000 posibles frecuencias de la banda de SS.

En la técnica de espectro distribuido por secuencia directa (DSSS) la información transmitida es mezclada con una señal codificada para un oyente externo, produciendo sonido ruidoso. Esta técnica esparce sus transmisiones agregando bits de datos redundantes llamados chip; por ejemplo, una señal puede contener 10 chips por cada bit de dato. De igual forma que en la técnica FHSS, el receptor debe conocer el código de esparcimiento para descifrar la información. Este código de esparcimiento permite a múltiples transmisores operar en la misma área sin interferirse unos a otros. Una vez que el receptor posee todos los datos de la señal, utiliza un dispositivo de correlación para remover los chips y obtener la señal en su longitud original. El *hardware* del transmisor codifica cada bit que transmite enviando 11 bits (en caso de que sean 10 chips) distintos en serie con patrones que representan los ceros o unos binarios a una velocidad 11 veces mayor que la razón de transferencia. De esta forma, si la transmisión recibe interferencia, el receptor puede adivinar si se envió un cero o un uno con buenas probabilidades de acertar. En la Figura 1 se pueden observar los dos tipos de modulación en espectro distribuido: DSSS y FHSS. Obsérvese como la técnica DSSS posee una densidad mayor que la FHSS.

### **Diferencias redes inalámbricas con las redes convencionales**

Las redes LAN inalámbricas operan casi de la misma forma que las redes alámbricas. Utilizan los mismos protocolos de redes y son compatibles con las

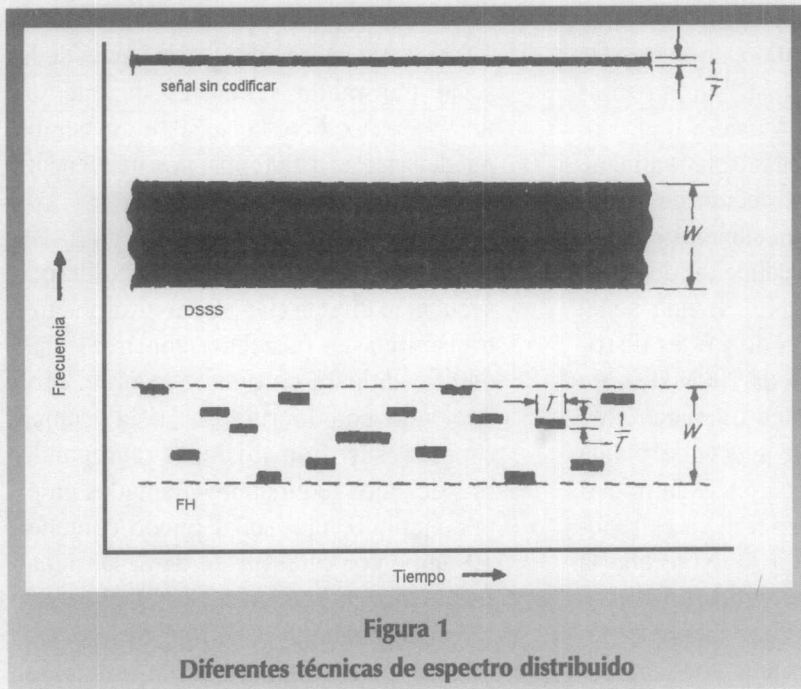


Figura 1

Diferentes técnicas de espectro distribuido

mismas aplicaciones. No obstante, existen algunas diferencias básicas:

- A pesar de que utilizan los mismos protocolos de red (*networking protocols*) poseen protocolos físicos y de enlace de datos especializados.
- Se integran a las redes existentes a través de puntos de accesos (*access points*).
- Permiten que el usuario permanezca conectado mientras se desplaza a través de un área cubierta a otra.
- Tienen consideraciones de seguridad especiales.
- Requieren de *hardware* diferente.
- Ofrecen un rendimiento que difiere del de las redes usuales.

