

TUTORIAL DE REDES

Tema 5

LANs

Antoni Salavert

Tema 5

1 INTRODUCCIÓN.....	3
2 MEDIOS DE TRANSMISIÓN.....	4
2.1.PROCESO DE DISEÑO.....	4
2.2.DOCUMENTOS DE DISEÑO DE RED.....	5
2.3.CABLEADO ESTRUCTURADO.....	5
2.4.PLANIFICACIÓN DEL CABLEADO.....	6
2.5.ARMARIO PARA EL CABLEADO.....	7
2.6.TEMAS ADICIONALES A TENER EN CUENTA.....	9
2.7.CABLE DIRECTO Y CABLE CRUZADO.....	9
3 TOPOLOGÍAS.....	11
3.1.TOPOLOGÍA BUS.....	11
3.2.TOPOLOGÍA EN ANILLO.....	12
3.3.TOPOLOGÍA EN ESTRELLA.....	12
3.4.TOPOLOGÍA EN ESTRELLA EXTENDIDA.....	13
3.5.ESTRELLA COMPARTIDA Y ESTRELLA CONMUTADA.....	13
4 NIVELES EN LAN.....	14
4.1.NIVEL DE ENLACE.....	14
4.2.IEEE 802.2.....	15
5 TIPOS DE PROTOCOLOS DE ACCESO AL MEDIO (MAC).....	18
5.1.TOKEN RING.....	18
6 ETHERNET.....	21
6.1.NIVEL FÍSICO.....	22
6.2.NIVEL MAC.....	24
6.3.CSMA/CD: CARRIER SENSE MULTIPLE ACCESS WITH COLISION DETECTION.....	26
6.4.DOMINIO DE COLISIÓN	29
6.5.VENTANA DE COLISIONES.....	29
7 FAST ETHERNET.....	32
7.1.FÍSICO.....	32
7.2.REPETIDORES.....	33
8 CONMUTADORES / SWITCHES.....	35
8.1.CUT-THROUGH SWITCHING.....	36
8.2.STORE-AND-FORWARD SWITCHING.....	37
8.3.CONMUTADORES HÍBRIDOS.....	38
8.4.CONMUTACIÓN A NIVEL 2 Y 3.....	38
9 CONGESTIÓN EN ETHERNET.....	39
10 LANS NO CABLEADAS.....	40
10.1.CANALES DE TRANSMISIÓN.....	40
10.2.ARQUITECTURA LAN 802.11	41
10.3.PROTOCOLOS DE ACCESO AL MEDIO 802.11.....	42

1 **Introducción**

LAN (Local Area Network) es una red que conecta directamente entre sí equipos situados en un ámbito geográfico local (unos centenares de metros o unos pocos Km).

Suele ser administrada localmente por la misma empresa que dispone de la red, es decir, es una red privada. Ofrece velocidades de transmisión altas (decenas o cientos de Mbps).

El medio de transmisión es compartido por todas las estaciones, por consiguiente es necesario el uso de un protocolo de enlace que permita a las estaciones acceder de forma coherente al medio.

Las LANs se dividen:

- LANs cableadas y que se caracterizan porque usan un medio guiado y
- LANs no cableadas que se caracterizan porque usan medios no guiados.

El componente básico de una LAN es la tarjeta de red (NIC: Network Interface Cards) y sus controladores: las NICs implementan el hardware de red (nivel físico y enlace) de la LAN mientras que los controladores implementan el software de protocolo a nivel de enlace.

Si la LAN es cableada, tiene como componentes adicionales:

- El cable: medio guiado (coaxial, par trenzado o fibra óptica). Los cables se instalan siguiendo los estándares de cableado estructurado (norma EIA 568).
- Los conectores: es lo que permite conectar la tarjeta de red al cable.

2 ***Medios de transmisión***

Para que una LAN sea efectiva y pueda satisfacer las necesidades de los usuarios, se debe implementar siguiendo una serie sistemática de pasos planificados.

La planificación de una red depende de cómo esté cableado un edificio. El EIA (Electronic Industry Association) define en sus documentos EIA-568/569 todas las características necesarias para cablear un edificio. Entre otras cosas define tipos de cableado estructurado, la elección de la habitación de las comunicaciones donde se situarán los equipos de red, las longitudes de los cables entre dicha habitación y las áreas de trabajo, armarios de conexiones intermedios, etc.

Todo este conjunto de normativas están definidas para garantizar que los usuarios de la red tengan una buena instalación en lo que se refiere a la disposición física de la red, es decir, lo referente al nivel físico del modelo de referencia OSI.

La instalación del cable tiene un gran impacto en la calidad, fiabilidad y flexibilidad de la red.

El impacto que puede tener el cableado y disposición de los equipos en el rendimiento de la red es enorme. Por ejemplo, el hecho de que una estación de trabajo esté situada más lejos de lo permitido puede hacer que el usuario de esta estación de trabajo pierda gran cantidad de tramas de nivel 2 en su acceso a un servidor, lo que se traduce en grandes retardos debido a las retransmisiones que sufren dichas tramas.

2.1. ***Proceso de diseño***

El primer paso en el proceso es reunir información acerca de la organización. Esta información debe incluir:

- Historia de la organización y situación actual
- Crecimiento proyectado
- Políticas de operación y procedimientos administrativos
- Sistemas y procedimientos de oficinas
- Opiniones del personal que utilizará la LAN

El segundo paso es realizar un análisis y evaluación detallados de los requisitos actuales y proyectados de las personas que usarán la red.

El tercer paso es identificar los recursos y limitaciones de la organización.

2.2. ***Documentos de diseño de red***

La siguiente lista incluye parte de la documentación que debe generarse durante el diseño de la red:

- Diario de ingeniería
- Topología lógica
- Topología física
- Plan de distribución
- Matrices de solución de problemas
- Tomas rotulados
- Tendidos de cable rotulados
- Resumen del tendido de cables y tomas
- Resumen de dispositivos, direcciones MAC y direcciones IP

2.3. ***Cableado estructurado***

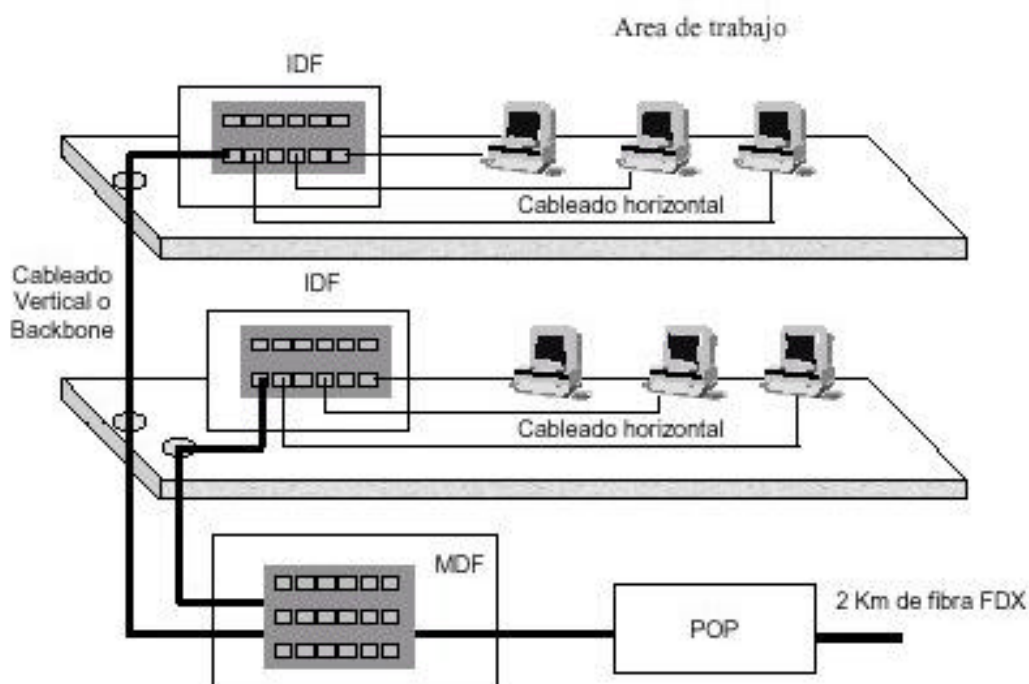
El cableado estructurado del edificio

- permite a los administradores de red una gran flexibilidad a la hora de cambiar usuarios de ubicación,
- hacer crecer su red hacia nuevas tecnologías (redes de mayor velocidad),
- instalar nuevos equipos (e.g. servidores),
- elegir políticas de acceso de usuarios a diversos servicios,
- impedir el acceso por parte de usuarios externos a la red (e.g. hackers), etc.

2.4. **Planificación del cableado**

Los elementos de un edificio cableado son:

- Área de trabajo donde están ubicadas las estaciones de trabajo.
- POP (Point of Presence): lugar donde la operadora de telecomunicaciones instala su punto de acceso
- IDF/MDF (Intermediate/Main Distribution Facility). Son los lugares donde se sitúan los equipos: paneles de distribución, concentradores, conmutadores, enrutadores, servidores
 - 1 IDF por cada 1000 m² de área de trabajo (elige un radio de 50 m. sobre el plano del edificio cuyo centro es el IDF)
 - MDF: el más cercano al POP
- Cableado horizontal (100 m. UTP) y vertical



Una de las primeras decisiones que se deben tomar al planificar una red es la colocación de los armarios para el cableado.

La decisión más importante es la selección del servicio de distribución principal (MDF).

El EIA especifica que debe haber una sala de distribución (DF: Distribution Facility) cada 1000 m².

