

	Universidad Nacional de Luján Departamento de Ciencias Básicas Asignatura: Teleinformática y Redes - 2004
-----------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

ANEXO

(documento borrador)

WLANS, UNA INTRODUCCIÓN AL ESTÁNDAR IEEE 802.11

Fernando Bordignon, Gabriel Tolosa y Fernando Lorge

Laboratorio de Redes de Computadoras
Departamento de Ciencias Básicas
Universidad Nacional de Luján
rutas 5 y 7, Luján (6700), Argentina

E-mail: {bordi, tolosoft, florge}@unlu.edu.ar

Resumen

Las redes de datos son una necesidad en ámbitos como la educación y los negocios, donde permanentemente se requieren nuevas prestaciones y características. Además, la existencia de diversos dispositivos portátiles requiere de facilidades de integración a las mismas. Una solución la aportan las redes inalámbricas (WLANS) ya que permiten la conectividad entre diferentes dispositivos prescindiendo de conexiones mediante medios físicos, normalmente cables de cobre.

En este documento se introducen las WLANS y se presentan las características básicas del estándar 802.11 y – en particular – se describe la especificación 802.11b. Finalmente, se proponen diferentes escenarios de aplicación de WLANS.

1.Introducción

La necesidad de la comunicación de datos y voz a través de redes de computadoras motiva permanentemente a los investigadores y las compañías de tecnología de comunicaciones a brindar más y mejores soluciones. Las redes demuestran su eficacia, gran utilidad y son indispensables en algunos ámbitos como los negocios ó la educación.

Los requerimientos de las organizaciones están orientados – entre otros – a obtener mayores velocidades de transmisión, mayores distancias de cobertura geográfica y menores costos de instalación y operación en sus redes de datos. Además, la existencia de diversos dispositivos portátiles permiten el intercambio de datos entre usuarios móviles por lo que se requieren facilidades de integración a las redes.

Una de las limitaciones – y posible fuente de inconvenientes – en la implantación, expansión y mantenimiento de redes está relacionado con el medio de transmisión que – generalmente – es algún tipo de soporte físico como cables de cobre o fibra óptica. Las limitaciones aumentan cuando las redes son extensas ó cubren varios edificios o un campus universitario.

Una alternativa es la implementación de redes inalámbricas o WLANs (Wireless Local Area Networks) las cuales se pueden utilizar como alternativa a las LANs cableadas (CLANs) o como una extensión de éstas. Básicamente, una WLAN brinda las mismas características que una CLAN con la flexibilidad dada por la carencia de conexiones físicas a la misma. No obstante, las velocidades de transmisión alcanzadas en CLANs son significativamente mayor a las WLANs – típicamente, 100 Mbps vs. 11 Mbps – por lo que se pueden utilizar como complemento y no como reemplazo total de las redes cableadas.

2. Características de las WLANs

Desde un punto de vista estrictamente práctico la característica sobresaliente de las WLANs está directamente vinculada con la ausencia de medios físicos de conexión de dispositivos. Sin embargo, esta situación incide en otros aspectos relacionados con la implantación y las prestaciones respecto de una red cableada. A continuación se presenta un cuadro con algunos aspectos que permiten caracterizar cada una de estas redes y permite tener parámetros de comparación de ambas.

Característica	WLAN	CLAN
Velocidad de transmisión	Entre 1 y 11 Mbps	Entre 10 y 100 Mbps
Costo de instalación	Bajo	Alto
Flexibilidad	Alta	Baja
Movilidad	Si	No
Escalabilidad	Limitada	Muy alta
Configuración e instalación	Facil	Laboriosa
Presencia en empresas	Baja	Alta
Tasa de error	1/100.000 bits	1/1000.000.000 bits
Costo de expansión	Medio	Alto
Efectos nocivos	Bajo	Nulo

A partir de estas características se pueden inferir algunas ventajas prácticas en la implantación de redes inalámbricas. Desde el punto de vista funcional; las WLANs brindan mayor flexibilidad debido a que las estaciones de trabajo tienen mayor movilidad, mayor escalabilidad ya que el agregado de estaciones es casi inmediato y la reconfiguración de la topología es una tarea relativamente sencilla, y mayor robustez debido a que no existe dependencia de cables.

Por otro lado, la instalación de una WLAN requiere poca planificación y se realiza con facilidad, reduciendo en gran medida el tiempo total requerido para que se encuentre operativa. Además, se reducen la inversión inicial y los costos de instalación y mantenimiento en redes pequeñas.

Sin embargo, existen también una serie de desventajas que se deben tener en cuenta y que determinan que estas redes se utilicen como complemento de las CLANs y no como reemplazo total. En instalaciones medianas o grandes - actualmente - los costos pueden ser mayores que las realizadas bajo cableado estructurado. La velocidad de operación - en 802.11b - no supera los 11Mbps y la tasa de error es de 1 bit erróneo cada 100.000 bits transmitidos.

Además, la tecnología se encuentra en un proceso de maduración y hay incompatibilidades entre fabricantes, lo puede ocasionar inconvenientes ante procesos de expansión o mantenimiento.

