

TOPOLOGÍAS DE REDES

1 TECNOLOGÍA ETHERNET

La red Ethernet es la tecnología de red de área local (Lan) más ampliamente usada. La versión original de Ethernet más popular soporta transferencias a 10 Mega bits por segundo. Las versiones nuevas llamadas *Fast Ethernet* (Ethernet rápida) y *Gigabit Ethernet*, soportan transferencias a 100 Mega bits y 1000 Mega bits (1 Gigabit) por segundo respectivamente.

Una red Ethernet puede usar cable coaxial, cable de pares retorcidos (UTP) o fibra óptica. Las configuraciones de cableado *Bus* y *Estrella*, son las topologías soportadas por esta tecnología y luego serán estudiadas en detalle. Todos los dispositivos que participan de una red Ethernet, compiten por acceder a la red, utilizando un protocolo llamado **CSMA/CD** (**C**arrier **S**ense **M**ultiple **A**ccess with **C**ollision **D**etection - *sensado de portadora de múltiple acceso con detección de colisiones*).

1.1 LA HISTORIA DE ETHERNET

El primer sistema experimental Ethernet, fue desarrollado a los principios de los '70 por Bob Metcalfe y David Boggs del Centro de Investigaciones de Palo Alto de Xerox.

En 1979, Digital Equipment Corporation (DEC), Intel y Xerox se juntaron con el propósito de estandarizar el sistema Ethernet, para que cualquier compañía lo pudiese utilizar. En septiembre de 1980 las tres compañías lanzaron la versión 1.0 de la primera especificación Ethernet, llamada *Ethernet Blue Book* (Ethernet Libro Azul) o estándar **DIX** (por las iniciales de las tres compañías). Habían definido el sistema *Thick Ethernet* (Ethernet grueso), basado en **10 Mega bits por segundo** de velocidad de comunicación y el protocolo CSMA/CD. Fue conocido con ese nombre por el cable coaxial usado para interconectar a los dispositivos (RG211) que era bastante grueso.

En 1983, el Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electricistas (IEEE), que es un organismo que establece estándares industriales, lanzó el primer estándar para la tecnología Ethernet. Fue desarrollada por el grupo de trabajo del comité **IEEE 802**. El título formal del estándar fue *IEEE 802.3 Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection (CSMA/CD) Access Method and Physical Layer Specification* (*especificación de capa física y método de acceso*). El grupo de trabajo realizando algunas modificaciones sobre el formato de las transmisiones, pero permitiendo que el formato anterior sea reconocido y compatible.

En 1985, el estándar **IEEE 802.3a** definió una segunda versión de Ethernet, conocida como *Thin Ethernet* (Ethernet Delgada), *Cheappernet* (red más barata) o **10Base-2**, que usaba un cable más delgado y más barato que el de la especificación original: el **RG58**.

En 1987 fueron lanzados dos estándares. Uno fue el **IEEE 802.3d** que definió el enlace entre repetidores por fibra óptica (**FOIRL** - Fiber Optic Inter Repeater Link) que permitió extender el alcance entre repetidores a 10 Mega bits por segundo, hasta 1 Kilómetro (un **repetidor**, es un dispositivo electrónico que nos permite enlazar segmentos de red para extender su alcance, y se estudiarán en una clase posterior).

El otro fue el **IEEE 802.3e** definiendo un estándar Ethernet en cable de pares retorcidos a 1 Megabit por segundo. Este estándar nunca fue ampliamente usado.

En 1990 se ha desarrollado el mayor avance en la tecnología Ethernet, cuando se introdujo la especificación del estándar **IEEE802.3i 10Base-T**. Permitted operar a 10 Megabits por segundo sobre un cable de pares retorcidos categoría 3 sin blindaje (**UTP: Unshielded Twisted Pair** - par retorcido sin blindar). Como había una amplia base de cableado de este tipo para telefonía, existente en los edificios, esto creó una gran demanda de tecnología **10Base-T**. Esta especificación facilitó las tareas de expansión, reparación y mantenimiento de las redes Ethernet.

En 1993 fue lanzado el estándar **IEEE 802.3j** para **10Base-F** (FP, FB y FL), el cual permitió enlaces sobre distancias más largas (2Km) vía dos cables de fibra óptica. Este estándar actualizó y expandió el anterior estándar **FOIRL**.