Hay dos tipos de salas de distribución:

- MDF (Main Distribution Facility)
- IDF (Intermediate Distribution Facility)

El MDF servirá de punto de referencia a todos los IDFs. Eso significa que todos los IDFs se conectarán a través de paneles de conexión al MDF con cableado vertical. Los IDFs no se conectan nunca entre sí.

El MDF además se conectará al POP (Point of Presence) donde está situado el punto de acceso a la WAN.

La elección de estas habitaciones es uno de los puntos críticos a la hora de cablear el edificio. Generalmente hay que tener en cuenta criterios administrativos (disponibilidad de habitaciones) y criterios técnicos (humedad, temperatura, acceso a la habitación, tamaño, suelo, conductos de agua, fluorescentes,).

En el caso de un edificio de varias plantas, se definen dos tipos de cableado:

- Cableado horizontal: el que va horizontalmente desde las estaciones de trabajo a los armarios de conexiones (patch pannels) intermedios situados en habitaciones de comunicaciones intermedios (IDFs: Intermediate Distribution Facilities) y,
- Cableado vertical o backbone: el que va desde los armarios de conexiones intermedios a los armarios de comunicaciones principales en la habitación de comunicaciones principal (MDF: Main Distribution Facility).

2.5. ***Armario para el cableado***

El armario para el cableado sirve como el punto de unión central para el cableado y el equipo de cableado que se usa para conectar dispositivos en una red de área local (LAN). Es el punto central de una topología en estrella. El armario para el cableado puede ser una habitación o un gabinete diseñado especialmente. Por lo general, el equipo de un armario para el cableado incluye:

- Paneles de interconexión
- Concentradores o Hubs
- Puentes o Bridges
- Conmutadores o Switches
- Enrutadores



Un bastidor de distribución es un marco de esqueleto simple que contiene equipo como, por ejemplo, paneles de conexión, repetidores, concentradores y enrutadores que se usan en el armario para el cableado. Su altura varía entre 1-1,9 m.

Un panel de interconexión (patch pannel) es un dispositivo de interconexión a través del cual los tendidos de cableado horizontal se pueden conectar con otros dispositivos de red como, por ejemplo, concentradores y repetidores. Más específicamente, un panel de conexión es una agrupación de pins y puertos. El panel de conexión actúa como un conmutador, donde los cables horizontales que provienen de las estaciones de trabajo se pueden conectar a otras estaciones de trabajo para formar una LAN. Los paneles de conexión son elementos pasivos de nivel 1 que permiten conectar cables desde un punto a otro. Un panel de conexión de tamaño mediano puede tener del orden de 48 conectores.

2.6. **Temas adicionales a tener en cuenta:**

- Tomas de tierra de los computadores. Una defectuosa instalación de las tomas de tierra puede hacer que haya diferenciales de carga de forma que se creen campos electrostáticos en por ejemplo carcasas de equipos, barandillas de la escalera, etc. que pueden producir descargas en los usuarios o incluso dañar los equipos.
- Tomas de tierra de los edificios
- SAIs o UPSs
- Introducción de señales no deseadas o picos de energía (surge suppressors)
- Etiquetar todos los cables y conectores. Cada cable es importante que vaya etiquetado, así como cada uno de los conectores del panel de conexión. Los paneles de conexión se pueden agrupar racks. Cada rack podría tener media docena de paneles de conexión.
- Hacer mapas de cómo está cableado el edificio

2.7. **Cable directo y cable cruzado**

Se trata de como conectar mediante cable de cobre dos dispositivos a través de sus conectores.

Para ello debemos saber que el pin de cada conector le corresponde una de estas dos funciones:

- transmisión, es decir, en este pin la señal sale del conector, o
- recepción., es decir, en este pin la señal entra al dispositivo.

En algunos casos, como en las redes Ethernet, hay dos pins transmisores y dos receptores, de aquí que se necesiten 4 hilos para su transmisión.

En este caso un cable directo conectaría el pin 1 de un extremo al pin 1 del otro extremo, y de la misma forma los pins 2, 3 y 6.

En el caso de un cable cruzado, se conectaría el pin 1 de un extremo al pin 3 del otro extremo, el pin 2 del primero con el pin 6 del segundo, el pin 3 del primero con el pin 1 del segundo y el pin 6 del primero con el pin 2 del segundo.

Función	Pin	Pin	Función
TX+	1	3	RX+
TX-	2	6	RX-
RX+	3	1	TX+
RX-	6	2	TX-

Si lo generalizamos, en principio debemos clasificar los dispositivos en

- DTE : host, enrutador
- DCE : concentrador, conmutador

Entonces un cable directo es lo que se necesita para comunicar dos dispositivos de clases distintas, es decir, DTE con DCE y DCE con DTE.

Un cable cruzado es el que se necesita para conectar dos dispositivos de la misma clase, es decir, DCE con DCE y DTE con DTE.

Sin embargo hay una conexión conmutador-conmutador mediante el puerto "uplink", la cual necesita de un cable cuya configuración depende del fabricante del conmutador.

3 **Topologías**

La topología es la estructura que forman el medio de transmisión y las estaciones conectadas al medio. Hay tres topologías físicas básicas:

- Bus: típicas de las redes Ethernet antiguas
- Anillo: típicas en las redes Token Ring y FDDI
- Estrella: utilizadas en todas las LAN actuales en sustitución de los buses y los anillos.

3.1 **Topología bus**

Punto de vista físico

Cada dispositivo está conectado a un cable común. En esta topología, los dispositivos clave son aquellos que permiten que el dispositivo se una o se conecte al único medio compartido. Una de las ventajas de esta topología es que todos los dispositivos están conectados entre sí y, de ese modo, se pueden comunicar directamente. Una desventaja de esta topología es que la ruptura del cable hace que los dispositivos queden desconectados.

Punto de vista lógico

Una topología de bus permite que todos los dispositivos de red puedan ver todas las señales de todos los demás dispositivos, lo que puede ser ventajoso si desea que todos los dispositivos obtengan esta información. Sin embargo, puede representar una desventaja ya que es común que se produzcan problemas de tráfico y colisiones.

3.2. ***Topología en anillo***

Punto de vista físico

La topología muestra todos los dispositivos que están conectados directamente entre sí por medio de cables en lo que se denomina una cadena margarita.

Punto de vista lógico

Para que la información pueda circular, cada estación debe transferir la información a la estación adyacente.

3.3. ***Topología en estrella***

Punto de vista físico

La topología en estrella tiene un nodo central desde el que se irradian todos los enlaces. La ventaja principal es que permite que todos los demás nodos se comuniquen entre sí de manera conveniente. La desventaja principal es que si el nodo central falla, toda la red se desconecta. Según el tipo de dispositivo de red que se usa en el centro de la red en estrella, las colisiones pueden representar un problema.

Punto de vista lógico

El flujo de toda la información pasaría entonces a través de un solo dispositivo. Esto podría ser aceptable por razones de seguridad o de acceso restringido, pero toda la red estaría expuesta a tener problemas si falla el nodo central de la estrella.

3.4. ***Topología en estrella extendida***

Punto de vista físico

La topología en estrella extendida tiene una topología en estrella central, con cada uno de los nodos finales de la topología central actuando como el centro de su propia topología en estrella. La ventaja de esto es que el cableado es más corto y limita la cantidad de dispositivos que se deben interconectar con cualquier nodo central.

Punto de vista lógico

La topología en estrella extendida es sumamente jerárquica, y busca que la información se mantenga local. Esta es la forma de conexión utilizada actualmente por el sistema telefónico.

3.5. ***Estrella compartida y estrella conmutada***

En cuanto a los concentradores o hubs, hay dos filosofías:

- Por difusión (Broadcasting) o compartido (Shared).
- Por conmutación (Switching).

En cuanto a topologías, por los dispositivos que las definen en las LANs son

- Estrella compartida. En este caso se emplean concentradores o hubs (repetidores multipuerto). Internamente la conexión es en estrella o mediante un bus interno. Se usa en redes Ethernet. Es un dispositivo que funciona por difusión, es decir, cuando una estación transmite una trama, el concentrador propaga esta trama por todos los puertos de salida de forma que todas las estaciones reciben una copia de la trama.
- Estrella conmutada. En este caso se emplean conmutadores o switch. Internamente es una estrella o bus interno. La trama transmitida por una estación es transmitida por un puerto determinado dependiendo de la dirección de la estación (dirección MAC).

4 **Niveles en LAN**

La arquitectura de niveles en una LAN según el modelo TCP/IP consta de los siguientes niveles:

- El nivel físico: tiene como principales funciones la codificación de la información (e.g. Manchester), la topología de la LAN (estrella, bus o anillo), los cables (UTP, STP, coaxial, fibra), los conectores, sincronización de bit, ...
- El nivel de enlace.
- El nivel de red
- El nivel de transporte
- El nivel de aplicación

4.1. **Nivel de enlace**

Según el proyecto 802 de IEEE, este nivel de enlace se divide en dos subniveles:

- el subnivel MAC (Medium Access Control) y
- el subnivel LLC (Logical Link Control).

El subnivel MAC está entre el nivel 1 (físico) y el subnivel LLC. Sus funcionalidades son:

- Envío y recepción de tramas
- Asignación de una dirección a la estación
- Detección de errores y
- Implementación del protocolo de acceso al medio.

Empieza tres clases de primitivas en cuanto a su relación con el subnivel LLC:

- Request. Se trata de solicitar algún servicio por el subnivel LLC al subnivel MAC, por tanto, siempre es en la dirección desde el subnivel LLC al MAC. Esta

primitiva incluye la dirección de destino, el tipo de servicio solicitado y los datos a enviar.