	Universidad Nacional de Luján Departamento de Ciencias Básicas Asignatura: Teleinformática y Redes - 2004
-----------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Finalmente, cabe mencionar que por tratarse de transmisión inalámbrica, pueden existir problemas de seguridad. Aunque se encuentra previsto la operación mediante transmisiones encriptadas, una configuración no adecuada puede comprometer la integridad de una red.

2.1 Posibles usos

Debido a las características mencionadas, las WLAN son adecuadas y se adaptan muy bien en distintos ámbitos y su campo de aplicación es muy variado debido a que brindan gran flexibilidad. Algunas situaciones resultan propicias para la instalación de una WLAN, por ejemplo:

- Pequeños grupos de trabajo (o ad-hoc)
- Edificios de difícil cableado o imposibles de cablear (por ejemplo, edificios históricos o instalaciones con paredes extremadamente sólidas)
- Entornos altamente dinámicos o móviles
- Situaciones de emergencias o de rápido montaje y desmontaje
- Extensión de LANs a usuarios móviles
- Interconexión de edificios
- LANs temporales (auditorios, exposiciones, ferias, congresos, etc)
- Areas abiertas, donde es difícil tender un sistema de cableado

En estas situaciones, las WLAN proveen soluciones de conectividad con una instalación rápida, con la posibilidad de expandirse o eliminarse de manera sencilla, de acuerdo a las necesidades.

3. El estándar IEEE 802.11

El estandar de la IEEE que da marco a la normalización de las redes inalámbricas es el 802.11 y fue presentado en el año 1997. Define la capa física y la subcapa de control de acceso al medio o MAC del nivel de enlace.

Por otro lado, se ha creado una alianza de empresas denominada WECA (<http://www.weca.net>) que tiene por misión permitir y facilitar la interoperabilidad entre fabricantes de dispositivos IEEE 802.11. Los productos se certifican con un estandar denominado Wi-Fi (Wireless Fidelity).

Según el original estándar de la IEEE, existe un modelo básico de formación de WLANs (figura 1) en el cual se pueden distinguir tres entidades fundamentales:

- a) El conjunto de servicios básicos (BSS – Basic Service Set)
- b) El conjunto de servicios de ampliación (ESS – Extended Service Set)

c) El sistema de distribución (DS – Distribution System)

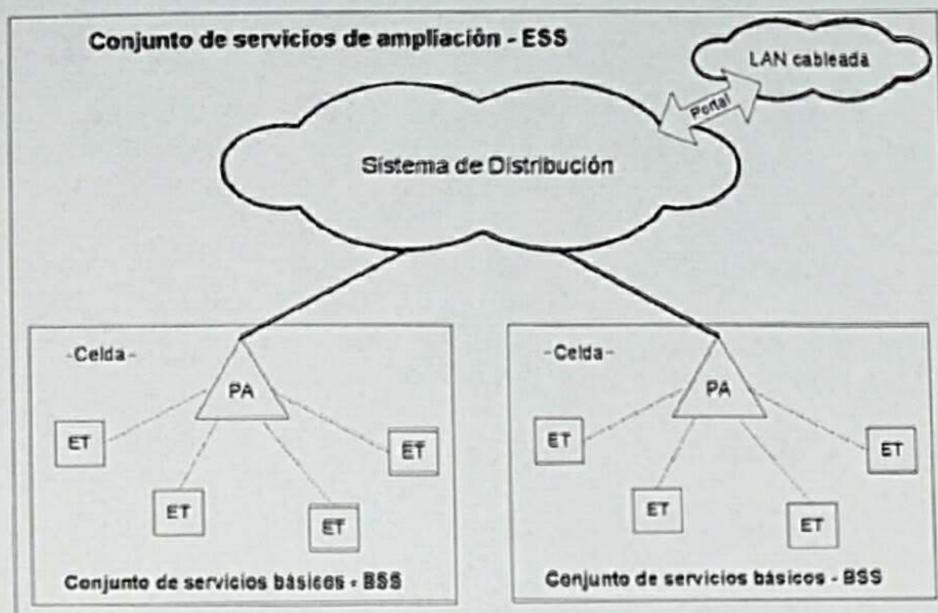


Figura 1

Un conjunto de servicios básicos es una celda o célula en la que varias estaciones de trabajo (ET) que ejecutan un mismo protocolo de acceso al medio, compiten por un canal compartido. En un BSS existen nodos con capacidades especiales denominados puntos de acceso (PA) que tienen por misión: a) autenticar ETs, b) dar servicios de asociación a una WLAN, c) bajo ciertas circunstancias, regular el tráfico de una celda y d) posibilitar que una ET de su dominio se comuniquen con otra ET de la misma LAN. En el punto d) los PA funcionan como puentes transparentes.

Los BSS se comunican entre sí y con otras ET cableadas, a través de un sistema de distribución. Este puede estar compuesto por cables o no. Un conjunto de servicios de ampliación (ESS Extended Services Set) está conformado por dos o más BSSs unidos por un sistema de distribución. En la norma 802.11 se definen tres tipos de ET de acuerdo a su movilidad [part 11]:

- Sin transición: Son fijas o se mueven siempre en un mismo BSS.
- En transición BSS: Son aquellas ET que se mueven entre distintos BSSs pertenecientes a un mismo ESS.
- En transición ESS: Son aquellas ET que se desplazan entre diferentes ESSs.