En 1995 el IEEE mejoró el desempeño de las redes Ethernet en un factor de 10, cuando lanzaron el estándar **802.3u 100Base-T**. Esta versión de Ethernet es la más conocida como "Ethernet Rápida" (*Fast Ethernet*). Soporta tres tipos de medios:

- 1) **100Base-TX** opera sobre dos pares de cables UTP Categoría 5 o superior.
- 2) **100Base-T4** (o **100Base-VG** - Voice Grade - Grado Voz) opera sobre cuatro pares de cable UTP categoría 3 o superior.
- 3) **100Base-FX** opera sobre dos cables de Fibra Óptica en multimodo.

En 1997 el estándar **IEEE 802.3x** definió la operación **Ethernet Full Dúplex**. La operación Full Dúplex sobrepasa el protocolo CSMA/CD para permitir a dos estaciones comunicarse a través de un enlace punto a punto en forma bidireccional simultánea. Efectivamente dobla la velocidad de transferencia, ya que las estaciones pueden transmitir simultáneamente en dos canales separados. El protocolo Full Dúplex es aplicable a 10, 100 y más Megabits por segundo. También en 1997 se lanzó el estándar **802.3y 100Base-T2** para operar a **100 Megabits** sobre **dos pares** de cable balanceado **UTP categoría 3**.

En 1998 el IEEE otra vez mejoró el desempeño de Ethernet en un factor de 10, cuando lanzó el estándar **IEEE 802.3z 1000Base-X**. Esta versión es la más conocida como "Gigabit Ethernet". Tres tipos de medios están soportados:

- 1) **1000Base-SX** que opera con un láser de 850nm sobre fibra en multimodo.
- 2) **1000Base-LX** que opera con un láser de 1300nm sobre fibra en mono y multimodo.
- 3) **1000Base-CX** que opera sobre cobre en par retorcido blindado "twin axial".

También fue lanzado en 1998 el estándar **IEEE 802.3ac** que define extensiones para soportar Lan Virtuales (**VLAN**).

En 1999 el estándar **802.3ab 1000Base-T** definió la operación a **1 Gigabit por segundo** sobre **cuatro pares** de cable **UTP Categoría 5** o superior.

1.2 ETHERNET HALF DUPLEX: PROTOCOLO DE ACCESO AL MEDIO - CSMA/CD -

El protocolo de acceso al medio CSMA/CD (*Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection - sensado de portadora de múltiple acceso con detección de colisiones*) es la forma tradicional de acceso de *Ethernet Half Duplex* (Half Duplex es el modo de usar un medio de comunicación, por el cual sólo una transmisión a la vez puede estar en curso).

Con CSMA/CD, dos o más estaciones comparten un medio común de comunicación. Para transmitir un "**Frame**" <freim> (Trama: paquete de datos con un formato estandarizado), una estación debe esperar por un lapso de descanso del medio, donde ninguna estación transmita información. Luego comienza la transmisión del frame, el cual es "escuchado" por todas las estaciones conectadas. Si alguna estación trata de enviar datos al mismo tiempo, una "**colisión**" ocurre. Las estaciones que colisionaron, deben permanecer en silencio por un tiempo establecido al azar, antes de reintentar la operación fallida. Este procedimiento es repetido hasta que el frame es eventualmente transmitido exitosamente.

Las reglas básicas para transmitir un frame son las siguientes:

- 1) La red es examinada por la presencia de una "portadora", o presencia de una transmisión en curso. Este proceso se lo conoce como "sensado de portadora".
- 2) Si una portadora es detectada, luego la transmisión es diferida. La estación continuará examinando la red hasta que cese la portadora.
- 3) Si una portadora activa no es detectada y el período de silencio es mayor o igual a la brecha existente entre frames transmitidos, luego la estación comenzará a transmitir inmediatamente.
- 4) Mientras está transmitiendo la información, examina al mismo tiempo la información que sale al medio, en busca de una colisión.
- 5) Si una colisión es detectada, la estación detiene la transmisión inmediatamente y envía una secuencia de 32 bits (**jam sequence** - secuencia de bloqueo) para asegurar que la colisión sea detectada por la o las otras estaciones.
- 6) Luego de la secuencia de bloqueo, las estaciones participantes de la colisión, deberán esperar un tiempo tomado al azar antes de reintentar la operación. La probabilidad de repetir la colisión es reducida, debido a la espera impuesta al azar.
- 7) Si la colisión se repite, luego la transmisión será repetida, pero duplicando los tiempos de espera que se tomaron inicialmente, para reducir aún más la posibilidad de una nueva colisión.
- 8) Este proceso se repite hasta que una estación logre transmitir exitosamente un frame sin colisión.