- Indication. Se trata de tramas con datos o avisos del subnivel MAC al LLC .
- Confirmation. Estas tramas se envían al subnivel LLC desde el subnivel MAC, indicándole que las tramas por el enviadas, ya han sido enviadas al medio y a su vez incluyen información del tipo de fallo o no de la trama Request.

El subnivel LLC está entre el nivel MAC y el nivel 3 (red). Sus funcionalidades son:

- Posibilidad de servicios confirmados (ACKs)
- Control de error
- Control de flujo
- Entramar y multiplexar jerarquías de protocolos de nivel superior (e.g. SPX/IPX, TCP/IP, ...).

4.2. **IEEE 802.2**

El protocolo 802.2 se corresponde con el subnivel LLC del proyecto 802 dentro del nivel de enlace (2) del modelo OSI. Por un lado interopera con los protocolos 802.3, 802.5, etc. del subnivel MAC del nivel de enlace (2) y por otro con los protocolos de nivel de red (3).

	Nivel 3	IP	IPX	NetBIOS
Nivel 2	LLC	802.2		
	MAC	802.3	802.5	Otros

Este protocolo no se refleja en los mensajes que circulan por las redes, porque son internos, es decir, van dentro del propio dispositivo como un driver. Sus direcciones origen y destino (SAPs), se corresponden a los protocolos de nivel 3 de los dispositivos origen y destino.

LLC inicia el intercambio de señales de control, organiza el flujo de datos, interpreta los comandos, genera respuestas y gestiona las funciones de control de errores y su recuperación.

Este protocolo 802.2 ofrece 3 tipos de servicio:

- Tipo 1 : sin reconocimiento y no orientado a conexión. También se llama modo de operación datagrama del usuario. Es el más usado por ejemplo en redes TCP/IP. No hay reconocimiento por parte del receptor, ni el emisor lo espera, porque se consideran las redes suficientemente fiables. Por esta razón, los servicios del nivel transporte tienen que proporcionar la recuperación y la segmentación de tramas.
- Tipo 2 : orientado a conexión. En este caso, se establecen circuitos virtuales entre el dispositivo que envía y el dispositivo que recibe. Es el caso del protocolo HDLC en modo ABME (Asynchronous Balanced Mode Extended). En este caso, hay primero el establecimiento del enlace y luego durante la transmisión, hay una detección de errores, su recuperación y un control de flujo.
- Tipo 3 : con reconocimiento y no orientado a conexión. En este caso no hay circuitos virtuales. Este tipo resulta especialmente interesante para las LAN de alta velocidad como FDDI y concretamente para los protocolos de gestión de la LAN.

La estructura del mensaje es

SAP destino	SAP origen	Control	Datos
-------------	------------	---------	-------

donde

- SAP destino es un campo de 8 bits, de los cuales 6 representan la dirección propiamente dicha. El bit 8 es el indicativo de I/G (individual o grupo). La dirección significa la puerta del protocolo LLC correspondiente con el protocolo de nivel de red del dispositivo destino.
- SAP origen es un campo de 8 bits. El bit 8 es 0 o 1, si el mensaje es un comando o una respuesta. La dirección que utiliza 6 bits, significa la puerta del protocolo LLC correspondiente con el protocolo de nivel de red del dispositivo origen.

- Control, campo de 1 o 2 octetos donde se especifica la función del comando de solicitud o respuesta, así como el tipo de LLC empleado. Su contenido se parece mucho al del protocolo SDLC, así hay 3 tipos de formatos: sin secuencia, supervisor y de información.
- Datos.

En cuanto a la dirección SAP, un dispositivo puede tener más de un SAP asociado a ella para un nivel específico, igual que un dispositivo puede tener más de una sesión activa mediante un SAP.

Los procesos de los niveles superiores usan los servicios del protocolo 802.2 a través de puntos de acceso al servicio (SAP - Service Access Points). Estos SAP identifican los protocolos del nivel de red que deben recibirlo, en el caso de pasar mensajes de nivel 2 al 3. Sin embargo si es al contrario, es decir, un mensaje que pasa del nivel 3 al 2, el SAP destino es el protocolo de nivel de red del dispositivo de destino.

Algunos valores de SAP son los siguientes:

APPN	04
TCP/IP	06
SNA	08
X.25	7E
SNAP	AA

Vines	BC
IPX	E0
NetBIOS	F0
RPL	F8
Ungerman-Bass	FA

5 ***Tipos de protocolos de acceso al medio (MAC)***

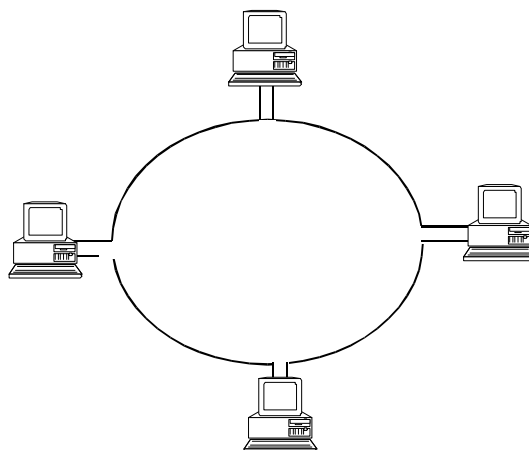
Son los protocolos cuyas funcionalidades corresponden al nivel de acceso al medio (MAC), y que a su vez corresponde a un subnivel del nivel de enlace según el modelo OSI.

En la actualidad hay los tres tipos siguientes:

- Paso de testigo. Los protocolos de este tipo consisten en que una estación no transmite hasta que está en posesión de un token y que además esté vacío.
- Aleatorios. Los protocolos de este tipo consisten en que cuando una estación quiere transmitir, transmite sin verificar si el medio está ocupado.
- Reserva. Los protocolos de este tipo se caracterizan porque la estación transmisora verifica si el medio está ocupado antes de transmitir, es decir, que mientras una estación está transmitiendo, tiene el medio reservado hasta que finaliza su transmisión. Es el caso de los protocolos CSMA/CD que emplea Ethernet y CSMA/CA del IEEE 802.11

5.1. ***Token Ring***

Esta tecnología de red de área local fue diseñada originalmente por IBM en los años 70 y estandarizada por el IEEE con el nombre IEEE 802.5. La especificación IEEE 802.5 es prácticamente idéntica a la red Token Ring de IBM y absolutamente compatible con ella.



Este protocolo está en la actualidad en desuso por razones de mercado, aunque existen muchas instalaciones con este protocolo. Tecnológicamente es mejor que el Ethernet, porque permite un mayor aprovechamiento del ancho de banda (hasta un 90%, contra un 30% del Ethernet). Sin embargo el precio de los dispositivos y el no haber superado los 16 Mbps, hace que no hayan nuevas redes con este protocolo.

En cuanto a su topología:

- Físicamente es una estrella (MAUs: Multistation Access Unit).
- Lógicamente es un anillo por paso de testigo (token).

El código Manchester Diferencial es el que se usa para convertir los datos binarios en elementos de señalización, que son transmitidos a velocidades de 4 o 16 Mbps (velocidades estándar del IEEE). En la implementación de redes Token Ring de IBM, se recomienda cable STP aunque también se puede usar UTP. El cable de fibra óptica multimodo es otra opción de cableado.

Este anillo consta de un conjunto de repetidores conectados entre sí con enlaces half-duplex punto-a-punto formando un lazo cerrado. Cada estación se conecta al repetidor con un enlace full-duplex punto-a-punto. Soporta como máximo 260 estaciones por anillo y los anillos se pueden unir mediante bridges.

El acceso al anillo es controlado por un token que circula continuamente por el mismo. El equipo que quiera transmitir datos, esperará que le pase el token y a su vez que esté libre. Cuando le llega el token, el equipo lo cambia por un mensaje, al que le añade los datos y lo transmite. Si el equipo de destino está activo, copiará el mensaje, lo marcará como copiado, y lo reenviará al equipo transmisor. Este equipo descargará los datos y liberará el token al anillo.

Repetidores multipuerto o MAU/CAU

Como repetidor regeneran y retransmiten los bits.

Los repetidores pueden estar en tres estados distintos:

- En estado de transmisión. Es el estado del repetidor perteneciente a la estación transmisora. La estación transmite una trama que el repetidor regenera y retransmite al siguiente repetidor.
- En estado de escucha. Es el estado de aquellos repetidores conectadas a las estaciones receptoras. Estos repetidores además de regenerar y retransmitir las tramas hacia el siguiente repetidor, copian la trama y la retransmiten a la estación en el caso de que la dirección MAC destino pertenezca a la estación a la que están conectadas. En este estado es posible modificar bits de las tramas si el algoritmo de acceso al medio lo considera necesario.

- En estado de cortocircuito. Es el estado en el que el repetidor se comporta como un cable, es decir, es como si no existiese un repetidor. Es el caso de que en un conector del concentrador no haya conectado ningún dispositivo.

Métodos de liberación del testigo

El acceso al medio del Token Ring se basa en el paso de testigo (token passing). Este algoritmo consiste en que sólo puede transmitir la estación que posee una trama especial llamada testigo (token). Una vez transmitida la trama, la estación libera el testigo que pasa a la siguiente estación. Así se repite el proceso continuamente.

Hay tres métodos de liberación del testigo:

- Single Packet: la estación transmisora libera el testigo cuando recibe el último bit de la trama, es decir, el último bit de la trama ha dado la vuelta completa al anillo.
- Single Token: la estación transmisora libera el testigo cuando recibe el primer bit de la trama, es decir, el primer bit de la trama ha dado la vuelta completa al anillo.
- Multiple Token: la estación transmisora libera el testigo inmediatamente después de haber transmitido el último bit de la trama.

