

# 10

## RED LAN IEEE 802.3 – CSMA/CD RED ETHERNET – FAST ETHERNET

### 10.1. INTRODUCCIÓN

Este tipo de red, tipificada por un control de acceso CSMA/CD, fue implementada en un principio por Xerox, y luego por el grupo conformado por DEC, Intel y Xerox, que produjo la red tipo DIX. Finalmente, el IEEE generó su norma 802.3. La sigla CSMA/CD significa Acceso Múltiple por Percepción de Portadora con Detección de Colisiones (*Carrier Sensed Multiple Access with Collision Detection*).

### 10.2. PROCESO DE OPERACIÓN - TRAMA

La técnica CSMA/CD funciona de la siguiente manera:

1. Un dispositivo que desea transmitir “escucha” el bus, es decir, advierte la presencia de una portadora (*Carrier Sense*). Se emplea el método CSMA tipo 1 – persistente, también conocido como “escuchando mientras se habla” (*Listen While Talk - LWT*).
2. Si el *bus* está libre, entonces transmite una trama.
3. Si el *bus* está ocupado, esperará hasta que el *bus* esté libre, sólo entonces transmitirá. Si el canal está ocupado, continúa detectando hasta que el canal esté libre, sólo entonces transmitirá, pero luego de un retardo de 9,6 microsegundos (conocido como la separación de intertramas).
4. Mientras está transmitiendo, el dispositivo continúa monitorizando la línea. Si se detectase una colisión durante la transmisión, entonces se transmite una breve señal de interferencia (32 bits) para asegurar que todas las estaciones sepan que se produjo una colisión y deja de transmitir.
5. Después de transmitir la señal de interferencia, se espera una cantidad aleatoria de tiempo, entonces se intentará transmitir otra vez (repetir desde el paso 1). El número máximo de reintentos es 16 (llamado límite de intentos) incluyendo la primera transmisión. Al llegar a 16 intentos el paquete será descartado. Los excesivos reintentos nos indican que la red está sobrecargada.

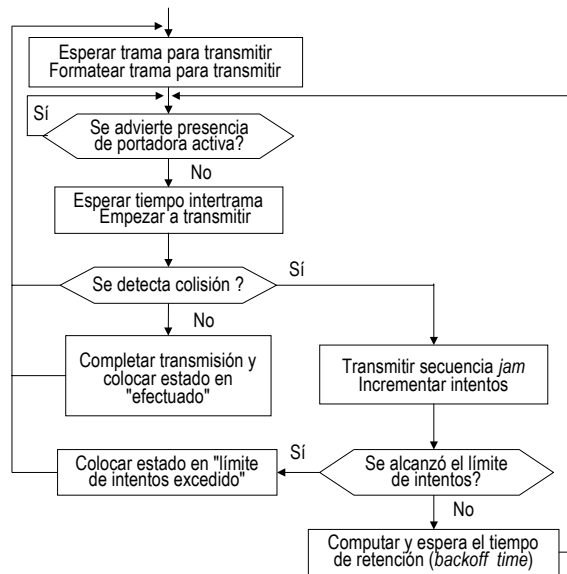
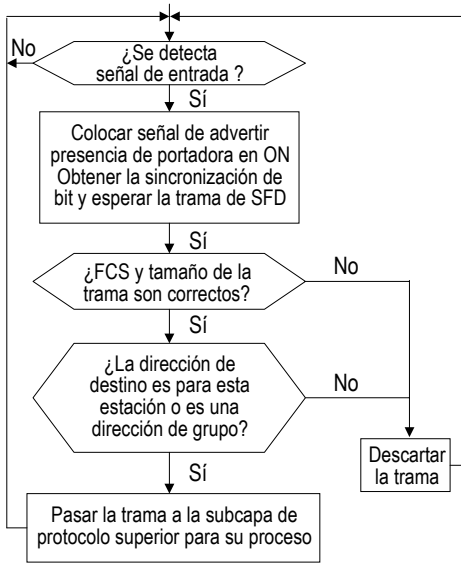
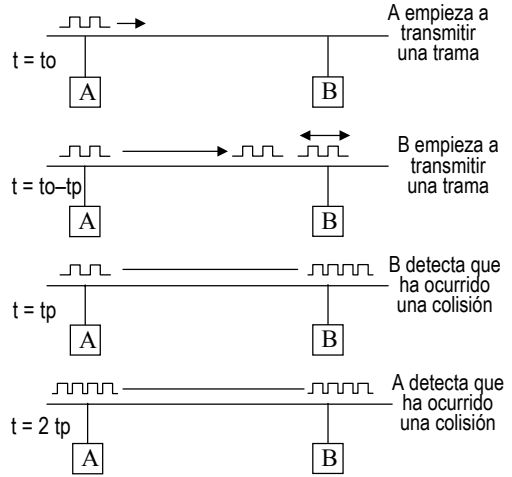


Figura 10.1 Operación según CSMA/CD - Ethernet - Transmisión



**Figura 10.2** Operación según CSMA/CD - Ethernet - Recepción



**Figura 10.3** Esquema de una colisión

La operación del proceso de transmisión se muestra en la figura 10.1 y la de recepción, en la figura 10.2. La figura 10.3 ilustra una colisión.