1.3 EL TIEMPO DE RANURA (SLOT TIME)

El "slot time" es un parámetro clave para la operación de Ethernet Half Duplex. Está definido como el tiempo empleado para transmitir 512 bits en una red de 10 y de 100 Megabits por segundo, y de 4096 bits para Gigabit Ethernet.

Para asegurar que cada estación transmisora detecte confiablemente las colisiones, el mínimo tiempo de transmisión para un frame completo debe ser al menos de un "slot time", y que el

tiempo requerido para que las colisiones se propaguen a todas las estaciones en la red debe ser menor a un "slot time".

Las señales transmitidas por las estaciones Ethernet encuentran retardos a medida que viajan a través de la red. Estos retardos se deben a las demoras que sufren las señales en su viaje por el cable de la red y de los retardos lógicos encontrados cuando la señal deben pasar por componentes electrónicos, como placas de red (NICs) y repetidores.

Cuanto haya segmentos más largos y mayor cantidad de repetidores entre las estaciones, tanto más se incrementará el *tiempo de propagación* desde una punta hasta la otra de la red.

Para que una estación pueda detectar que su transmisión ha encontrado una colisión, su señal debe propagarse a través de la red con la velocidad suficiente como para llegar hasta la otra estación que transmite, y regresar hasta origen antes de haber finalizado la transmisión del frame.

Si el tiempo de propagación de la red es superior al slot time, alguna estación podría completar la transmisión del frame sin enterarse que ha colisionado. Este fenómeno se conoce como "colisión tardía" y se considera una falla, ya que es el software de aplicación quien debe ahora hacerse cargo del problema de la retransmisión.

El slot time para Gigabit Ethernet ha tenido que incrementarse a 4096 bits, ya que un slot time de 512 bits a un Gigabit por segundo, limitaría la longitud máxima de los segmentos a 20 metros como máximo, que por otro lado sería impracticable. Con la corrección del slot time y el acotado de repetidores a sólo uno, una longitud de 200 metros puede ser soportada por Gigabit Ethernet.

1.4 ETHERNET FULL DUPLEX

El estándar IEEE 802.3x definió un segundo modo operativo para Ethernet, llamado "Full Duplex". A diferencia del protocolo CSMA/CD que describe el modo en que dos estaciones pueden transmitir información entre sí, de una a la vez, nunca simultáneamente, full duplex permite establecer comunicaciones bidireccionales simultáneas, sobre una línea de comunicación punto a punto.

Sólo es posible implementar sobre enlaces que provean caminos independientes para la transmisión y la recepción.

Los medios físicos que permiten operación Full Duplex, serán aquellos que permitan transportar transmisión y recepción simultánea, como **10Base-T**, **10Base-FL**, **100Base-TX**, **100Base-FX**, **1000Base-CX**, **1000Base-SX**, **1000Base-LS** y **1000BaseT**.

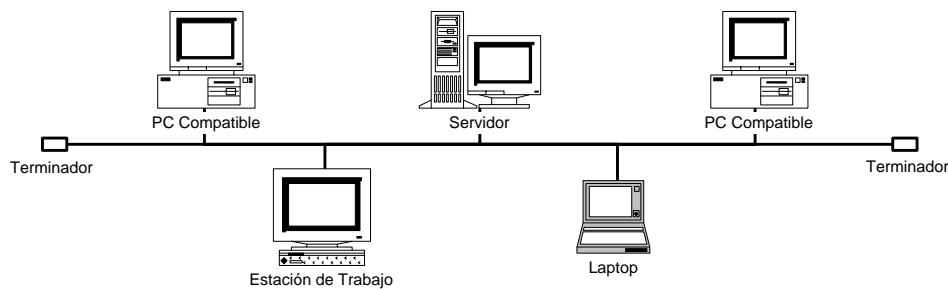
Los que **NO** soportan full duplex son: **10Base5**, **10Base2**, **10Base-FP**, **10Base-FB** y **100Base-T4**.

La operación full duplex está restringida a los enlaces punto a punto. Debido a que no hay contención para compartir el medio de transmisión (es exclusivo), el protocolo CSMA/CD es innecesario, pues las colisiones nunca ocurren. Ambas estaciones deben ser hábiles y deben estar configuradas para manejar transmisiones en full duplex.