6 *Ethernet*

Ethernet o IEEE 802.3 es el protocolo más utilizado actualmente en el mundo de las redes informáticas por razones de economía. Desde su introducción en el mercado en los años 70, se ha implantando en un gran abanico de ámbitos de todo tipo.

Inventado por Xerox en los años 70 y llevado al mercado con el nombre de Ethernet V.1, el protocolo fue desarrollado por un foro donde estaban DEC, Intel y Xerox. Este foro sacó en los años 80 una nueva versión de Ethernet llamada Ethernet (DIX) V2.

También hicieron pública su arquitectura y así de la mano del Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE), ha llegado a ser un estándar internacional de facto. El IEEE ratificó el estándar Ethernet DIX V2 con ligeras modificaciones y lo denominó IEEE 802.3. El estándar IEEE 802.3 ha sido también aprobado por otras organizaciones tales como el American National Standards Institute (ANSI) y el International Organization for Standardization (ISO 8802-3).

Así hay 4 versiones de este protocolo que son las siguientes:

Ethernet	Esta versión corresponde a la versión original DIX y su posterior versión II
802.3	Corresponde al protocolo 802.3 sin empleo del protocolo 802.2. Este protocolo lo empleó Novell Netware cuando aún no estaban aprobadas las especificaciones del protocolo.
802.3 - 802.2 LLC	Es el protocolo 802.3 pero que necesita del protocolo 802.2 para su funcionamiento.
802.3 - 802.2 LLC - SNAP	Ethernet SNAP extiende el encabezado IEEE 802.2 agregando un encabezado de Protocolo de acceso de subred (SNAP) que proporciona un código de "tipo de encapsulamiento" similar al definido en la especificación de Ethernet Versión II y utilizado con TCP/IP y AppleTalk.

Las principales ventajas del protocolo Ethernet / 802.3 son :

- Amplia elección de equipos.
- Bajo precio de los mismos.

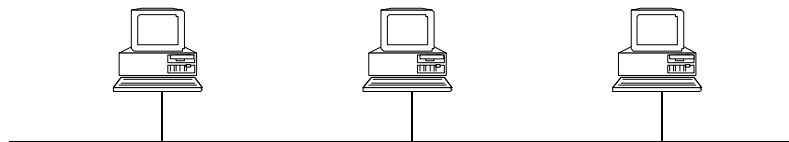
- Alta velocidad de transmisión.

En cuanto a su topología:

- Físicamente es una estrella (hub o concentrador).
- Lógicamente es una estrella.

El acceso al medio es utilizando el método CSMA/CD (Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection). Este método se basa en escuchar el medio para ver si está ocupado por alguna trama de alguna estación antes de transmitir tramas. A pesar de que se escuche el medio las tramas pueden “colisionar” en el medio con lo que es necesario retransmitirlas.

Otro método similar es el CSMA/CA, que consiste en informar de forma previa a la red de que se va a transmitir. Con ello se evitan colisiones, pero disminuye la eficiencia de la red, ya que hay una información adicional que se transmite y que no son datos propiamente dichos.



6.1. ***Nivel físico***

Ethernet forma una familia de LANs que abarca Ethernet (10 Mbps), Fast Ethernet (100 Mbps) y Gigabit Ethernet (1 Gbps, 10 Gbps) sobre cables de cobre STP y UTP, y de fibra óptica multimodo y monomodo.

El método de codificación es Manchester, es decir, el tiempo de bit se divide en dos mitades, siendo su transición en función del contenido del bit, así

- el 1 corresponde a una transición baja-alta y
- el 0 a una transición alta-baja

Ethernet 10 Mbps

En cuanto a la velocidad de 10 Mbps, Ethernet define 4 configuraciones básicas: 10Base2, 10Base5, 10BaseT y 10BaseF.

El significado del número a la izquierda es su velocidad. En cuanto el código a su derecha, corresponde a la máxima distancia en cientos de metros o a la clase de medio de transmisión empleado.

a) 10 Base2

En este caso se trata de redes Ethernet que emplean cable coaxial de tipo *thin*, de aquí que también se las conozca como Thinnet o Cheapnet.

El empleo de este tipo de cableado hace que los dispositivos se conecten en bus (*segmento*) y el empleo de taps (impedancias de 50 Ω) en sus extremos.

El tipo de conector es BNC-T. Este conector conecta la tarjeta de red (NIC) de la estación al cable coaxial.

La distancia máxima recomendada es de 200 m.

b) 10Base5

En este caso se trata de redes Ethernet que emplean cable coaxial de tipo *thick*, de aquí que también se las conozca como Thicknet.

En el caso de tener un 10Base5 se usa un transceiver para conectar la tarjeta de red al cable. El hardware está repartido entre la tarjeta de red y el transceiver. En este caso los conectores que se emplean son los AUI (Attachment Unit Interface).

La distancia máxima recomendada es de 500 m.

c) 10BaseT

Las configuraciones básica 10BaseT emplea cable de cobre con par trenzado UTP-3 y UTP-5.

Los concentradores implementan internamente un bus. Las estaciones se conectan generalmente con cable UTP y conector RJ45 entre las tarjetas de red de la estación y el puerto del concentrador.

d) 10BaseF

La configuracione básica 10BaseF emplea fibra óptica. Los conectores son del tipo SC o ST.

10BaseF define 3 variantes:

- 10BaseFP (passive star): repetidor óptico pasivo con un máximo de 33 nodos y 1Km/segmento.
- 10BaseFL (link): interconecta nodos o repetidores con un límite de 2 Km.
- 10BaseFB (backbone): interconecta repetidores hasta 2 Km entre ellos con transmisión síncrona (hasta 15 repetidores en cascada), excediendo el límite de la regla 5-4-3. Se usa para interconectar múltiples concentradores en cascada y así incrementar la longitud de la red excediendo la regla de que sólo haya 5 segmentos de red conectados entres sí.

6.2. Nivel MAC

El formato de trama depende de si es Ethernet-II o Ethernet IEEE 802.3.

Los formatos de los mensajes para Ethernet y IEEE 802.3 son distintos, sin embargo, ambos protocolos usan el mismo medio y método de acceso. Esto significa que los equipos de la red pueden compartir ambos formatos en el bus común, pero no se pueden comunicar entre sí.

La estructura del mensaje 802.3 / Ethernet es la siguiente :

Preámbulo	Sincronización	Dirección destino	Dirección origen	Tipo	Datos	PAD	Control de error
-----------	----------------	-------------------	------------------	------	-------	-----	------------------

donde

- Preámbulo - 7 octetos. Permite que la electrónica de señalización del nivel físico pueda sincronizar con la electrónica de recepción de mensajes. En contenido de cada octeto es 10101010
- Sincronización (SFD-Start Frame Delimiter) - 1 octeto. Indica que porción de datos del mensaje vienen a continuación en la transmisión del mismo. Su contenido es 10101011
- Dirección destino (DA) - 48 bits. Se corresponde a la dirección MAC (Media Access Control). Tres tipos de direcciones destino son posibles : individual, de multicast y de broadcast. La individual contiene una única dirección de un nodo concreto de la red. La de multicast significa que se usa un grupo de direcciones. La de broadcast es una forma especial de multicast, pero para todos los nodos de la red.

- Dirección origen (SA) - 48 bits. Su significado es el mismo que la dirección destino.
- Tipo - 16 bits. Este campo identifica el tipo de protocolo del nivel superior. Los fabricantes deben registrar sus protocolos de acuerdo con el estándar Ethernet. Cada protocolo registrado tiene un identificador de 2 octetos. En el protocolo 802.3, este campo corresponde a la longitud del mensaje. La identificación del protocolo de nivel superior en el caso del protocolo 802.3 se realiza en las direcciones SAP del protocolo 802.2, por ejemplo 0x0800 si es protocolo IP o 0x0806 si es protocolo ARP.
- Datos - Este campo contiene los datos a transmitir y su longitud oscila entre 38 y 1482 octetos. Ethernet asume que los niveles superiores asegurarán que el tamaño mínimo de mensaje sea de 46 octetos. Si se emplea el protocolo 802.2, dentro de este campo se incluye la cabecera de este protocolo.
- PAD - campo de relleno. IEEE 802.3 (y Ethernet) especifican un tamaño mínimo de mensaje de 64 octetos. Sin embargo, el 802.3 permite que el campo de datos sea inferior a los 46 octetos requeridos para que la longitud total sea como mínimo de 64 octetos. Por ello el 802.3 añade los caracteres de rellenos necesarios para cumplir este requisito.
- Control de error - 32 bits. Se emplea el método de control de error CRC-32.

En el caso del protocolo 802.3 con 802.2, el campo de datos se desglosa en:

- SAP destino.
- SAP origen.
- Control, campo de 1 ó 2 octetos.

El protocolo 802.3 con SNAP desglosa su campo de datos en:

- SAP destino.
- SAP origen.
- Control, campo de 1 ó 2 octetos.
- Id. Organización, 3 octetos.
- Tipo, 2 octetos. Corresponde al tipo de protocolo de nivel superior, así para IP, es 2048 y para ARP, 2054.

El tamaño de trama es como mínimo de 64 octetos y como máximo 1518 octetos.

6.3. **CSMA/CD: Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection**

CSMA/CD (Carrier Sense Multiple Access con Detección de Colisión) es el nombre de la tecnología utilizada en el bus del protocolo Ethernet /IEEE 802.3 que controla la operación de la red.