Estándar IEEE 802.11

La mayoría de las redes de área local se encuentran definidas por los estándares 802 del instituto de ingenieros eléctricos y electrónicos (IEEE), y las redes inalámbricas no son la excepción. En 1997, después de siete años de desarrollo, se terminó el estándar 802.11, el cual define las redes de área local inalámbricas. Este estándar junto con las

normas establecidas por la FCC delimitan el funcionamiento de las redes inalámbricas por radio que utilizan el espectro distribuido. La FCC ha asignado tres bandas para los dispositivos que utilizan espectro distribuido (dentro de los que se incluyen las RFWLAN) que no requieren licencia, estas son:

- 902MHz a 928MHz: Esta banda es más utilizada para otras aplicaciones inalámbricas además de las RFWLAN como teléfonos o intercomunicadores inalámbricos.
- 2.4GHz a 2.483GHz: Banda usada para WLANs de rango medio (1 a 3Mbps). Es la banda en la cual opera la mayoría de los productos para redes inalámbricas. Además, en varios países se encuentra desocupada.
- 5.725GHz a 5.85GHz: Banda de WLANs de alto rendimiento (5 a 10Mbps).

El estándar IEEE 802.11 especifica los protocolos de las capas físicas y de enlace de datos (MAC) de este tipo de red. También establece las características de los transmisores de espectro distribuido. Por ejemplo, para los transmisores de FHSS especifica que estos no deben permanecer más de 0.4s en un canal cada 20s en la banda de 902MHz y cada 30s en la banda de 2.4GHz. Para los transmisores de DSSS establece que toda señal debe tener al menos 10 o más chips.

Niveles OSI

Desde el punto de vista del modelo OSI (Open System Interconection), las RFWLAN son muy similares a las LAN usuales. Inclusive las RFWLAN poseen los mismos protocolos de las cinco capas superiores (Aplicación, Presentación, Sesión, Transportes, Red), es en los niveles de enlace de datos y físico donde las RFWLAN difieren un poco.

En el nivel físico las tarjetas de interfase de las RFWLAN toman los paquetes de

información de la capa de enlace de datos, los manipulan de una manera determinada y luego con este flujo de información modificada modulan una señal portadora de radio.

La función principal que se debe cumplir en el nivel de enlace de datos es el control del acceso al medio. El método de acceso que utiliza la mayoría de las redes RFWLAN, a diferencia de las redes Ethernet que utilizan el CSMA/CD, es el acceso múltiple con sensibilidad de portadora evitando colisiones (CSMA/CA). En este método de acceso una vez que un nodo empieza a mandar datos no puede detectar si otra estación está también transmitiendo, por lo que se depende únicamente del reconocimiento positivo del receptor para indicar que no ha ocurrido interferencia durante la transmisión. Esto hace a las redes LAN inalámbricas menos eficientes que las LAN alámbricas cuando se tiene una gran cantidad de tráfico.

### Integración de una RFWLAN con una LAN convencional

A pesar de que se pueden realizar redes solamente inalámbricas, es más práctico y económico combinar la tecnología inalámbrica con las redes convencionales. Supóngase el caso que se desee conectar una estación de trabajo a una red local por medio de la tecnología inalámbrica, para ello se requiere un sistema de RFWLAN. El *hardware* de un sistema RFWLAN consiste en una tarjeta para la PC, una antena para emitir y recibir las señales de radio y un dispositivo denominado punto de acceso (*access point*). Este último dispositivo, el punto de acceso, es el que se conecta físicamente a la red principal y sirve como puente entre la red alámbrica y la estación con RFWLAN. La mayoría de los puntos de acceso están diseñados para unirse a redes Ethernet, aunque también

existen opciones para Token Ring. En la estación de trabajo se conecta una tarjeta de RFWLAN, la cual, de igual forma que las tarjetas de redes convencionales, trae sus respectivos instaladores de *software* (*drivers*) con los cuales el servidor ni siquiera sabrá que posee una estación con conexión inalámbrica. Una vez que se conecta el punto de acceso a la red LAN principal y se conecta la tarjeta de RFWLAN a la estación de trabajo, esta es considerada como un segmento de red más.