Las ventajas de este modo de transmisión, son las siguientes:

- La velocidad efectiva del enlace se duplica, ya que se permiten transmisiones y recepciones simultáneas.
- La eficiencia del enlace está mejorada por la eliminación de las colisiones potenciales.
- Al no haber colisiones, se pueden aumentar las longitudes de los segmentos, ya que no tiene efecto el "slot time" estudiado anteriormente. Por ejemplo 100Base-FX en half duplex está limitado a 412 metros de longitud, pero se pueden alcanzar longitudes de segmento de hasta 2Km en full duplex.

2 ETHERNET 10 BASE 2: TOPOLOGÍA BUS

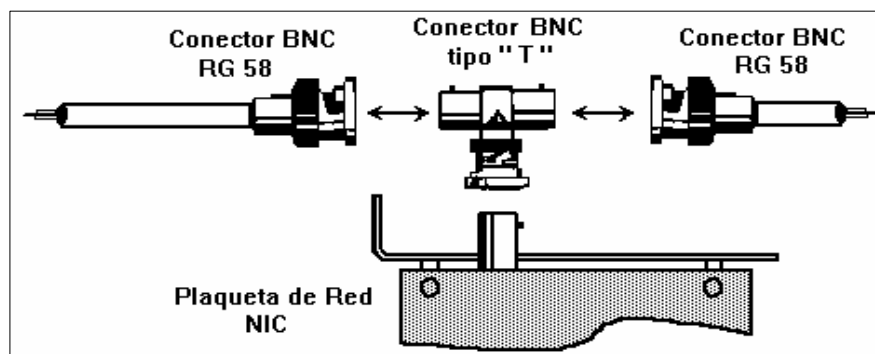


Bus o "barra", es la forma que adopta el cableado de una red Ethernet 10Base2. Como podemos observar en la figura, todos los equipos están conectados en cadena, y el cableado tiene un principio y un fin.

El Bus esta compuesto por un cable coaxial que interconecta a todos los equipos. La norma Ethernet 10base5, utilizaba un cable norma RG211, bastante caro y difícil de instalar. Posteriormente se normalizó a Ethernet 10base2. Esta última utiliza un cable RG58, que es mucho más económico y fácil de instalar. Por eso se popularizó como "Cheappernet" que en inglés significa "red más barata". La norma 10base5, hoy es obsoleta para todo propósito.

Cada nodo se arma con un conector BNC tipo "T" cuya rama central va a la interfaz de red (NIC) y los otros extremos a conectores "BNC" crimpados a un tramo de cable coaxial RG58.

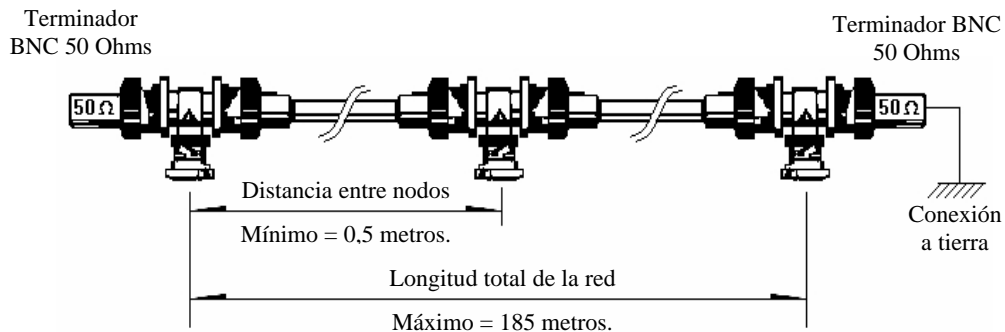
En el siguiente dibujo observamos los detalles constructivos de un nodo:



Detalle de los conectores empleados por nodo.

En el caso de tratarse de un nodo extremo, una de las extremidades de la "T" deberá cerrarse con un terminador BNC cuyo valor debe ser el de la impedancia del cable RG58, es decir cincuenta ohms.

Uno de los terminadores debe tener una conexión a tierra, para garantizar un mejor rechazo a las interferencias.



La norma Ethernet 10Base2 establece las medidas máximas y mínimas que deben emplearse en este cableado. El siguiente gráfico resume estas longitudes.