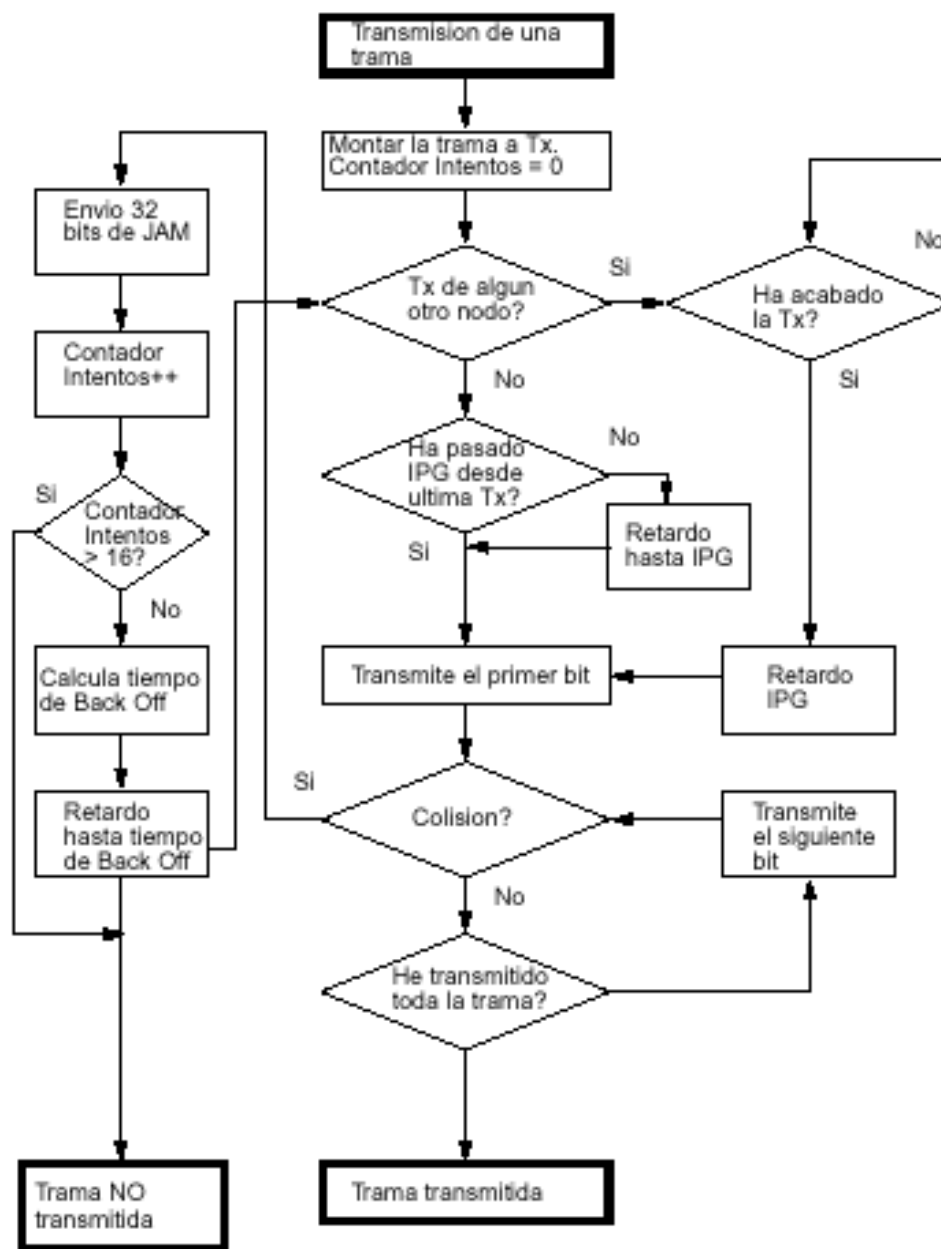
Su esquema de funcionamiento está detallado en el esquema adjunto.

Transmisión

Cuando la estación transmisora quiere enviar una trama,

- 1) primero debe montar la trama con la información recibida del protocolo del nivel superior.
- 2) A continuación verificar si el medio está libre. Si otro dispositivo está transmitiendo, debe esperar a que termine su transmisión.
- 3) En el caso de que esté libre, verificar que el **tiempo IPG** que ha de transcurrir entre la transmisión de dos tramas consecutivas ha transcurrido. La razón de este tiempo IPG es con el fin de que una estación esté mucho tiempo transmitiendo y no deje transmitir a otra.
- 4) Transmitir el primer bit de la trama y a continuación comprobar si hay colisión. Ésta puede existir dado que hay una distancia entre dispositivos y en consecuencia un retardo, que hace que aunque se verifique que el medio esté libre otra estación puede también verificarlo y en el tiempo del retardo ponerse también a transmitir.
- 5) Esta transmisión de bits y su verificación de colisión se realiza durante toda la transmisión de la trama.

Algoritmo CSMA/CD



Colisión

Si hay colisión, la estación que la detecta, envía una señal de jamming consistente en varios bits que fuerzan a que la colisión se prolongue durante un tiempo suficiente para que se enteren todas las estaciones del segmento.

A continuación la estación que quiere transmitir, deja transcurrir un tiempo aleatorio o **tiempo de backoff**, y vuelve a intentar la transmisión pendiente. El componente aleatorio de este tiempo es para minimizar la probabilidad de nuevas colisiones. Este tiempo de backoff es un múltiplo del tiempo de bit y vale

$$t = k \times 512 \times t_b$$

siendo k un valor entero aleatorio y t_b el tiempo de bit.

Estos intentos también son controlados por un contador, que una vez superado un umbral establecido intentos, da la trama por no transmitida.

La probabilidad de una colisión es proporcional a

- El número de dispositivos conectados al bus.
- La frecuencia de transmisión.
- El tamaño de los mensajes y
- La longitud de los cables de la red.

Recepción

Mientras un dispositivo no emite, está en estado de escucha. Cuando detecta la presencia de una señal en la red, inhibe la posibilidad de transmisión del mismo.

Con los bits de preámbulo obtiene la sincronización necesaria para leer la trama. Lo primero que obtiene es la dirección MAC de destino de la misma y la compara con la suya. En caso afirmativo, la dirección MAC origen, la dirección MAC destino y los datos son enviados al buffer para su procesamiento.

A continuación verifica el código de error de la trama, dándola por correcta o errónea.

También verifica la longitud de la trama, y si es más pequeña de 64 octetos la descarta.

Si lo que lee es consecuencia de colisión, envía una secuencia de jamming y deja de transmitir.

Valores

Es habitual en Ethernet el empleo de los siguientes valores:

- Límite de intentos de transmisión = 16
- Tamaño de la señal de jamming = 48 bits
- IPG = 9,60 μ s (96 bits)

6.4. ***Dominio de colisión***

Dominio de colisión es aquel conjunto de dispositivos conectados físicamente entre sí, pero que en cada instante solo uno de ellos puede transmitir. Al área en el que cuando se produce una colisión esta es propagada se le llama *Dominio de Colisiones*.

En el caso de un concentrador, todos los dispositivos conectados a él forman un dominio de colisión.

Si tenemos varios concentradores conectados entre sí, en este caso solo hay un dominio de colisión.

Sin embargo, si la unión de 2 concentradores se hacen mediante el uso de un puente o un enrutador, cada concentrador es un dominio de colisión.

6.5. ***Ventana de colisiones***

En Ethernet, como protocolo de detección de colisiones (CSMA/CD), hay un tamaño mínimo de trama. La razón es que si una estación transmite, y se produce una colisión porque otra estación también está transmitiendo, ¿cuando tiempo tarda en conocerlo? La situación peor, es decir, la de tiempo máximo es lo que se llama la **ventana de colisiones**.

Este tiempo máximo es el que transcurre:

- desde que se propaga el primer bit de la trama de una estación
- más el tiempo que tarda en propagarse el primer bit de la señal de jamming de la otra estación que ha detectado primero la colisión.

Hay que dar tiempo a que si se produce una colisión entre las dos estaciones más lejanas el primer bit de la trama llegue a la estación más lejana (un T_p), ésta detecte la colisión y transmita su jamming (otro T_p).

En esta situación límite, si cuando llega el primer bit de la señal de jamming a la primera estación, ésta ya ha transmitido toda la trama, no detectará la colisión y dará por entregada correctamente dicha trama, cuando en realidad no ha sido así porque ha habido colisión.

La ventana de colisión, también llamada tiempo de vulnerabilidad T_v , nos permite conocer durante cuanto tiempo el sistema es vulnerable de que haya colisiones dado que una estación ha transmitido una trama.

En principio el 2 es como consecuencia del viaje de ida y vuelta de la trama, y el caso peor corresponde al de las dos estaciones más alejadas.

$$\text{ventana de colisión} = 2 \cdot T_{p \text{ max}}$$

Por otro lado se define como **diámetro de la red** (DR) a la distancia entre los dos dispositivos más alejados.

Por todo lo expuesto el tamaño mínimo de trama L_{min} vale

$$L_{\text{min}} = \text{ventana de colisión} / T_b$$

Siendo T_b el tiempo de bit y la ventana de colisión

$$\text{Ventana de colisión} = 2 \cdot T_{p \text{ max}} = 2 \cdot (DR / v_p)$$

Siendo v_p la velocidad de propagación.

El protocolo 802.3/Ethernet ha establecido el tamaño de trama mínima en 64 octetos, es decir, 512 bits.

En consecuencia para la velocidad de 10 Mbps, el diámetro máximo de red es

$$\text{Ventana de colisión} = L_{\text{min}} \cdot T_b = 512 \cdot (1 / 10000000) = 0,0000512 \text{ seg.}$$

$$DR = (0,0000512 \cdot v_p) / 2 = 0,0000256 \cdot v_p$$

La velocidad de propagación depende del medio de transmisión empleado, que puede ser cable de cobre o fibra óptica.