**10.2.1 PROCEDIMIENTO DE RETRANSMISIONES**

Si luego de los primeros intentos ocurren repetidas colisiones, la unidad MAC trata de ajustarse a la carga del medio incrementando el retardo de tiempo entre las retransmisiones. Esta programación de retransmisiones se conoce como el retiro truncado exponencial binario (*Truncated binary exponential backoff*), el cual opera de la siguiente manera:

- Cuando se ha terminado de transmitir la señal de interferencia (*jam sequence*), y asumiendo que el límite de intentos no ha sido alcanzado, la unidad MAC se retarda (se retira: *backs off*) un número entero aleatorio de intervalos de tiempo (*slot times*) antes de intentar de transmitir nuevamente la trama que colisionó.
- Este número de intervalos de tiempo antes de la *n*ésima transmisión se selecciona como un número entero distribuido aleatoriamente en el rango de  $0 \leq R \leq 2^k$  donde  $k = \min(N, \text{límite backoff} = 10)$ .
- El valor de este intervalo de tiempo (*slot time*) mínimo se calcula tomando el tamaño mínimo de trama, el cual es igual a 64 octetos, que equivale a 512 bits (8x64). Este tiempo es igual a:

$$\text{Tiempo de un bit:} = \frac{1}{10 \times 10^6 \text{ bit/s}} = 0.1 \mu\text{s / bit}$$

$$512 \text{ bits} \times 0.1 \mu\text{s/bit} = 51.2 \mu\text{s}$$

- La señal necesita viajar desde el transmisor hasta el punto donde ocurre la colisión. Luego, la señal de colisión necesita regresar al transmisor. Entonces el tiempo mínimo de transmisión debe ser dividido entre 2 para hallar el retardo de ida-regreso. De allí, tenemos que el tiempo mínimo para transmitir es igual a 25,6  $\mu\text{s}$ .
- Este tiempo es el retardo en el peor caso, el cual debe esperar el DTE antes de que tenga la certeza de que una colisión ha ocurrido.

**10.2.2 FORMATO DE LA TRAMA CSMA/CD**

El tipo de trama según la norma IEEE 802.2 y la norma DIX tiene la configuración que se muestra en la figura 10.4, en la siguiente página. A continuación, describimos sus campos.