3.1. La capa física

En la capa física se define la técnica de modulación y características de señalización para la transmisión de datos, contemplándose tres alternativas:

- a) Por luz Infrarroja: Velocidades de transmisión entre 1 y 2 Mbps. La luz no atraviesa las paredes y las ET y los PA deben estar siempre visibles unas con otras. Las frecuencias de trabajo están en los 300 a los 428 GHz.

b) Por ondas de radio: operando en la frecuencia de los 2.4 GHz por:

b1) Espectro expandido por secuencia directa (DSSS – Direct Sequence Spread Spectrum): Se generan bits redundantes por cada bit original de mensaje transmitido. De esta forma, al utilizar una banda de frecuencias más ancha, es posible recuperar el mensaje original aunque hayan existido interferencias.

b2) Espectro expandido por salto de frecuencia (FHSS – Frequency Hopping Spread Spectrum): Se utiliza una portadora de banda estrecha que cambia constantemente de frecuencia en un patrón conocido tanto por el emisor como el receptor. De tal operación se obtiene un único canal lógico. Se dispone de 22 patrones de cambio y 79 canales de 1Mhz. La tasa mínima de cambios de frecuencia es de 2.5 saltos por segundo.

3.2. Control de acceso al medio

El algoritmo de acceso al medio utilizado es de principio distribuido (DFWMAC – Distributed Foundation Wireless MAC). Opcionalmente, se puede implementar sobre éste un control centralizado.

Sobre la capa física se sitúa la función de coordinación distribuida (DCF) que define un servicio por contienda utilizando el método de acceso al medio CSMA/CA (Carrier Sense Multiple Access/Collision Avoidance). Complementariamente, sobre la DCF existe un servicio sin contienda de coordinación puntual (PCF) capaz de garantizar una tasa de transmisión a una ET.

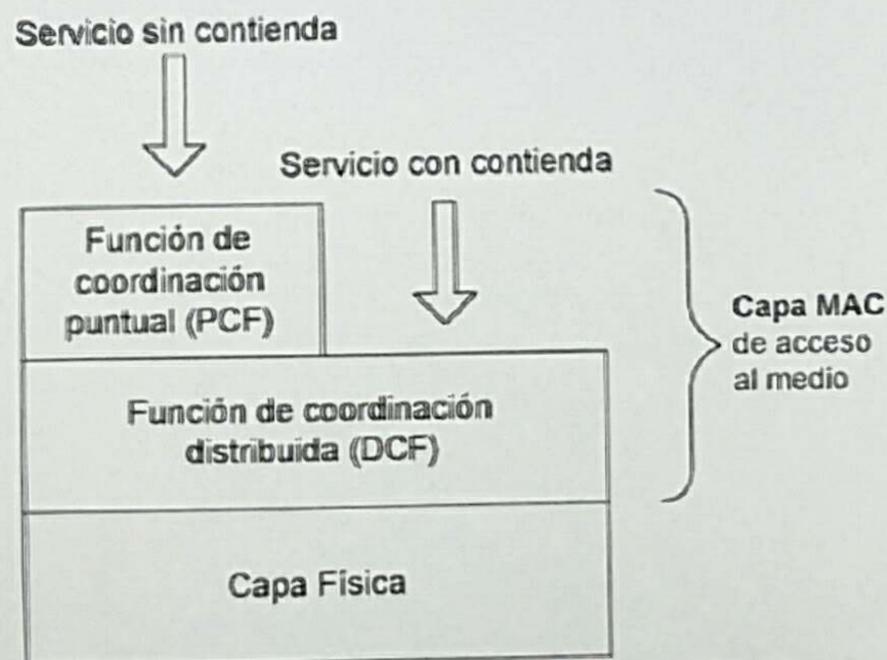


Figura 2 – Modelo de capas 802.11

3.2.1 Servicio con contienda

A los efectos de describir los distintos tipos de métodos de acceso es necesario destacar que el protocolo exige que luego de transmitirse una trama el canal debe desocuparse por un período de tiempo, genericamente denominado IFS (Inter-Frame Spacing). Se definen tres tipos de

IFS de distinta duración que se utilizan a los efectos de asignar prioridades de acceso al medio. Los mismos son:

- SIFS (IFS corto) utilizado en el envío de mensajes de reconocimiento.
- PIFS (IFS medio) se utiliza en la función de coordinación puntual.
- DIFS (IFS largo) se utiliza en la función de coordinación distribuida.

3.2.1.1 Método de acceso CSMA/CA

A diferencia de las redes Ethernet que utilizan el método de acceso al medio CSMA/CD en IEEE 802.11 se utiliza CSMA/CA, básicamente por dos razones:

- 1) Para la detección de colisiones se asume que todas las estaciones pueden "escuchar" las transmisiones realizadas (situación normal en una LAN cableada). Esto es condición necesaria en CSMA/CD pero no es posible asegurar en una WLAN, por lo que no se detectarían todas las colisiones.
- 2) Para implementar detección de colisiones se requiere la implementación de radio full duplex (para transmitir y recibir en simultáneo) lo que aumentaría los costos de producción.