Para 100 Mbps, el diámetro máximo de red vale

$$DR = (0,00000512 \cdot v_p) / 2 = 0,00000256 \cdot v_p$$

Es decir, 10 veces menos.

Sin embargo el empleo de concentradores activos, introduce unos retardos por cada uno de ellos que se encuentren entre los dos dispositivos más alejados.

Por esta razón en estos casos la ventana de colisión vale

$$\text{Ventana de colisión} = 2 \cdot T_{p_{\max}} + \text{suma de retardos de los enlaces} + \text{suma de los retardos de los repetidores} + \text{retardo NIC}_1 + \text{retardo NIC}_2$$

Siendo retardo NIC el tiempo de procesamiento en la tarjeta de red del dispositivo.

Las configuraciones básicas definen el tamaño máximo de un segmento Ethernet, en 10Base2 es de 185 mt, en 10Base5 es de 500 mt, en 10BaseT es de 100 mt y en 10BaseF depende si se emplea fibra multimodo o monomodo. Si queremos aumentar el tamaño de la red (Diámetro de la Red) hasta su tamaño máximo (Diámetro Máximo de la Red) hay que utilizar repetidores.

Las configuraciones básicas definen cual es el diámetro máximo de la red: en un 10Base2 es de 1 Km y en un 10Base5 es de 2.5 Km.

Primitivas

Las funciones necesarias para el funcionamiento del protocolo se llaman primitivas y en el caso del protocolo 802.3/Ethernet son:

- request. Esta función consiste en una solicitud del protocolo 802.3/Ethernet al protocolo de nivel superior, que en la actualidad es el 802.2
- Indication. Esta función consiste en recibir una notificación de sucesos procedente del protocolo de nivel superior. En la actualidad es el 802.2
- Confirm. Esta función consiste en una respuesta a una solicitud del protocolo de nivel superior, es decir, el 802.2

7 **Fast Ethernet**

7.1. **Físico**

La característica más importante es su velocidad de 100 Mbps. Para obtener esta velocidad hay que usar codificaciones digitales más complejas. La estructura de la trama es exactamente igual que el protocolo Ethernet.

Los tipos son:

- 100BaseTX. El medio de transmisión es cable de cobre UTP clase 5 usando 2 pares trenzados. Es posible usar STP pero no lo recomiendan. El conector que se emplea es RJ-45. Su codificación es MLT-3. La transmisión es full-duplex.
- 100BaseFX. El medio de transmisión es cable de fibra óptica. Su codificación es la misma que el protocolo FDDI, es decir, 4B/5B-NRZI. La transmisión es full-duplex.
- 100BaseT4. El medio de transmisión es cable de cobre UTP clase 3. La señalización 4T+ emplea un par de hilos para detectar la colisión y los otros 3 pares para la transmisión de datos. Soporta operación full-duplex. La especificación IEEE 802.3u para redes 100BaseT4 permite un máximo de dos repetidores y un diámetro máximo de red de 200 m..

Tanto los concentradores como los conmutadores permiten puertos con las velocidades de 10 y 100 Mbps (puertos en 10Base y puertos en 100Base). Además es posible conectar un 10BaseT a un 100BaseTX/T4. La tarjeta usa un mecanismo de autonegociación, que consiste en un pulso eléctrico de integridad que le permite detectar si las tarjetas son de velocidad de 10 Mbps o 100 Mbps.

7.2. ***Repetidores***

Fast Ethernet define dos tipos de repetidores: clase I y clase II.

Repetidores Clase I

El repetidor clase I está pensado como un concentrador 100BaseT/F al que sólo hay conectados estaciones, pero no otro repetidor.

Sus características son:

- Solo se puede emplear un repetidor Clase I en una red Fast Ethernet.
- Permite puertos T4, TX y FX en el mismo repetidor.

Repetidores Clase II

Si queremos conectar dos concentradores 100Base hay que definir un estándar que cumpla los requisitos Ethernet, es decir, un Máximo Diámetro de la Red dependiente de la ventana de colisiones. Ese estándar es el clase II. El clase II se puede usar como un solo repetidor o conectado a un segundo repetidor (también clase II) a través del llamado “up-link port”. Este cable tiene una longitud máxima de 5 metros que es la máxima distancia que se permite entre dos concentradores 100Base.

Eso hace que los clase II no sean muy utilizados. Si queremos aumentar el número de puertos de un clase I dentro del mismo dominio de colisiones, podemos usar otra técnica distinta a la de interconectar dos concentradores: usar repetidores apilables (en inglés “stackable”).

Sus características son:

- Uno o dos repetidores Clase II en un red Fast Ethernet.
- Los dos repetidores se conectan con un puerto de 5 m.
- Todos los puertos son T4.
- Todos los puertos son TX y FX.

Repetidores apilables

Un concentrador apilable es un clase I que interconecta los buses internos a través de una conexión interna (“Intra-hub connection”). De esta forma escalamos el repetidor para que permita más puertos 100Base dentro del mismo dominio de colisiones.

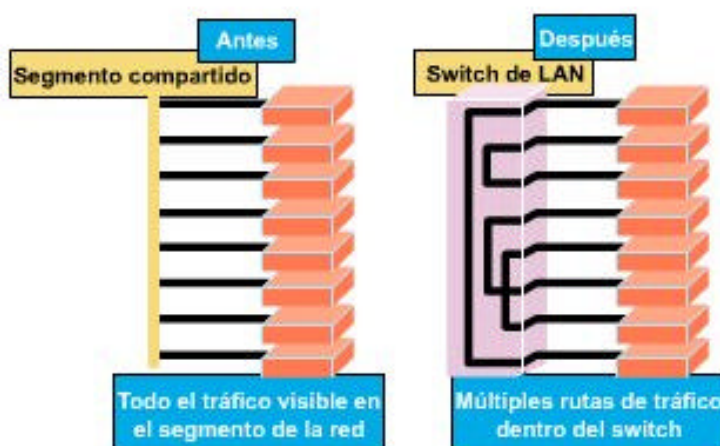
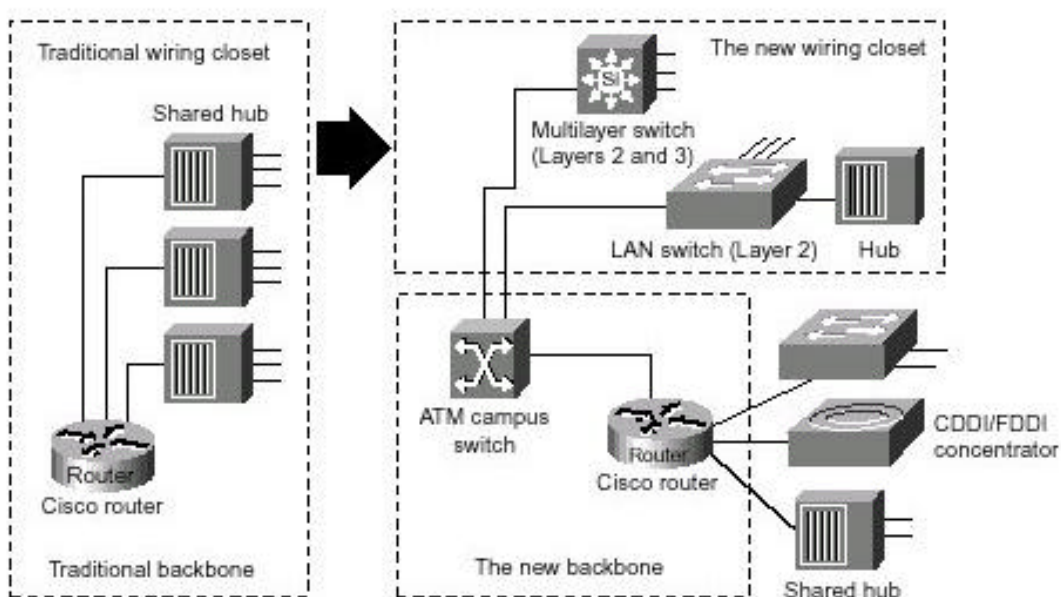
Se llaman apilables porque los repetidores se colocan uno encima de otro. Notar que la conexión Intra-hub no es una conexión entre dos puertos 100Base, las tramas no tienen que ser traducidos por el nivel físico, sino que se transmiten digitalmente por el bus. Se puede ver como un alargamiento del bus interno, por consiguiente no es una conexión entre dos concentradores.

La desventaja que tiene esta técnica es que los concentradores apilables no están estandarizados, por lo que deben ser del mismo fabricante para que la conexión Intra-hub sea compatible.

8 *Conmutadores / Switches*

La tecnología de los concentradores hace que las redes compartan estos recursos, de aquí su concepción de redes compartidas.

Sin embargo el uso de conmutadores en vez de concentradores, hace que la filosofía sea distinta, de forma que con estos equipos, los conmutadores, se aumenta su ancho de banda teórico.



Fuente: Cisco

Los switches o conmutadores son dispositivos que conectan dos redes a nivel de enlace, transmitiendo tramas basándose en las direcciones MAC destino.

Los segmentos conectados por conmutadores pertenecen a distintos dominios de colisión.

Sus componentes son:

1. Procesadores de tramas Ethernet.
2. Matriz de conmutación por puntos de cruce.
3. Kernel en tiempo real.

Se caracterizan por:

- Incrementar el Throughput de la LAN.
- El uso del "Spanning Tree Algorithm" para evitar bucles cerrados en el caso de varios conmutadores conectados entre si. Este algoritmo lo emplea el protocolo que permite a los conmutadores intercambiarse las tablas de direcciones MAC que hay en cada puerto.