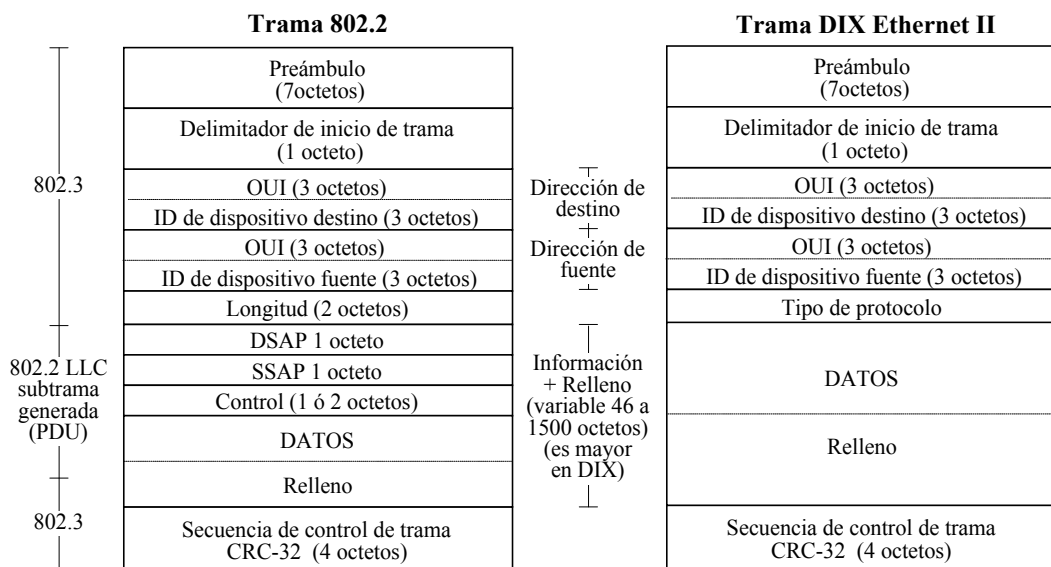


Figura 10.4 Formato de trama 802.2 y la antigua trama DIX

- **Preámbulo** (*Preamble*): Corresponde al patrón de 8 bytes u octetos, utilizado por el receptor para establecer la sincronización. Es una secuencia de 010101.
- **Delimitador de inicio de trama** (SFD: *Start Frame Delimiter*): Indica el inicio de la trama. Su valor es 10101011.
- **Dirección de estación destino** (DA: *Destination Address*): Especifica la dirección de la estación destino. Cada nodo posee una dirección única. Los primeros tres octetos de la dirección conforman el bloque ID (*block ID*) o identificador único organizacional (*Organizationally Unique Identifier* – OUI) e identifica al fabricante del dispositivo. Este valor es asignado por el IEEE. Por ejemplo la dirección hexadecimal de Intel es 00-AA-00M, la de 3Com es 00-20-AF y la de Cisco es 00-00-0C. Los otros tres octetos son el identificativo del dispositivo y los asigna cada fabricante. Ésta es siempre una dirección única. Estos tres octetos permiten más de 16 millones de direcciones. Los fabricantes que ya fabricaron más de 16 millones de tarjetas están utilizando nuevos identificadores OUI.
- **Dirección de estación fuente** (SA: *Source Address*): Señala la dirección de la estación que envió la trama.
- **Longitud del campo de datos** (*Length*): Especifica el número de octetos de este campo. En la trama DIX, se tiene el tipo de protocolo que contienen los datos. En la tabla 10.1 se exponen algunos ejemplos de tipos de protocolo Ethernet en la trama DIX para fabricantes.
- **Datos** (*Data*): Campo preparado para llevar tramas de información del nivel LLC. Su tamaño mínimo es 46 octetos y el tamaño máximo es 1500 octetos, incluyendo el campo de relleno.
- **Relleno** (*PAD*): Octetos de relleno para completar la longitud normada de la trama (*padding*).
- **Secuencia de Verificación de la Trama** (FCS: *Frame Check Sequence*): Control de errores de tipo CRC-32 (de 4 octetos). Controla los bits a partir de la dirección de destino hasta el campo de datos.

VALOR (HEX)	DESCRIPCIÓN
06 00	Xerox XNS UDP
08 00	DOD IP
08 05	X.25 nivel 3
08 06	ARP (para IP y para CHAOSnet)
0B AD	Banyan Systems Inc.
60 10–60 14	3Com Corporation
70 00–70 02	Ungermann-Bass <i>download</i>
8035	<i>Reverse ARP</i>
80 46–8047	AT&T

Tabla 10.1 Algunos ejemplos de tipos de protocolo Ethernet en la trama DIX para fabricantes

### 10.2.3 NIVEL FÍSICO DEL CSMA/CD

La IEEE 802.3 establece también las especificaciones de la interface física:

- Banda base Manchester.
- Velocidad de transmisión: 10 Mbps.
- Tiempo de ranura (*slot time*): 512 tiempos de bit.
- Tiempo entre tramas (*interframe gap*): 9,6  $\mu$ s.
- Límite de intentos (*attempt limit*): 16.
- Límite de retiros (*backoff limit*): 10 (exponente).
- Tamaño de la trama de interferencia (*jam size*): 32 bits.
- Tamaño máximo de trama: 1518 octetos.
- Tamaño mínimo de trama: 64 octetos (512 bits).
- Tamaño de dirección: 48 bits.

### 10.3. NORMA 802.3x FULL DUPLEX/ CONTROL DE FLUJO

Para comprender la operación de *full duplex* Ethernet es necesario tener en cuenta la operación de un repetidor o *hub*. Éste recibe una trama de una estación y la retransmite a todas sus puertas a excepción de la puerta por donde recibió esta trama. Además, regenera la señal a nivel eléctrico.

En la figura 10.5 se ilustra su operación. Normalmente Ethernet operaba en *half duplex*, sobre cable UTP.

Para operar en *full duplex*, basándose en la norma 802.3x *full duplex*/control de flujo, debe usarse un *bridge* o un *switch*, en el cual el algoritmo MAC Ethernet haya sido modificado de la siguiente manera:

- Un solo par de hilos UTP (o una sola fibra) se emplea exclusivamente para la transmisión de datos y otro par UTP (o fibra) se usa para la recepción.
- Debe usarse un *bridge* multipuerta o un *switch* para ambos extremos del alambre. Es decir, la conexión de dos usuarios conmutados (*switched*) es un prerequisite del *full duplex* Ethernet, debido a que ésta requiere una conexión punto a punto sólo entre dos estaciones presentes.
- No se requiere detectar la presencia de la portadora, pues un par alámbrico será dedicado a la transmisión y el otro par será dedicado a la recepción.
- Del mismo modo, no se requiere la secuencia de detección de colisión o el retiro (*backoff*), debido a que no hay colisiones. Éstas ocurren solamente en segmentos multiusuario.

Nótese que una red Ethernet conmutada (*switched Ethernet*) no implica automáticamente la posibilidad de la operación *full duplex*.