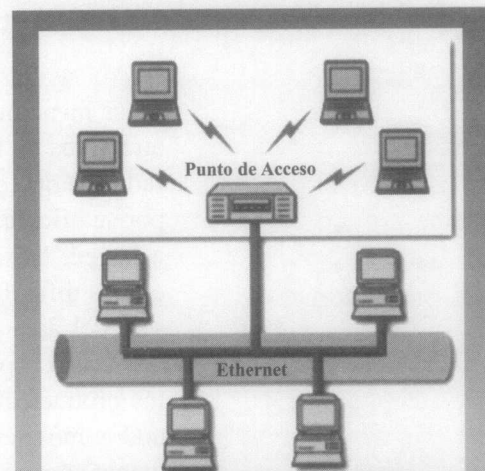
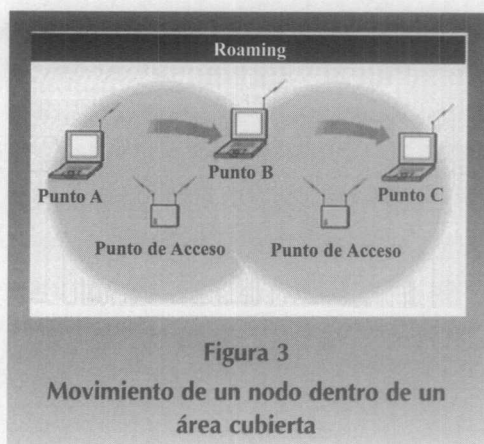


Figura 2  
Interconexión de una WLAN con una LAN Ethernet

Como se observa, la instalación de un nodo inalámbrico es relativamente sencillo, el mayor problema involucra saber dónde colocar el punto de acceso de manera que se comunique correctamente con el nodo inalámbrico. Los fabricantes proveen diferentes utilidades para determinar el rango y área de acceso, una de ellas utiliza dos computadoras portátiles con *hardware* inalámbrico que están en continua comunicación mientras estén dentro del área de cobertura del sistema, cuando se interrumpe la comunicación se habrá superado el alcance del sistema.

## Roaming

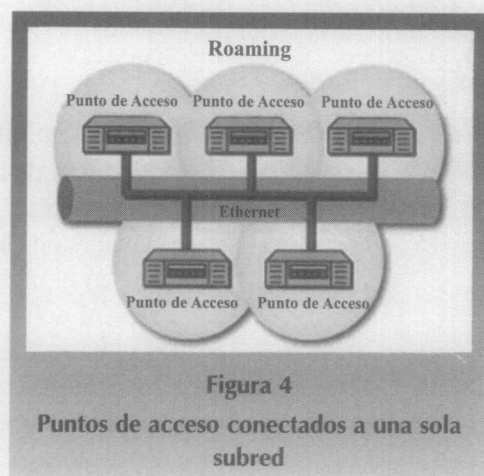


Ya se mencionó que uno de los mayores atractivos de las redes inalámbricas por radio es que el usuario se puede mover por su oficina manteniéndose conectado a la red. No obstante, esto puede traer ciertas dificultades cuando el usuario se sale del área de cobertura de un punto de acceso específico. En la mayoría de los productos para red inalámbrica, los nodos móviles se registran automáticamente con los nuevos puntos de acceso, el problema surge cuando la infraestructura de la red se encuentra dividida en varias subredes. Si un punto de acceso se encuentra en una subred y otro punto de acceso en otra, el tráfico debe cruzar un enrutador con el cual la mayoría de las RFWLAN no son compatibles.

Existen dos posibles soluciones para este problema:

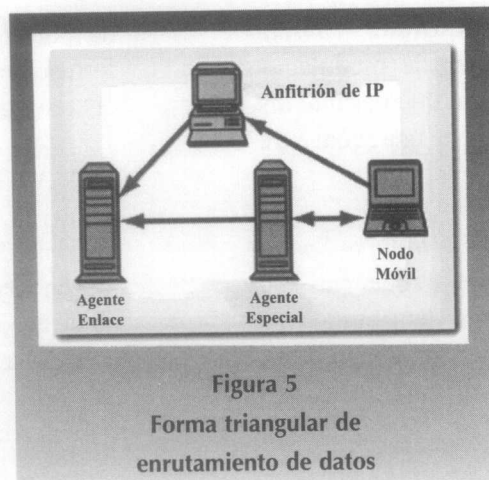
1. Conectar todos los puntos de acceso a solo una subred, lo cual puede requerir de cable extra.
2. Utilizar "IP Móvil" (Mobile IP) en el caso de que la red utilice protocolo IP.