Para determinar el éxito de una transmisión junto a CSMA/CA se utiliza un esquema de ACKs positivos que se realiza a nivel de MAC. De forma resumida el método de transmisión con contienda de sensado de portadora para múltiples accesos, con prevención de colisiones puede describirse de la siguiente forma (Figura 3): cuando una ET desea transmitir una trama primero sensa el medio para detectar si existe alguna transmisión en curso. Si el canal está libre entonces transmite. Si el canal está ocupado se espera a que el emisor finalice y reciba el mensaje ACK correspondiente, luego se aguarda un tiempo aleatorio y se reintenta transmitir nuevamente.

Luego que la ET logra transmitir se espera por el mensaje de asentimiento emitido por el receptor. Si llega dentro un periodo de tiempo t se da por válida la entrega del mensaje. En caso de expiración de un temporizador de espera y el mensaje ACK no arribe se asume que hubo una colisión y se reintenta el envío del mensaje.

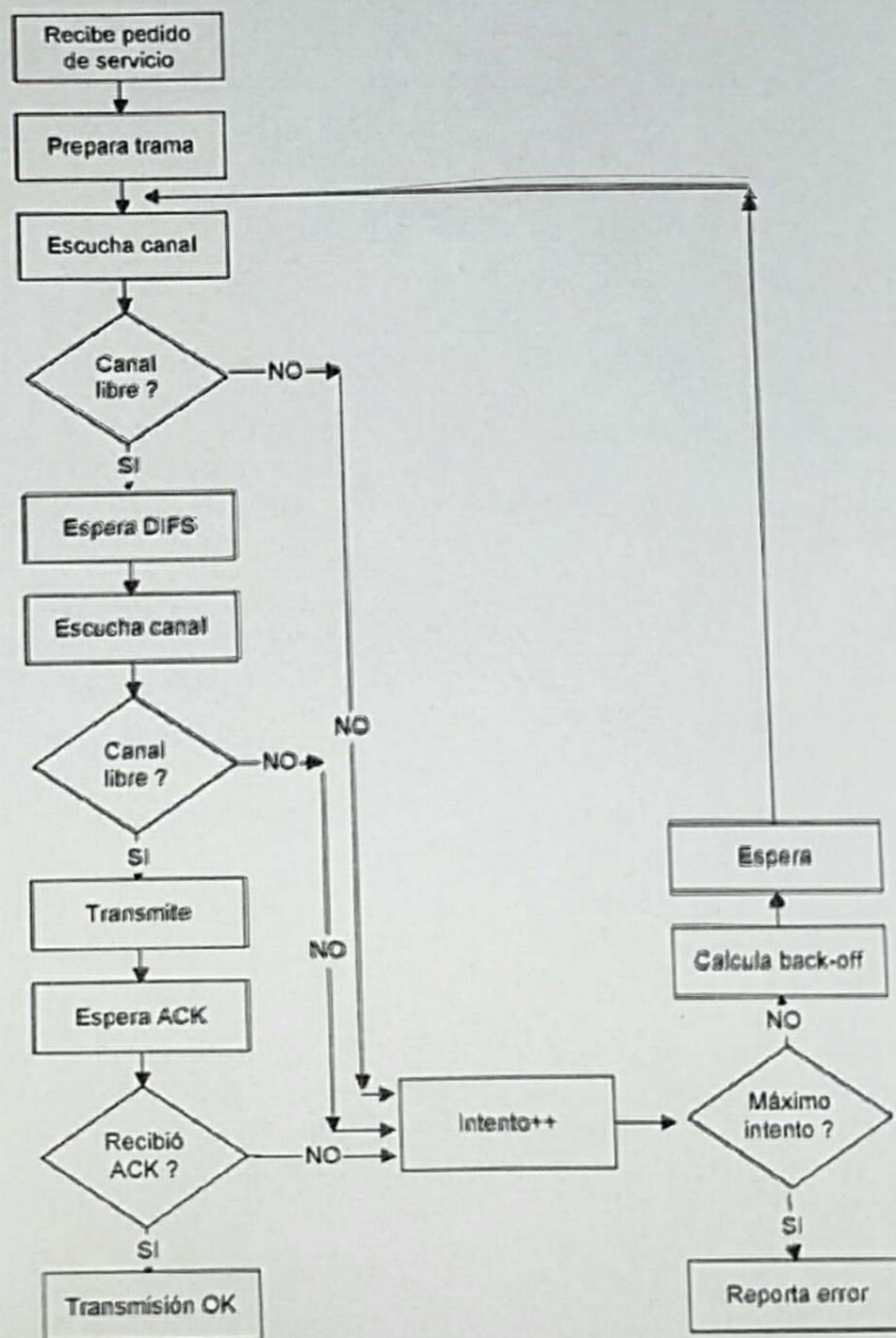


Figura 3 – Diagrama de flujo método CSMA/CA

A continuación, se muestra en un gráfico (Figura 4) de tiempo la evolución de una transmisión completa y las acciones llevadas a cabo por cada uno de las ETs de la red.