### 10.4. FAST ETHERNET

En 1990 parecía que la única norma de 100 Mbps era la FDDI, sin embargo el proyecto IEEE 802 en mayo de 1995 desarrolló la norma de 100 Mbps: IEEE 802.3u Fast Ethernet/100Base-T, que ofrece velocidades de transmisión de datos equivalentes a mucho menor costo.

Además de la conmutación de paquetes (*packet switching*) la norma de 100 Mbps ha emergido como una tercera alternativa tecnológica que está impulsando la evolución de las redes LAN. La motivación inicial para desarrollar la red LAN de 100 Mbps fue crear una red Ethernet más rápida, fácil de diseñar y mucho menos costosa de construir que una red de tipo FDDI.

Por otro lado, es compatible con la Ethernet 10Base-T, por tanto puede integrarse fácilmente con las redes existentes. Sus principales características son las siguientes:

- La norma 100Base-T MAC usa la MAC original Ethernet que opera a 10 Mbps.

La estación A transmite hacia la estación B y el repetidor regenera la señal y la retransmite a todas las demás estaciones. Sólo la estación B leerá la información.

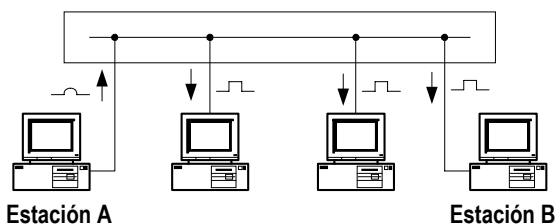
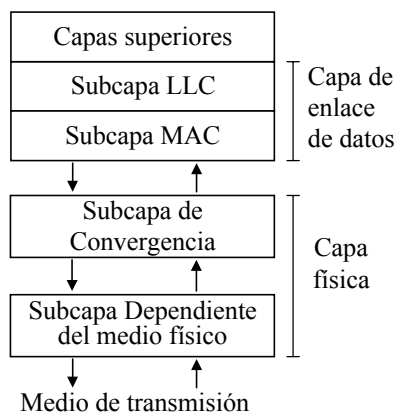


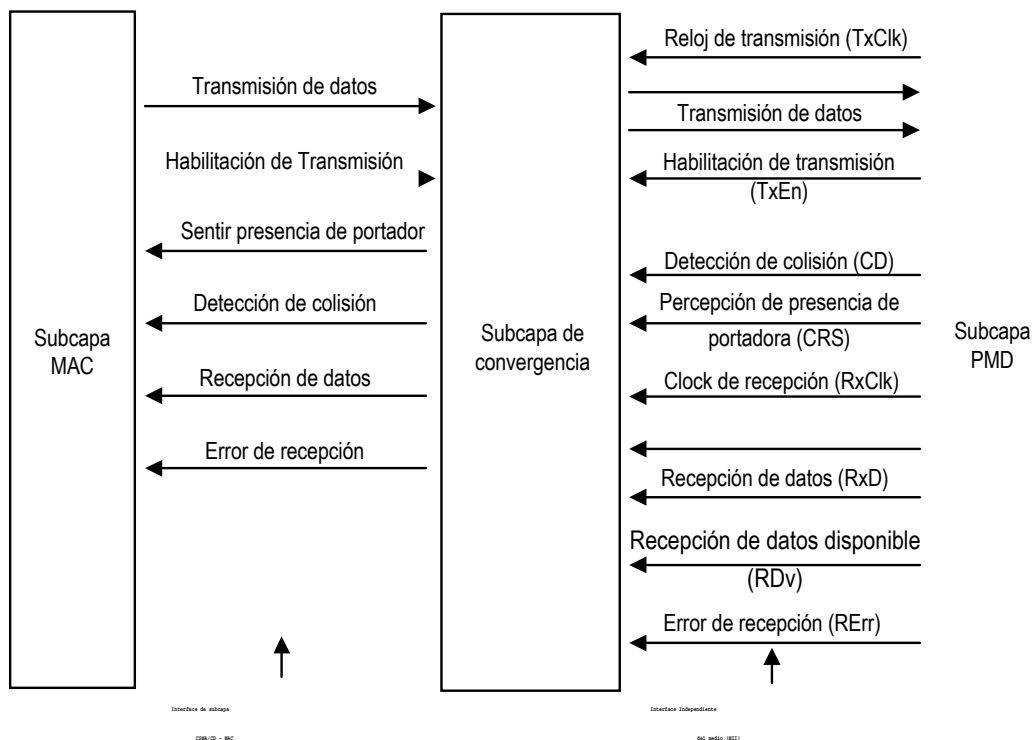
Figura 10.5 Operación de un *hub* Ethernet *half duplex*

- La norma 100Base-T está diseñada para soportar múltiples capas físicas. Existen tres diferentes capas físicas como parte de la norma 802.3u: dos para UTP y una para fibra multimodo. En 1997 se generó la norma 802.3y, que plantea el uso de 2 pares de cables UTP categoría 3/4/5.
- De la misma manera que la norma 10Base-T, requiere configuraciones tipo estrella con un *hub* central.
- La norma 100Base-T incluye la especificación para una interface independiente del medio (*Media Independent Interface*–MII), que es la versión de 100 Mbps del actual AUI de 10 Mbps. Esta capa MII es una interface digital que conecta a la MAC y PHY y permite transeptores externos.