Hay dos tipos de conmutadores:

- 1.1. Cut-Through Switching
- 2.1. Store-and-Forward Switching

8.1. ***Cut-Through Switching***

Este tipo de conmutador retransmite las tramas después de que algunos bits acaban de ser recibidos, es decir, antes de leer toda la trama, ya empieza a retransmitirla.

Esta es la razón por la que reenvía cualquier tipo de trama, ya sean correctas o no, tales como:

- “runt frames”. Se entiende por “runt frame”, una trama con un tamaño menor al tamaño mínimo de un paquete Ethernet (64 bytes). Si la retransmisión de la trama es después de leer más de 64 octetos, el propio switch puede detectar las runt frames.
- Tramas erróneas.

Este tipo de conmutadores se congestionan fácilmente.

8.2. ***Store-and-Forward Switching***

Este tipo de conmutador retransmite tramas después de recibir todos los bits de la trama.

Se caracteriza por:

- No retransmitir tramas erróneas y “runt frames” .
- No se congestiona tan fácilmente como un conmutador Cut-Through.
- Desventaja: mayor latencia debido al almacenamiento previo de toda la trama.

Estos conmutadores emplean tres clases de topologías de almacenamiento:

- Buffers de entrada: problema Head Of Line (HOL).
- Buffers de salida: puede haber congestión si los buffers son pequeños.
- Buffers compartidos: si es necesario permite implementar otras disciplinas de planificación a FIFO.
- Combinación de las distintas topologías.

8.3. **Conmutadores híbridos**

También existen conmutadores híbridos de los tipos anteriores. Por ejemplo un conmutador del tipo Store-and-Forward y Cut-Through. En este caso depende de las circunstancias del estado y tráfico de la red, emplea un tipo u otro.

Así podemos establecer que

- Si no hay congestión y la tasa de errores es pequeña, emplea el método Cut-Through.
- Si hay congestión o la tasa de errores es alta, emplea el método Store-and-Forward.
- Conmutación adaptativa: la decisión de usar Cut-Through o Store-and-Forward se toma trama-a-trama.

8.4. **Conmutación a nivel 2 y 3**

Existen dos métodos de conmutación de tramas de datos:

- conmutación a nivel 2 y
- conmutación a nivel 3.

La conmutación es el proceso de tomar una trama que llega de una interfaz y enviar a través de otra interfaz. Los enrutadores utilizan la conmutación de nivel 3 para enrutar un paquete; los conmutadores utilizan la conmutación de nivel 2 para enviar tramas.

La diferencia entre la conmutación de nivel 2 y nivel 3 es el tipo de información que se encuentra dentro de la trama y que se utiliza para determinar la interfaz de salida correcta. Con la conmutación de nivel 2, las tramas se conmutan tomando como base la información de la dirección MAC. Con la conmutación de nivel 3, las tramas se conmutan tomando como base la información del protocolo de nivel de red.

Si el conmutador de nivel 2 no sabe dónde enviar la trama, realiza una solicitud de broadcast de la trama desde todos sus puertos hacia la red a fin de saber cuál es el destino correcto. Una vez que vuelve la trama de respuesta, el conmutador aprende la ubicación de la nueva dirección y agrega dicha información a la tabla de conmutación.

9 ***Congestión en Ethernet***

En el caso de redes Ethernet, donde el problema de la existencia de colisiones es fundamental, es muy importante el diseño de estas redes en cuanto a la ubicación de los servidores respecto a las estaciones cliente.

Los servidores son aquellos dispositivos que sirven ficheros a varias estaciones cliente, de aquí que una ubicación equivocada, puede generar muchas colisiones con la consiguiente pérdida de eficiencia.

Esta problemática es la que se conoce como “The funnel problem”:

En cuanto a las soluciones:

- Se debe distribuir la carga tanto como sea posible. Por ejemplo que los clientes tengan tarjetas de red de 10 Mbps y la tarjeta de red del servidor de 100 Mbps.
- Se deben poner los servidores siempre en enlaces full-duplex conmutados. Los clientes se podrían poner en transmisión half-duplex.

¿Cómo se gestiona la congestión? Hay dos posibles alternativas:

- Descartar tramas:
 - Dado que es un protocolo de nivel de enlace, los protocolos de nivel superior solicitarán la retransmisión de las mismas (e.g. TCP que usa mecanismo de ventana deslizante).
 - Puede tener un gran impacto en la eficiencia de la red.
- Back-pressure: previene a los nodos conectados a un puerto de transmitir tramas. Esto se puede conseguir:
 - Forzando colisiones mediante el uso de una trama vacía (dummy packet).
 - Enviando un “jabber” (señal de larga duración que inhiba el puerto).

10 **LANs no cableadas**

El estándar IEEE 802.11 como protocolo del proyecto 802 que es, define el nivel físico y el nivel de acceso al medio (MAC) para una red de area local no cableada. El estándar define tres niveles físicos distintos para las LAN no cableadas 802.11, cada uno operando en un rango de frecuencias distintas y a velocidades diferentes.

En la actualidad hay dos normas la IEEE 802.11b y la IEEE.11a. La empleada habitualmente es la primera y su compatibilidad viene regida por la etiqueta Wi-Fi.

IEEE 802.11b: Trabaja en la frecuencia de 2,4 Ghz con una velocidad máxima de transmisión de 11 Mbps y modulación DSSS.

IEEE 802.11a: Trabaja en la frecuencia de 5 Ghz y velocidades de transmisión hasta 54 Mbps. Su modulación es OFDM.

10.1. **Canales de transmisión**

El estándar 802.11b está diseñado para operar en la banda de frecuencias entre 2,4 y 2,4835 GHz. Esta banda tiene la peculiaridad de que es de uso libre y por lo tanto no hay que tener ningún permiso especial ni pagar cuota alguna para su utilización.

Dado que esta banda de 2,4 a 2,5 GHz es de uso libre, cada usuario es responsable de las posibles interferencias que pueden haber entre usuarios, además teniendo en cuenta que la no existencia de control tanto es en el ámbito de las bandas como en cuanto a sus potencias (en Europa se recomienda un máximo de 100 mW).

Dentro de esta banda se definen hasta 14 canales, cada uno de ellos de 22 MHz con una separación entre ellos de 5 Mhz. Esto provoca una superposición entre canales adyacentes como se puede ver en la figura.

Por esta razón se recomienda en una instalación el uso de como máximo tres canales, de forma que no se superpongan y por tanto no se interfieran. En España son los siguientes:

- Canales 1 – 6 – 11
- Canales 2 – 7 – 12

- Canales 3 – 8 – 13

Table 112-- European operating channels (except France and Spain)

Set	Number of channels	HR/DSS channel numbers
1	3	1, 7, 13
2	7	1, 3, 5, 7, 9, 11, 13

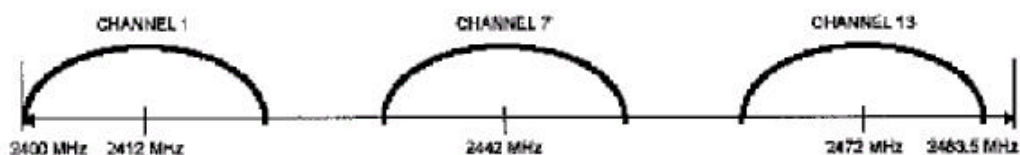


Figure 143-- European channel selection--non-overlapping

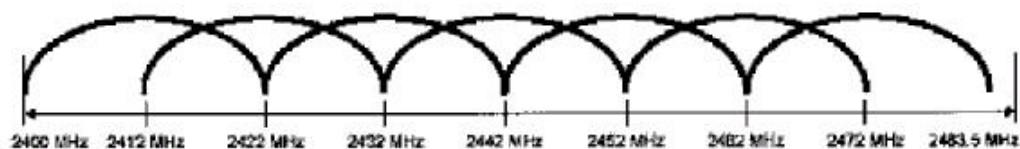
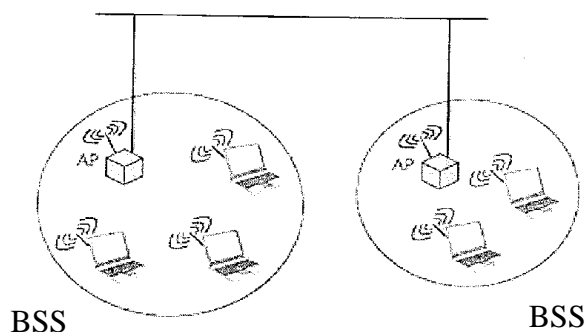


Figure 144-- European channel selection--overlapping

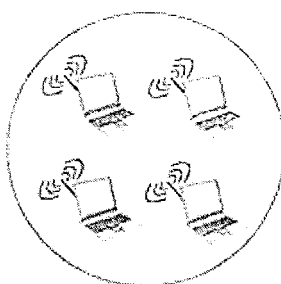
10.2. **Arquitectura LAN 802.11**

Los principales componentes de la arquitectura LAN no cableada 802.11 se encuentran representados en la figura siguiente. El bloque fundamental de esta arquitectura es la celda, conocida como BSS (Basic Service Set). Una celda BSS consta de una o más estaciones inalámbricas y una estación central base, conocida como AP (Access Point) en la terminología 802.11

Las estaciones inalámbricas, que pueden ser fijas o móviles, y la estación central base se comunican entre ellas mediante el protocolo IEEE 802.11. Múltiples APs se pueden conectar juntos mediante redes cableadas, conformando lo que se llama un Sistema de Distribución (DS). Un Sistema de Distribución (DS) es una sola red 802 a efecto de los protocolos de niveles superiores, ya que la parte inalámbrica emplea el protocolo 802.11 y en la parte cableada el Ethernet o 802.3. A este tipo de arquitectura se le denomina “**modo infraestructura**”



Las estaciones IEEE 802.11 también se pueden agrupar para formar una red “ad hoc” como se puede ver en la figura siguiente. Así una red “**ad hoc**” es una red sin control central ni conexiones con el mundo exterior. En este caso la red además de no disponer de cable alguno, no emplea ningún Punto de Acceso (AP).