El esquema anterior representa un segmento de red (*Segmento Troncal*). La norma además establece que se pueden incluir hasta 30 nodos por cada segmento troncal Ethernet 10Base2.

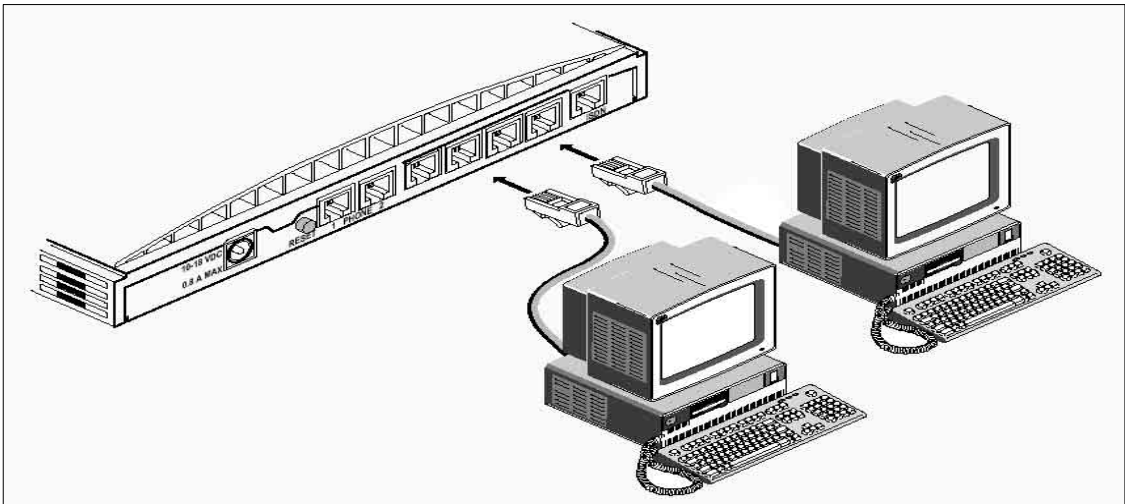


Detalle de un extremo del BUS.

3 ETHERNET 10 BASE-T: TOPOLOGÍA ESTRELLA

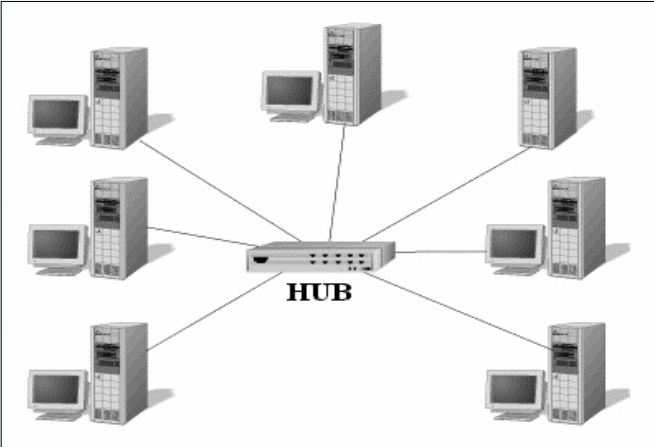
Aunque esta topología es más costosa, pues requiere mayor cantidad de cable que la topología BUS, y además requiere el uso de un HUB, es la topología preferida en la actualidad ya que si un nodo falla, no afecta el funcionamiento del resto de la red.

Si un segmento de la red 10 Base2 se corta, o si falta un terminador, toda la red deja de funcionar. En la topología estrella, no son necesarios los terminadores, y es inmune a los fallos en un segmento.



Ethernet topología estrella: Enlace de estaciones a través del HUB.

Todas las estaciones se intercomunican a través de un HUB. Cada segmento de red, como el mostrado en el dibujo anterior, puede tener una longitud de hasta 100m, ya sea para 10Base-TX, 100Base-T o 1000Base-T.



Topología Ethernet Estrella.

3.1 HUBS



Hubs de 16 y 24 bocas.

Un equipo central llamado HUB (del inglés: eje de la rueda) o también “concentrador”, permite la intercomunicación entre todas las máquinas. De él, parten cables a cada una de las PC que forman parte de la red.