**Figura 10.6** Arquitectura del protocolo 100Base-T

La figura 10.6 ilustra la arquitectura donde se halla esta interface MII y la figura 10.7 presenta sus comandos.



**Figura 10.7** Señales de interface

Finalmente, la figura 10.8 muestra, en la siguiente página, un cuadro de las normas *Fast Ethernet*.

#### 10.4.1 INTERFACES FÍSICAS DE LA NORMA 100BASE-T (IEEE 802.3u)

Al igual que la norma 10Base-T, la 100Base-T combina la capa MAC CSMA/CD con distintas especificaciones de capa física.

La norma IEEE 802.3u contiene tres nuevas capas físicas, que son las siguientes:

- 100Base-TX, que requiere dos pares UTP categoría o dos pares STP categoría 1.
- 100Base-FX, que utiliza dos fibras multimodo.

- 100Base-T4, que precisa cuatro pares UTP categoría 3 ó mejor.

Existe una norma adicional, la norma IEEE 802.3y, que sólo emplea dos pares de categoría 3, de la cual aún no existen productos en el mercado.

Por otro lado la norma 100Base-T4 demoró un año en salir el mercado, periodo durante el cual la demanda fue cubierta en un 95 % por productos TX y FX. Por ello no despegó. Las

normas 100Base-TX y 100Base-FX son las más populares capas físicas. Se basan en la capa física FDDI/CDDI, que emplea el método de codificación 4B/5B. La primera es la norma de facto para las conexiones horizontales de alta velocidad y la segunda es popular en las conexiones verticales de *backbone*.

La norma 100Base-T utiliza un conector RJ45 y especifica un cable de 100 metros como máximo. La norma original se denominó 100Base-X, pues consistió en el cruce de Ethernet MAC de 100 Mbps con la norma FDDI.

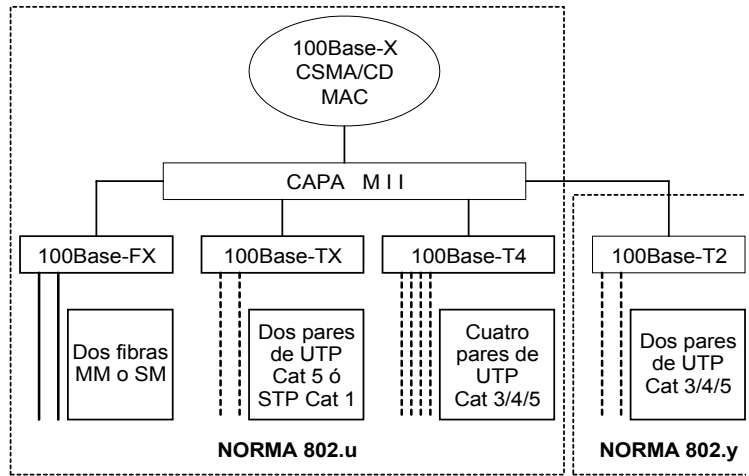


Figura 10.8 Normas de Fast Ethernet

**10.4.2 NORMA 100BASE-TX**

La norma 100Base-TX soporta transmisiones *duplex* en la capa física y sólo requiere dos pares de cable categoría 5 UTP (también STP): uno para la transmisión y el otro para la recepción. La mayoría de cables de categoría 5 tienen cuatro pares y la norma recomienda una terminación de modo común de los dos pares no usados para cumplir con los límites EMC.

Este medio está normado en las especificaciones ANSI TP-PMD, que reglamenta la tecnología de subcapa dependiente físicamente de la norma CDDI (el equivalente en cobre de la FDDI de fibra). En la figura 10.9 se representa una interface 100Base-TX, conectada directamente a un *hub*. Asimismo, se emplean transreceptores, conectados a un conector MII de 40 pines de este tipo de *hub*.

La tabla 10.2 muestra la asignación de pines del conector RJ45:

**a) Cableado 100Base-TX**

Esta norma puede utilizar el cable UTP categoría 5, así como también el cable de par trenzado apantallado (STP).

**b) Repetidores 100Base-TX**

La norma define dos tipos de repetidores: Tipo o Clase I y Tipo o Clase II. La norma indica que los repetidores deben etiquetarse con números romanos I o II centrados en un círculo.