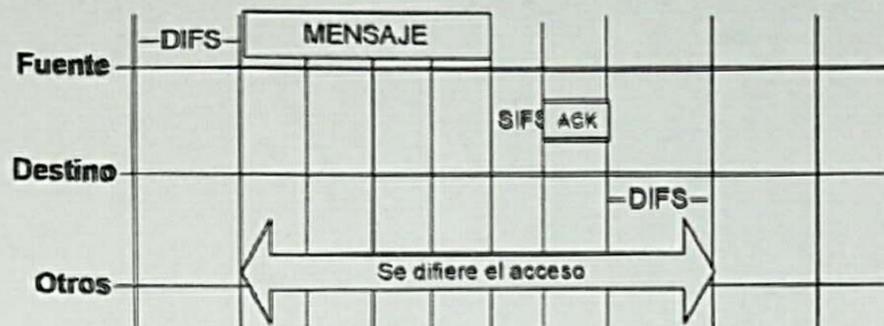


Figura 4 – Esquema modo CSMA/CA

En un ambiente donde la tasa de error es elevada y donde no se pueden controlar colisiones mientras se transmite los mensajes de tamaño cercanos al máximo (1518 bytes) tienen una alta probabilidad de corromperse. Para mejorar esta situación se incorpora un mecanismo de fragmentación que reduce el tamaño de las tramas.

En caso de retransmisiones la carga de la red sería menor pues solo habría que enviar el fragmento con error y no la trama original completa. Por cada fragmento se requiere una confirmación individual y si un fragmento se retransmite demasiadas veces sin recibirse el ACK correspondiente se descarta toda la trama.

3.2.1.2. Modo permiso para enviar (RTS)

Es una extensión a DCF utilizado en el caso de que alguna ET no pueda detectar a otros nodos transmitiendo dentro de un mismo BSS y por ende la tasa de colisión se incrementa. Esta situación se la conoce como el problema del nodo oculto.

El modo RTS es menos eficiente que CSMA/CA y se puede implementar solamente si existe un PA. Se basa en que cada ET que desea transmitir reserve el canal por un periodo de tiempo. Mientras la ET tiene el canal reservado las demás, aunque lo detecten libre, no pueden transmitir (Figura 5).

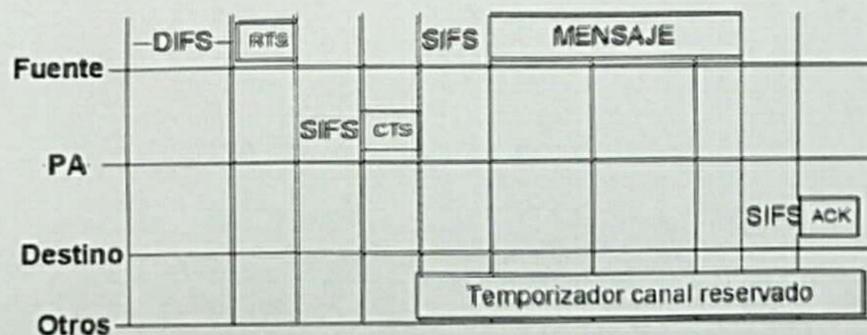


Figura 5 - Esquema modo permiso para enviar

La secuencia de operación consiste en las siguientes acciones. Si una ET desea transmitir envía un mensaje Request to Send (RTS) a su PA, indicando en el mismo el tiempo por el cual reserva el canal. El PA recibe el mensaje RTS y - previa espera de un SIFS - responde positivamente con un mensaje Clear to Send (CTS), que confirma el tiempo de reserva. Nótese que todos los mensajes son recibidos por las restantes ET de la celda, por lo tanto, las demás ET difieren el acceso al medio hasta finalizar el tiempo de reserva indicado.

3.2.2. Servicio sin contienda

Utilizando la función de coordinación puntual (PCF) un nodo coordinador central realiza sondeos periódicos a intervalo de tiempo de acuerdo al valor PIFS de IFS. Al obtener prioridad en la contienda por sobre el tráfico normal puede garantizar un ancho de banda mínimo de transmisión a las estaciones de trabajo.

En cada ronda de sondeo el nodo coordinador consulta a un subconjunto de estaciones de trabajo acerca de si desean transmitir. En caso afirmativo la ET envía su trama de datos luego de un intervalo SIFS.

3.3. Puntos de acceso

Como se mencionó anteriormente un PA es el elemento central de un BSS que, por un lado ofrece servicios de conexión a otros BSSs o a una red cableada y por otro lado, ofrece servicios de sincronización y acceso a las ET que están bajo su dominio. En un instante de tiempo, toda ET debe estar asociada con solamente un PA.

Cuando una ET desea acceder a una celda, ya sea porque ingresa a la WLAN o se desplazó de celda, la estación necesita sincronizarse con el PA correspondiente. Esta tarea se puede lograr de dos formas, a saber:

- a) Escaneo pasivo: La ET espera detectar una trama de sincronización (beacon frame) enviada periódicamente por el PA.
- b) Escaneo activo: La ET emite mensajes en cada canal hasta obtener una respuesta.