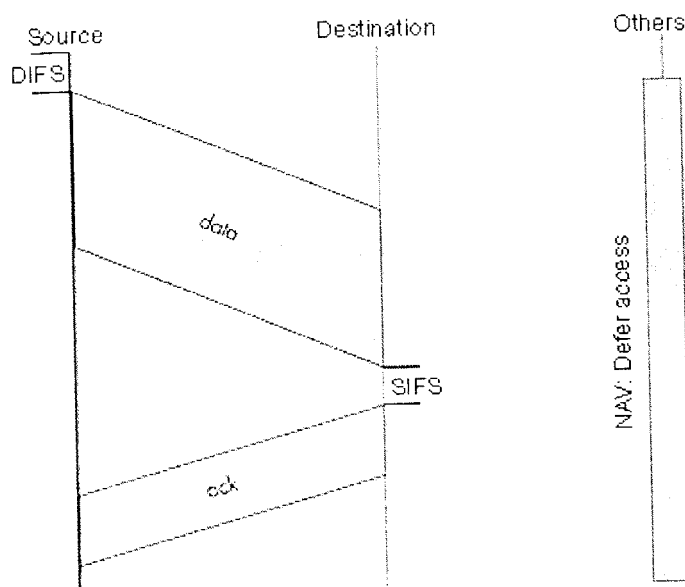
10.3. **Protocolos de Acceso al Medio 802.11**

Igual que en una red Ethernet cableada 802.3, las estaciones en una red no cableada IEEE 802.11 deben coordinar sus accesos y el uso del medio de transmisión compartido, que en este caso es la frecuencia radio. El protocolo IEEE 802.11 es un protocolo CSMA/CA (Carrier Sense Multiple Access) con Prevención de Colisión.

Un protocolo CSMA consiste en que una estación antes de enviar una trama, verifica si el medio está ocupado. En la especificación 802.11, el nivel físico monitoriza el nivel de energía de la frecuencia de radio con el fin de determinar si hay otra estación transmitiendo y además suministra la información de detección de portadora al protocolo del subnivel MAC correspondiente. Si el medio está libre

durante un tiempo igual o mayor que el DIFS (Distributed Inter frame Space), entonces una estación está autorizada a transmitir. Como en el caso de un protocolo de acceso aleatorio, la trama será recibida correctamente en la estación de destino si no han habido interferencias durante la transmisión desde la estación origen.

Cuando una estación receptora ha recibido correctamente y completamente una trama de la cual era el destinatario, a continuación espera un corto período de tiempo, conocido como SIFS (Short Inter Frame Spacing) y luego envía una trama de reconocimiento explícito al transmisor. Este reconocimiento a nivel de enlace de datos permite al transmisor saber si el receptor ha recibido verdaderamente y correctamente la trama de datos enviada al receptor. Este reconocimiento explícito es necesario porque, a diferencia del Ethernet cableado, el transmisor inalámbrico no puede determinar por sí mismo si la transmisión de la trama fue recibida satisfactoriamente en destino. La transmisión de la trama por la estación transmisora y su reconocimiento subsiguiente por la estación destino se representa en la figura siguiente.



En esta figura se ilustra el caso cuando el transmisor escucha el medio para verificar si está vacío. ¿Qué sucede si el medio está ocupado? En este caso, la estación realiza un proceso de backoff similar al del protocolo Ethernet. En el caso de que la estación detecta que el medio está ocupado, demorará su acceso hasta que el medio esté vacío. Una vez detecta que el medio está vacío durante un tiempo igual o mayor que el DIFS, la estación espera un tiempo adicional de backoff. Una vez ha transcurrido el tiempo de backoff, la estación transmite la trama. Como en el caso Ethernet, el temporizador aleatorio de backoff sirve para

evitar el inicio simultáneo de transmisión de varias estaciones, es decir, con el fin de evitar sucesivas colisiones después de un tiempo de inactividad DIFS. Como en el caso Ethernet, el tiempo de backoff es el doble cada vez que la transmisión de una trama experimenta una colisión.

A diferencia del protocolo Ethernet 802.3, el protocolo 802.11 no implementa la detección de colisiones. Hay dos razones para ello:

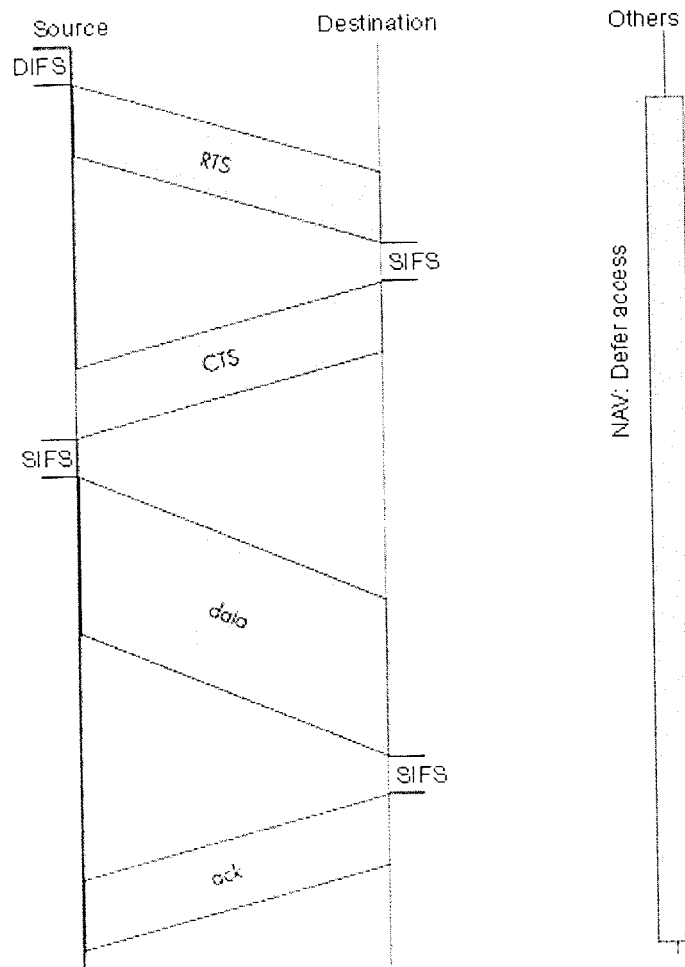
- La posibilidad de detectar colisiones requiere la posibilidad de enviar y recibir al mismo tiempo, cosa que no sucede en el protocolo 802.11. No puede enviar su propia señal y recibir otra simultáneamente con el fin de determinar si las transmisiones de otra estación están interfiriendo con la propia transmisión.
- Mas importante aún, si una estación tuviese detección de colisión y no la detectara cuando envía, puede haber una colisión en el receptor y no detectarla.

Esta situación resulta que es una de las características del medio inalámbrico. Supongamos que la estación A está transmitiendo a la estación B y que también al mismo tiempo la estación C está transmitiendo a la estación B. En el caso de que estemos frente al problema de la estación escondida (hidden terminal), las obstrucciones físicas en el entorno pueden hacer que A y C no se puedan escuchar las transmisiones del otro, aunque las transmisiones de A y C con destino a B se estén interfiriendo entre ellas.

Una segunda situación en el que no es posible detectar las colisiones en el receptor es el “fading” o atenuación de la señal a medida que se propaga a través del medio inalámbrico.

Dadas estas dificultades para detectar las colisiones en el receptor, los diseñadores del IEEE 802.11 desarrollaron un protocolo de acceso al medio para evitar las colisiones (CSMA/CA), en vez de detectar y recuperarse de las colisiones (CSMA/CD). Primero la trama IEEE 802.11 contiene un campo de duración en que la estación transmisora indica explícitamente la cantidad de tiempo que su trama será transmitida en el medio. Este valor permite a las demás estaciones determinar la cantidad mínima de tiempo, llamado NAV (Network Allocation Vector), durante el cual retrasarán su acceso al medio.

El protocolo 802.11 también puede usar una trama corta de control RTS (Request To Send) y una trama corta CTS (Clear To Send) para reservar el acceso al medio. Cuando un transmisor quiere enviar una trama, puede enviar primero una trama RTS al receptor, indicando la duración del paquete de datos y el paquete ACK. Un receptor que recibe una trama RTS responde con una trama CTS, dando un permiso explícito al transmisor para enviar. Entonces todas las demás estaciones que oyen el RTS y el CTS, saben que hay una transmisión pendiente de datos y así pueden evitar la interferencia con estas transmisiones. Un transmisor IEEE 802.11 puede operar ya sea usando las tramas de control RTS/CTS, o simplemente enviando sus datos sin usar antes la trama de control RTS.



El uso de las tramas RTS y CTS ayudan a evitar colisiones de dos maneras:

- Debido a que la trama CTS transmitida por el receptor será oída por todas las estaciones dentro del radio de acción del receptor, la trama CTS ayuda a evitar el problema de las estaciones escondidas y el problema de la atenuación o "fading".
- Debido a que las tramas RTS y CTS son cortas, una colisión de una trama RTS o CTS durará un tiempo muy pequeño. Fijémonos que cuando las tramas RTS y CTS se transmiten correctamente, es seguro que en la transmisión de datos subsiguiente y de la trama ACK no hay colisiones.