- **Un repetidor de Tipo I** permite retardos mayores de 0,7  $\mu$ s o menos, convirtiendo la señal de línea de un puerto de entrada a señal digital, y reconvirtiendo esta señal digital a señal de línea, al enviarla al exterior a través

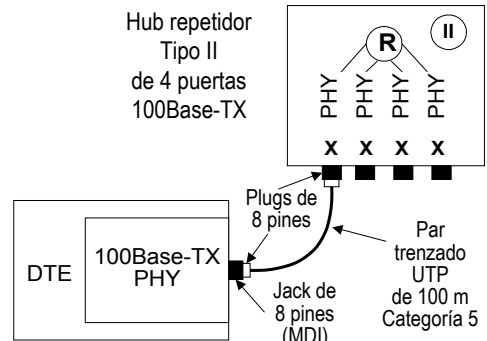


Figura 10.9 Conexión de 100Base-TX

Pin 1:	TX +
Pin 2:	TX -
Pin 3:	RX +
Pin 4:	no usado
Pin 5:	no usado
Pin 6:	RX -
Pin 7:	no usado
Pin 8:	no usado

Tabla 10.2 Conector de 8 pines de la norma 100Base-TX

de otros puertos. Esto permite repetir señales entre segmentos que usan distintas técnicas de señalización, como los segmentos 100Base-TX ó 100Base-FX y los segmentos 100Base-T4, permitiendo mezclar estos distintos tipos de segmentos en un único *hub* repetidor. El proceso de conversión de estos repetidores toma una determinada cantidad de tiempos de bit, por lo que sólo puede usarse en el dominio de una colisión determinada, aprovechando la máxima longitud recomendada de cable.

- **Un repetidor de Tipo II** está restringido con retardos de tiempo de 0,7  $\mu$ s o menores y repite la señal de entrada a los demás puertos de salida inmediatamente, sin regeneración. Para lograr este pequeño tiempo los repetidores Tipo II se conectan sólo con los segmentos que usan la misma técnica de señalización como los segmentos 100Base-TX ó 100Base-FX. Pueden usarse dos repetidores Tipo II como máximo en el dominio de una colisión, con la longitud máxima de cable.

En la tabla 10.3 se exponen las distancias de *Fast Ethernet*.

TIPO DE REPETIDOR	TODO UTP	MEZCLA DE 100BASE-TX Y 100BASE-FX	TODO FIBRA
Un repetidor clase II	200 m	309 m	320 m
Un repetidor clase I	200 m	261 m	272 m
Dos repetidores clase II	205 m	216 m	216 m

**Tabla 10.3** Reglas de diámetros de colisión de *Fast Ethernet*

**c) Test de integridad del enlace**

Los transreceptores de *Fast Ethernet*

(PHY) monitorizan continuamente el camino de recepción de datos para supervisar que el enlace esté funcionando en forma correcta. El sistema de señalización empleado se basa en el sistema de señalización FDDI ANSI, mediante el cual se envían pulsos continuamente, aun cuando no haya tráfico. Los transreceptores envían estos pulsos llamados *Fast Link Pulses*, usados por el mecanismo de autonegociación, sobre el segmento para verificar su integridad. Este mecanismo permite a los *hubs* multivelocidad detectar la velocidad de operación del dispositivo Ethernet conectado a éste y ajustar en consecuencia la velocidad correspondiente.

**10.4.3 NORMA 100BASE-FX (FIBRA ÓPTICA)**

Esta norma toma su capa física de la norma de capa dependiente del medio de FDDI (*Physical Media Dependent – PMD* de la norma ANSI X3T9.5).

La figura 10.10 muestra la interface 100Base-FX conectada directamente a un *hub* 100Base-FX. La norma especifica dos fibras multimodo (62,5/125  $\mu$ m), de índice graduado, usándose una longitud de onda de 1350 nanómetros (nm) con una pérdida máxima de 11 dB. Las distancias se detallan en la tabla 10.3. Puede aumentarse la distancia a 2000 metros con un enlace *full duplex*. El conector es del tipo *duplex SC*, cable interface medio (*Medium Interface Cable–MIC*), o conector ST.

**10.4.3.1 Componentes Norma 100Base-FX**

El conjunto siguiente se emplea para construir los segmentos de fibra óptica 100Base-FX:

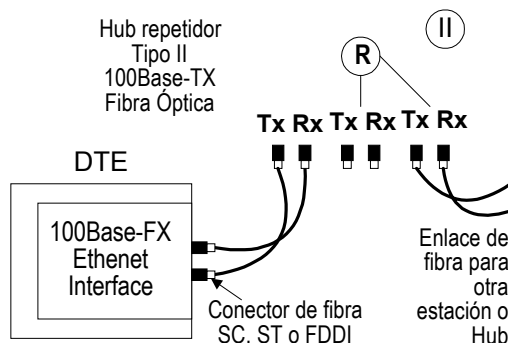
- Medio de red.
- Conectores MDI.
- Repetidores 100Base-FX.

**a) Medio de red**

Está diseñado para permitir longitudes de segmento de hasta 412 metros. Aunque es posible enviar a distancias mayores, esta longitud está determinada por el tiempo de ida/regreso (*round trip timing*). En la tabla 10.3 se detalla la distancia máxima entre repetidores de fibra.