Los servicios de acceso a una WLAN ofrecidos por una PA a una ET son los siguientes:

- a) Asociación: Una ET que ingresa a una WLAN se asocia a un PA, y este comunica a otros PA tal suceso.
- b) Reasociación: Transferencia de una ET de un PA a otro PA. La operación de traspaso de una ET de un BSS a otro BSS se denomina handoff, itinerancia o roaming.
- c) Disasociación: Fin de una asociación, porque la ET abandonó la celda o porque se desconectó.
- d) Autenticación: Acción por la cual un PA verifica la identidad de una ET que desea asociarse.

Luego de hallar a un PA, toda ET necesita autenticarse y asociarse a los efectos de ingresar a la celda. Existen dos formas de autenticación en la norma IEEE 802.11 (Figura 6): a) Por compartición de la clave (Shared key Authentication) y b) Sistema abierto de autenticación (Open System Authentication).

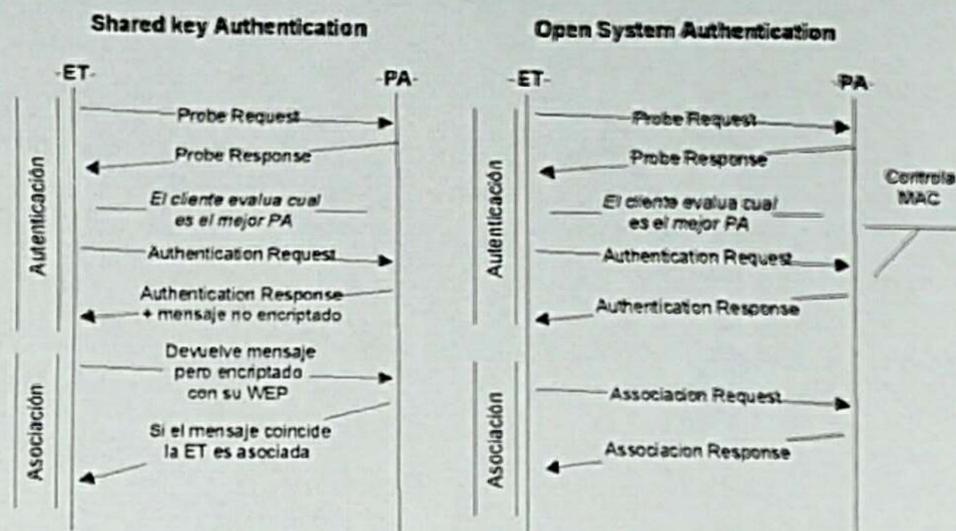


Figura 6 - Gráfico de tiempo de esquemas de autenticación

A los efectos de mejorar la recepción y transmisión en una celda - eventualmente - algunos PA incorporan una segunda antena (ambas cubren la misma zona). La recepción de mensajes se realiza por ambas antenas y el PA compara eligiendo aquella en la que existe mejor calidad de señal. El proceso se realiza de forma independiente para cada trama recibida. Cuando el PA desea emitir selecciona la antena que tuvo mejor señal de recepción la última vez. Si no se recibe el ACK correspondiente se repite la transmisión por la segunda antena.

4. Características del protocolo 802.11b

El protocolo IEEE 802.11b es una implementación derivada de la norma IEEE 802.11. Actualmente, es el protocolo de WLANs más difundido y con mayor cantidad de productos compatibles.

A nivel físico utiliza la modalidad de transmisión por radio denominada espectro expandido por secuencia directa (DSSS) que opera en una banda de frecuencias situada en los 2.4 GHz, donde se disponen de 16 canales de trabajo. Como protocolo de acceso al medio se utiliza CSMA/CA.

Las velocidades de transmisión llegan a los 11Mbps con un throughput de 5.5 Mbps. Cada PA y ET pueden ajustar automáticamente su velocidad de comunicación en base a las condiciones existentes. La tasa de error se sitúa en 1 bit corrupto cada 100.000 bits transmitidos. Cada PA puede manejar hasta 32 ET. En la tabla 1 se presenta un ejemplo de las relaciones existentes entre velocidad de operación y alcance de la transmisión para diferentes ambientes.

	11 Mbps	5.5 Mbps	2 Mbps	1 Mbps
Espacio abierto	160 m.	270 m.	400 m.	550 m.
Espacio semiabierto	50 m.	70 m.	90 m.	115 m.
Oficina cerrada	25 m.	35 m.	40 m.	50 m.

Tabla 1 - Características de alcance de la placa Orinoco 802.11b de Lucent

Esta previsto que a los PAs se les puedan adosar antenas externas de mayor ganancia, a los efectos de extender el dominio geográfico de una celda.

No garantiza calidad de servicio, es decir que no existe un valor ancho de banda mínimo asignado a cada ET. Opcionalmente, las transmisiones se pueden encriptar utilizando el protocolo WEP (Wired Equivalent Privacy) con claves de 64 y 128 bits.

En esta variante del protocolo 802.11 se definen dos topologías para construcción de WLANs: Infraestructura y Ad-hoc.