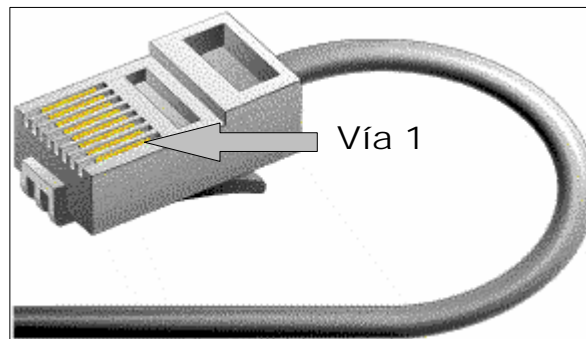
Integra bocas o “jacks” **RJ45** para cada segmento o nodo. Debemos adquirir un HUB con suficientes bocas **RJ45** como para interconectar todas las máquinas necesarias.

3.2 CONECTORIZACIÓN - NORMAS -

Los conectores empleados para esta topología son los **RJ45**, de aspecto similar a los empleados en telefonía.

Poseen ocho vías, para alojar los cuatro pares del cable UTP. Dos normas de conexionado son las más populares: EIA/TIA 568A y EIA/TIA 568B.

Estas normas establecen el orden de colores con que deben armarse los conectores RJ45. En la figura siguiente se observa la ubicación de la vía 1, y en la siguiente tabla los colores que deben ir en cada una de las vías.



Conector RJ45. Ubicación de la vía número uno.

Tabla de colores: Normas EIA-TIA

Vía No.	EIA/TIA – 568A	EIA/TIA – 568B
1	Blanco del Verde	Blanco del Naranja
2	Verde	Naranja
3	Blanco del Naranja	Blanco del Verde
4	Azul	Azul
5	Blanco del Azul	Blanco del Azul
6	Naranja	Verde
7	Blanco del Marrón	Blanco del Marrón
8	Marrón	Marrón

Para armar las fichas RJ45 es necesario adquirir una pinza crimpadora. Es importante que sea de buena calidad, para que las fichas queden bien armadas y no fallen con facilidad. Para armar un segmento, se debe elegir una de las dos normas listadas en la tabla, y armar **todos los conectores del mismo modo**.

4 TOKEN RING

Token Ring, es la red de área local más usada luego de las redes Ethernet. Fue definida por IBM en Zurich Suiza a principios de los '80. IBM promovió la estandarización bajo el grupo de trabajo IEEE 802.5. Introdujo su primer producto Token Ring (una NIC) para la PC, en octubre de 1985. Inicialmente trabajaba a 4 Megabits por segundo, pero en 1989 el producto es mejorado para soportar velocidades de 16 Megabits por segundo.

El estándar **802.5t** introducido en 1998 describe la forma de operación Token Ring a 100 Megabits por segundo, el grupo de trabajo del IEEE **802.5v** desarrolla el sistema **Gigabit Token Ring**.

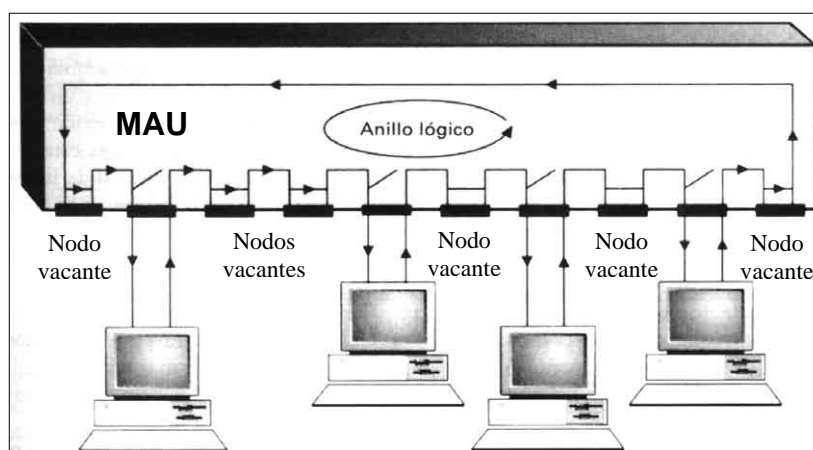
4.1 FUNCIONAMIENTO Y TOPOLOGÍA DE TOKEN RING

Las estaciones en una red Token Ring están organizadas en una **Topología Anillo**, con datos que se transmiten secuencialmente desde una estación del anillo a la próxima. El anillo está inicializado por un paquete de datos normalizado, llamado **Token** ("cospel"), que circula por toda la red. Una estación debe capturar el cospel para ganar el derecho a transmitir información a la red.