**b) Conectores MDI**

La interface dependiente del medio (*Medium Dependent Interface –MDI*) puede usar uno de los tres tipos de conectores de fibra óptica, siendo recomendado el conector SC (*Straight Conector*)



**Figura 10.10** Conexión 100Base-FX

*duplex*. Este conector fue diseñado para su facilidad de uso; cuando el conector se presiona en su lugar, automáticamente se completa la conexión.

Otro conector es el MIC (*Media Interface Conector*), del tipo M, que es el conector normalizado FDDI. Los conectores MIC se marcan de distintas formas, referidas como A, B, M y S, para asegurar que el cableado FDDI se conecte apropiadamente. Si se utiliza el conector FDDI MIC en una red 100Base-FX MDI, las especificaciones estipulan que éste deberá marcarse como un receptáculo M. También los conectores FDDI MIC son presionados en su lugar y automáticamente completan la conexión. El tercer tipo es el conector ST (*Straight Tip*), empleado en las redes 10Base-FL y que es de tipo bayoneta.

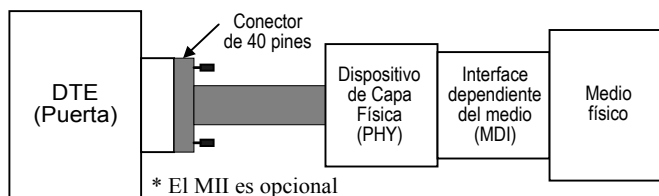
### c) Repetidores 100Base-FX

Los repetidores son del tipo I y tipo II, es decir los mismos que los de la norma 100Base-TX.

## 10.4.4 NORMA DE CAPA FÍSICA – MII

Existen varios esquemas de transmisión de capa física, por lo que se ha definido una nueva interface de medio independiente (*Media-Independent Interface*–MII) entre las capas física y MAC. El MII define una manera normalizada de soportar medios intercambiables, por ejemplo módulos enchufables que permiten a los dispositivos operar sobre: cable de dos pares (categoría 5 UTP o STP), cables de cuatro pares (categoría 3, 4 ó 5 del tipo UTP) o dos fibras ópticas. Son muy raros los dispositivos MII en el mercado, debido a que los fabricantes han incluido esta función dentro de la circuitería interna de la tarjeta NIC. La figura 10.11 muestra los componentes utilizados para hacer la conexión al medio de 100 Mbps. Éstos son:

- Medio físico.
- Dispositivo de la capa física.
- Dispositivo independiente del medio.



### a) Medio Físico

Empezando por la parte derecha

de la figura 10.11, tenemos que el medio físico puede ser uno de los tres tipos. Se hace la conexión con la interface dependiente del medio (MDI). Éste es un conector UTP tipo RJ45 de 8 pines o un conector para fibra óptica.

### b) Dispositivo de la capa física

Éste es el siguiente dispositivo mostrado en la figura 10.11, que realiza generalmente la misma función que el transceptor (*transceiver*) AUI en el sistema Ethernet de 10 Mbps. Puede ser un conjunto de circuitos integrados dentro del puesto de una tarjeta de red –siendo invisible para el usuario– o puede ser una caja equipada con un cable MII, como el transceptor (*transceiver*) y el cable transceptor (*transceiver cable*) utilizados en Ethernet de 10 Mbps.

### c) Interface independiente del medio (MII)

Es un conjunto de circuitos integrados que unen las funciones de control de acceso al medio de la tarjeta de red con el dispositivo de capa física (PHY), el cual envía las señales al medio. Esta interface puede soportar el funcionamiento tanto de 10 como de 100 Mbps.

La interface MII, que consta de su conector hembra de 40 pines y un cable MII, se diseñó para que las diferentes señales que se apliquen a los diversos medios sean transparentes para los circuitos integrados Ethernet de la tarjeta de red. Esta interface transforma las señales recibidas por los distintos medios físicos desde el transreceptor (*transceiver*–PHY) en señales con formato digital que se entregan a dicha tarjeta.

## 10.4.5 AUTONEGOCIACIÓN DE CAPACIDADES

Debido a que se usa el mismo conector RJ-45 para distintos esquemas de señalización, la norma 100Base-T permite a los dispositivos conectados a los extremos de un enlace UTP advertir sus



respectivas capacidades de conectividad, uno del otro, con lo cual podrán seleccionar el modo común operativo de mayor nivel. La autonegociación se implementa mediante el reemplazo del pulso de prueba de la integridad de lazo 10Base-T, con una ráfaga codificada de pulsos rápidos que transportan la información de las capacidades de este dispositivo hacia los otros (10Base-T/100Base-TX / 100Base-T4, *half duplex* vs. *full duplex*, etc.).