En el modo infraestructura (Figura 7a) se utiliza un elemento central denominado punto de acceso (PA) que provee servicios de autenticación, asociación y de puente transparente. Una ET que desee ingresar a la red debe seleccionar el PA más cercano y configurarse automáticamente. El estándar prevee la itinerancia, es decir el pasaje de una ET de un PA a otro PA de forma transparente.

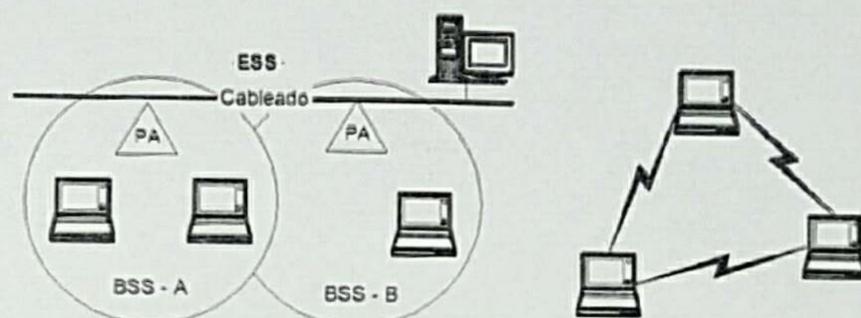


Figura 7 - a) Modo Infraestructura b) Modo ad-hoc

El modo ad-hoc (Figura 7b) define un modelo compañero a compañero, donde todos los nodos usan el mismo canal y el mismo identificador de red ESSID (Extended Services Set ID).

	IEEE 802.11b	IEEE 802.11a
Rango de frecuencias	2,40 GHz (banda ISM)	5,15 a 5,35 GHz (banda UNII)
Velocidad de transferencia de datos	De 1 a 11 Mbps	De 6 a 54 Mbps
Rango en espacio libre (según la velocidad de transferencia de datos)	120 (11 Mbit) a 460 metros (1 Mbit)	30 (54 Mbit) a 300 metros (6 Mbit)
Rango en habitaciones (según la velocidad de datos)	30 (11 Mbit) a 90 metros (1 Mbit)	12 (54 Mbit) a 90 metros (6 Mbit)
Números de canales	3	8
Número de usuarios por punto de acceso	192	512
Aplicación	Datos	Multimedia
Técnica de modulación	DSSS	OFDM

Tabla 2 – Comparación entre las normas IEEE 802.11a y 802.11b

Como forma de mejora del throughput de una WLAN se aconseja incorporar PAs

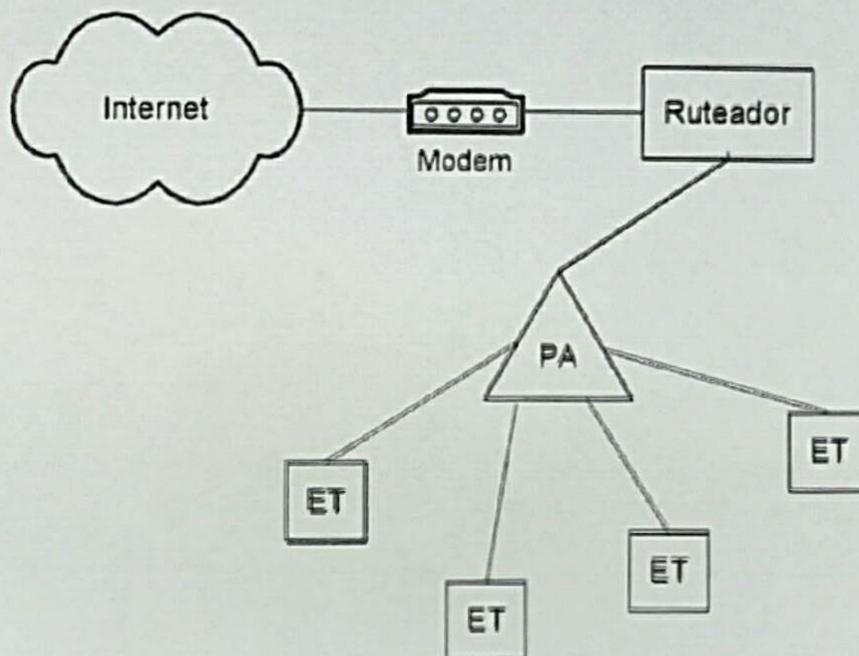
asignándole un canal distinto a cada uno y redistribuir las ET. Tal medida reduce las colisiones debido a que se agregan celdas.

Además de 802.11b existen otros estándares alternativos para la comunicación inalámbrica basados en 802.11. La tabla 2 presenta una comparación con la norma IEEE 802.11a que presenta algunas mejoras en cuanto prestaciones y se orienta a tráfico multimedia.