Esta última solución es la más interesante y consistente con toda la filosofía de ahorro de los costos del cableado de las redes inalámbricas. La dirección IP



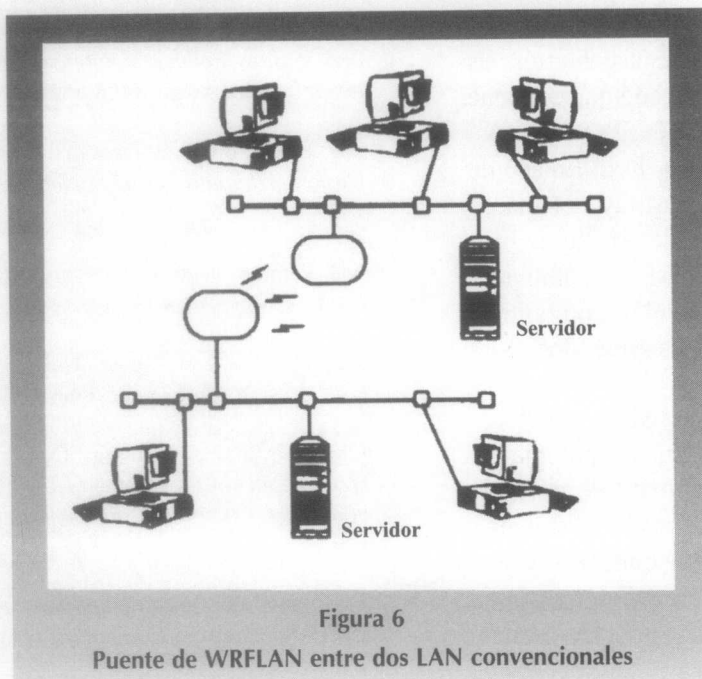
se refiere a una subred en particular, si ocurre el cambio del punto de acceso que está conectado a una subred a otro punto de acceso conectado a una diferente subred, el tráfico IP no estará en capacidad de encontrar su nuevo destino. El IP móvil provee un mecanismo por el cual cada nodo pertenece a una red determinada (*home network*). Cuando el nodo móvil cambia de subred, se debe registrar con su respectivo agente (*home agent*), el cual intercepta el tráfico enviado a este nodo y lo encapsula con otro paquete IP con el fin de redireccionarlo a un nodo especial (*foreign agent*), cuyo propósito es enviar el tráfico al nodo móvil. De esta forma, el tráfico originado por el nodo móvil viaja directamente a este nodo especial (*foreign agent*). La Figura 5 muestra en forma más clara esta forma triangular de enrutamiento de datos.

Otra aplicación de las redes inalámbricas es servir como puente entre dos o más redes LANs convencionales. Esto es muy útil en el caso de que se necesite conectar dos redes que están relativamente cerca (aprox. 100 m) y la única forma de unir las requiere meses de trabajo o inclusive una reestructuración de toda la red. Muchos fabricantes de redes inalámbricas ofrecen productos puente basados en tecnología de espectro amplio.



## Seguridad

A pesar de que la técnica de espectro distribuido es invisible y muy difícil de descifrar sin conocer la secuencia de saltos (caso de FHSS) o la secuencia de código (DSSS), no es totalmente segura. Es por esta razón que los diseñadores de RFWLAN ofrecen diferentes mecanismos de encriptación en sus productos.



## Conclusiones

A lo largo del presente artículo se ha discutido acerca de una opción inalámbrica que ofrece en las redes de área local: las redes inalámbricas por radio. Como se ha podido observar este tipo de redes:

- Poseen características novedosas como el hecho de que el usuario puede moverse a lo largo de un área específica manteniéndose conectado a la red.
- No requieren de ningún tipo de cableado y sus señales emitidas pueden atravesar paredes y “doblar esquinas”.

No obstante, las RFWLAN presentan varias desventajas que hacen reconsiderar su adquisición:

- Presentan una baja velocidad de transmisión (máximo de 10Mbps).
- Tienen un costo mayor que las redes convencionales.

Estas desventajas, sin duda, se irán resolviendo conforme esta nueva tecnología se desarrolle, haciéndola, eventualmente, parte casi esencial de las redes LANs, e inclusive teniendo estructuras de redes puramente inalámbricas.