La estación que transmite, reemplaza el cospel por un **frame** que transporta información. Cuando el frame enviado al anillo completa su circuito, regresa a la estación transmisora. Ésta al recibirlo, comprueba si ha llegado intacto. Si ha sufrido daños en el viaje, lo retransmite hasta recibirlo en condiciones. Una vez logrado, libera al cospel nuevamente, para que otra estación pueda adquirir el derecho de transmisión.

4.2 CABLEADO DEL ANILLO

Si bien la tecnología basa su funcionamiento en la transmisión secuencial de estación a estación, completando un anillo cerrado, el cableado físico adopta una forma de estrella, cuyos brazos se unen en el centro en un elemento pasivo conocido como **MAU** (**Medium Access Unit - unidad de acceso al medio**). Esta unidad cumple la misión fundamental de cerrar el anillo, en el caso que una estación se desconecte o se apague. De otro modo, si el anillo se rompe, cesa toda posibilidad de comunicación, pues como se ha estudiado anteriormente, el cospel (**Token**) debe estar en circulación.



Token Ring: Funcionamiento del MAU.

En la figura anterior puede apreciarse que el MAU cierra internamente el anillo, cuando el nodo está desconectado, manteniendo así su integridad.

5 REDES INALÁMBRICAS (CSMA/CA)

Hablábamos más arriba del modo de trabajo que tienen las redes Ethernet, con el protocolo CSMA/CD como método de detección de colisiones; esta forma de acceso al medio funciona bien cuando es un medio guiado el que actúa como transporte (cable coaxial, pares retorcidos y fibra óptica). ¿Pero qué pasa en una red en donde el medio de transporte es el aire?

En este caso el mejor método es evitar las colisiones en vez de detectarlas. La razón de esto se basa en que, en radio frecuencia, el nodo que transmite no puede escuchar el medio para detectar colisiones. Entonces, se utiliza una variante del protocolo *CSMA/CD* llamado *CSMA/CA* (**C**arrier **S**ense **M**ultiple **A**ccess / **W**ith **C**ollision **A**voidance) una variante de *CSMA/CD* que evita las colisiones, por la palabra en Inglés *Avoidance* (Evitar, evadir). Este sistema consiste de 4 etapas: La primera es el envío de un *Frame* conocido como **RTS** (**R**equest **T**o **S**end) en castellano “Pedido de envío” con el objeto de poner en conocimiento a las otras estaciones que este nodo está en condiciones de transmitir datos, en la segunda las estaciones deben contestar con otro *Frame* llamado **CTS** (**C**lear **T**o **S**end) “Libre para enviar” si esto sucede, la tercera etapa consiste en que la estación que envió el *RTS* comience a transmitir los datos, y en la cuarta, una vez transmitidos los datos las estaciones que recibieron los paquetes deben contestar con otro *Frame* en señal de que estos llegaron en tiempo y forma llamado **ACK** (**A**cknowledgement) (Aceptación, acuse de recibo).

Ahora bien como vimos en la clase anterior en las redes inalámbricas WI-FI (802.11) hay dos formas de trabajo bien diferenciadas AD-HOC y otra llamada INFRASTRUCTURE, veamos como trabaja este protocolo en cada uno de estos formatos de redes 802.11:

Las redes AD-HOC, Peer to Peer desde el aspecto de la comunicación entre los equipos en donde todos son iguales, trabajan con un segundo protocolo llamado **DCF** (**D**istribution **C**oordination **F**unction) –Función de Distribución Coordinada- en donde todas las estaciones son las encargadas de ponerse de acuerdo en quien transmite y quien recibe.

La otra es el formato de Infrastructure, en donde se unen redes cableadas y no cableadas a través de uno o varios Access Point (Puntos de acceso). En este tipo de red el segundo protocolo utilizado es **PCF** (**P**oint **C**oordination **F**unction) –Función de Coordinación de Punto-, en donde es el Access Point el que coordina y distribuye las tareas de transmisión y recepción.

CUESTIONARIO CAPITULO 4

1.- *¿Qué es Ethernet?*

2.- *¿Por qué las redes Full Duplex pueden prescindir de CSMA/CD?*

3.- *Enumere las principales diferencias existentes entre las topologías bus y estrella.*

4.- *¿Qué es una colisión?*

5.- *¿Por qué en las redes Token Ring no hay colisiones?*