5. Escenarios de implementación de WLANs

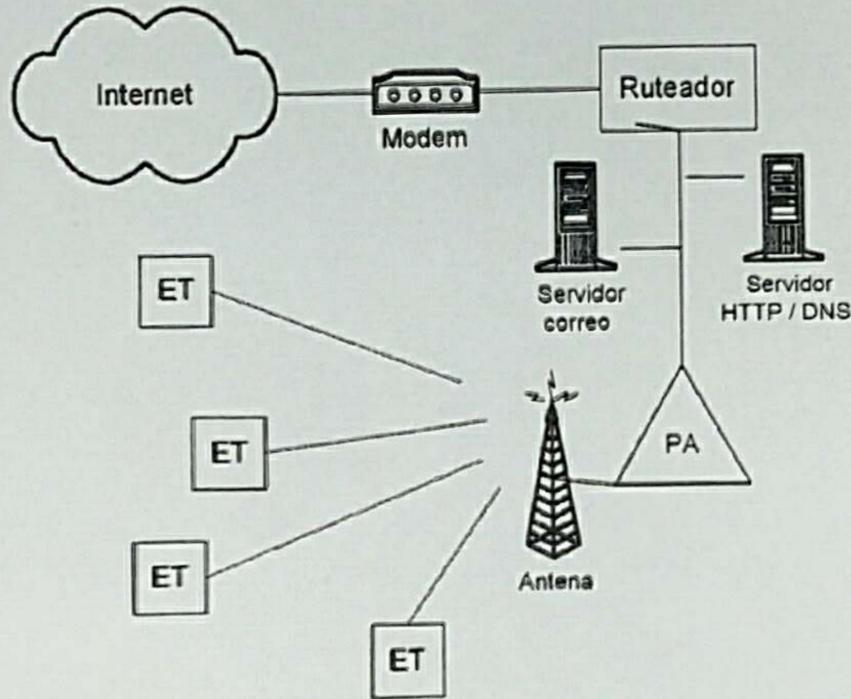
Como se mencionó anteriormente, las WLANs brindan soluciones de conectividad de simple instalación y brindan flexibilidad de configuraciones y aplicaciones. A continuación se presentan tres escenarios típicos donde se utilizan WLANs.

Escenario doméstico



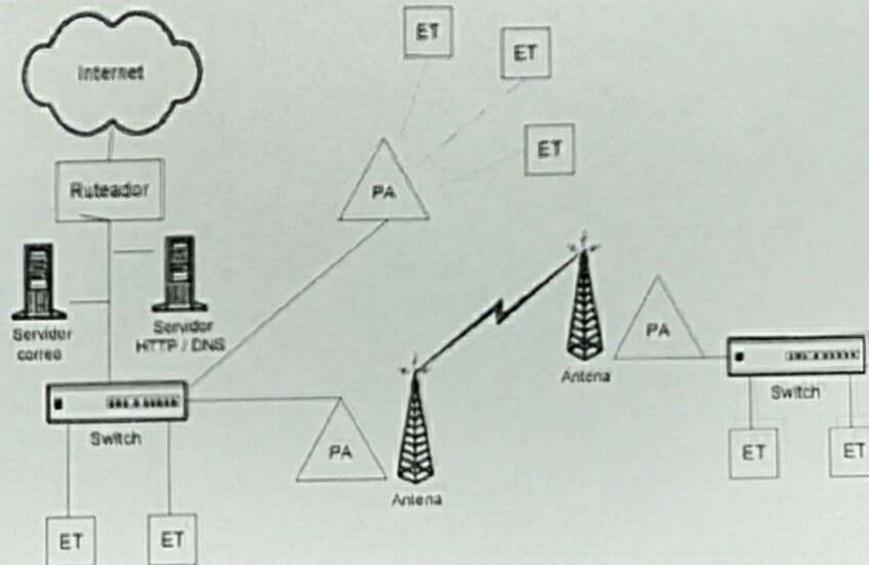
En este ejemplo se puede ver la implantación de una WLAN dentro de una casa u oficina (SOHO - Small Office Home Office). Típicamente, un usuario hogareño posee un punto de acceso a Internet mediante un enlace telefónico (ó xDSL) y se requiere brindar conectividad a varios dispositivos dentro de la vivienda, por ejemplo: dos PCs de escritorio, una notebook y una PDA. Bajo este esquema se forma un BSS que mediante un dispositivo ruteador (que puede ser hardware especial ó alguna computadora de escritorio) se realiza el enlace con el ISP (Internet Service Provider). Este dispositivo funciona como un portal dentro del esquema de la norma IEEE 802.11.

Escenario barrial



Otra alternativa es utilizar una WLAN en un ambiente barrial, campus universitario o predio fabril. Una CLAN central alberga equipos que brindan servicio a los usuarios finales del ESS como por ejemplo, correo electrónico. Esta red funciona como un sistema de distribución con un portal a Internet (a través de un ruteador). Un punto de acceso con una antena de mayor ganancia permite la conectividad de dispositivos que se encuentran geográficamente a mayor distancia que en el ejemplo anterior. Los receptores pueden ser equipos de escritorio o usuarios móviles que transitan las instalaciones del ESS.

Escenario empresa



El caso más evolucionado consiste en una red híbrida correspondiente a una organización con mas de un BSS. En este ejemplo una organización posee una red cableada troncal donde residen sus equipos servidores y a través de la cual se brinda el acceso a Internet. A dicha red convergen tanto equipos de usuario final como puntos de acceso a una WLAN. Un PA permite la