## Glosario

- **WLAN:** Red de área local inalámbrica, puede ser de dos tipos según la tecnología de transmisión: óptica o por radiofrecuencia.
- **RFWLAN:** Red de área local inalámbrica por radio.

- **Espectro distribuido:** (*Spread Spectrum*) Técnica de modulación de señales de radio que permite distribuir la potencia de una señal a través de una banda ancha.
- **FHSS:** (*Frequency Hopping Spread Spectrum*) Salto en frecuencia. Técnica de espectro distribuido que distribuye la señal en la banda cambiando secuencialmente la frecuencia portadora.
- **DSSS:** (*Direct Sequence Spread Spectrum*). Técnica de espectro distribuido que agrega bits de datos redundantes llamados chips para esparcir la señal en la banda respectiva.
- **IEEE 802.11:** Estándar que define las redes inalámbricas por radio frecuencia.
- **OSI:** (*Open System Interconnection*). Modelo de referencia para la arquitectura de sistemas computacionales. Sus siglas en español significan interconexión de sistemas abiertos. Es un modelo estratificado que contiene 7 niveles (Aplicación, Presentación, Sesión, Transportes, Red, Enlace de datos, Físico). Constituye el marco de trabajo para el desarrollo de protocolos estándares para la comunicación entre dos niveles homónimos ubicados en equipos separados.
- **Ethernet:** Tipo de red de área local (LAN) que posee una topología de bus. Utiliza un formato de transmisión de banda base en el cual solo una estación puede transmitir a la vez y todas las estaciones deben transmitir y recibir los mismos tipos de señales.
- **Token Ring:** Red de área local en anillo con paso de testigo, en el cual los ordenadores conectados a la red se van pasando un "testigo" de unos a otros de forma secuencial y cíclica,

de modo que solo puede transmitir información aquel ordenador que tenga el "testigo" en cada momento.

- **CSMA/CD:** (*Carrier Sence Multiple Access / Collision Detection*). Acceso múltiple con sensibilidad de portadora, con detección de colisiones. Método de acceso de una red de área local utilizado en redes de topología de canal pasivo (Bus-Ethernet) cuya función puede resumirse en tres pasos: escuchar, enviar, resolver colisiones.
- **CSMA/CA:** (*Carrier Sence Multiple Acces / Collision Avoidance*). Acceso múltiple con sensibilidad de portadora, evitando colisiones. Método de acceso de una red de área local que considera la posibilidad de evitar colisiones de mensajes en lugar de detectarlas.

## Bibliografía

- Berline Gary y Perratore De. *Portátiles, asequibles, seguras: Redes inalámbricas*. PC Magazine en Español, vol. 3, Nº 5, mayo 1992.
- Bantz, David; Bauchot, Frédéric. *Wireless LAN Design Alternatives*. IEEE Network, marzo 1994.
- Boyle, Padraic. *Wireless LANs: No String Attached*. PC Magazine, vol 14, Nº 1, enero. 1995.
- Hidalgo Salazar, Juan Carlos. *Redes de área local (LANs)*. Tesis de licenciatura. ITCR. 1992.
- Kullback, Marvin; Schilling, Donald; et al. *Spread Spectrum for Comercial Communications*. IEEE Communications Magazine, abril 1991.
- Rysavy, Peter. *Planning and Implementing Wireless LANs*. Network Computing, enero 1998.

## Biografías

Carlos Meza Benavides, estudiante de IV año de ingeniería en electrónica en el



Instituto Tecnológico de Costa Rica. Miembro estudiantil de la IEEE desde el primer semestre del 2000. Actualmente, se encuentra desarrollando un proyecto que consiste en la automatización de una máquina cortadora de espuma en la empresa Plastibar S.A.

Roxana Rosales Briceño, estudiante de IV año de ingeniería en electrónica en el Instituto Tecnológico de Costa Rica. Actualmente, se encuentra desarrollan-

do un proyecto que consiste en la automatización de una máquina cortadora de espuma en la empresa Plastibar S.A.

Chang Hann Wu, estudiante de IV año de ingeniería en electrónica en el Instituto Tecnológico de Costa Rica. Actualmente, se encuentra desarrollando un proyecto de control para establecer diferentes anchos de bolsas de empaque en la empresa Plasticotico S.A.