Esta ráfaga de pulsos se conoce como Pulsos rápidos de enlace (*Fast Link Pulse-FLP*). Estas señales son una versión modificada de los Pulsos normales de enlace (*Normal Link Pulse-NLP*), empleadas para verificar la integridad del enlace. Las señales NLP se definieron en las especificaciones originales de la norma 10Base-T y son generadas automáticamente en nivel alto. Los pulsos rápidos de enlace están diseñados para poder coexistir con los pulsos normales de enlace; por ello, un dispositivo 10Base-T que use pulsos normales de enlace continuará detectando la propia integridad de enlace, incluso cuando se conecte a un *hub* con autonegociación que envíe señales de pulsos rápidos de enlace. Los pulsos NLP y FLP aparecen durante tiempos de tráfico nulo y no interfieren en el tráfico normal. Estas señales no se usan en segmentos de fibra óptica.

La autonegociación permite construir productos flexibles (como tarjetas NIC de doble velocidad 10/100 Mbps) para interconectar diversos tipos de usuario, sin tener que programar la velocidad de cada dispositivo. Sin embargo, no se ha previsto en este proceso verificar la calidad del segmento usado (es decir, si su longitud está dentro de los límites permisibles), ni que todos los pares requeridos estén conectados, ni que la tasa de errores esté dentro de las especificaciones.

## 10.5. GIGABIT ETHERNET

En junio de 1995, la IEEE anunció formalmente normas para el uso de la red 100BaseT. Con la aparición de esta norma creció la demanda de acceso en los segmentos de LAN, creando un cuello de botella en el servidor y los enlaces de troncal (*backbone*). Solo cinco meses después, la IEEE encomendó al Grupo de estudio de alta velocidad que observe el desarrollo en el siguiente nivel de Ethernet. Como resultado, en julio de 1996 se aprobó la norma IEEE 802.3z.

Como en el caso de Fast Ethernet, Gigabit Ethernet está bien posicionado como una extensión lógica de la red Ethernet tradicional de 10 Mbps. Además se basa en las tecnologías establecidas para lograr esta velocidad.

Gigabit tiene algunas diferencias en su capa física, diseño de red y el tamaño mínimo de la traba. Sin embargo, en gran parte, Gigabit Ethernet es una Fast Ethernet supercargada.

La norma 802.3z incluye la MAC de Gigabit Ethernet, así como tres capas físicas que emplean codificación 8B/10B, originalmente desarrollada como parte de la tecnología ANSI de *Fibre Channel*. Esencialmente, los ingenieros de la IEEE conectaron la capa física del *Fibre Channel* a la MAC Ethernet para hacer funcionar a la MAC de Fast Ethernet a una velocidad diez veces mayor. La norma 802.3z incluye dos normas de fibra, que son la 1000Base-LX y 1000Base-SX, y una norma de cobre denominada 1000Base-CX. Una cuarta interface física llamada 1000Base-T se encuentra aún en pleno desarrollo.

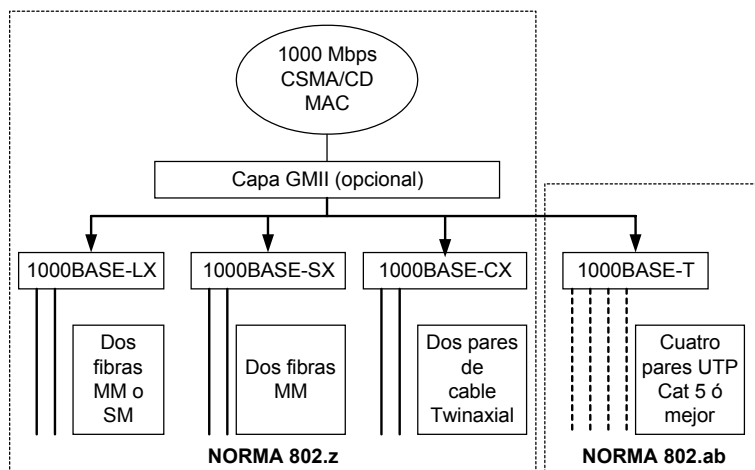
El IEEE también ha definido al Gigabit MII (GMII), que es similar al MII de Fast Ethernet y que conecta a la capa Gigabit MAC con la capa física (PHY). El GMII sólo es una especificación de interface eléctrica y, a diferencia del MII de Fast Ethernet, no incluye un conector.

Gigabit Ethernet puede operar en modos *half* y *full duplex*. Algunos miembros del IEEE querían diseñar a Gigabit Ethernet sólo como tecnología *full duplex*, mientras otros deseaban mantener el algoritmo clásico CSMA/CD y la operación *half duplex*. La preservación del CSMA/CD se basa en dos razones: Primero, muchos vendedores no deseaban rediseñar por completo sus circuitos integrados MAC, pues el hecho de aumentar en 10 veces la velocidad no requiere un rediseño total. En segundo lugar, algunos de los miembros del IEEE deseaban preservar la herencia de 25 años del CSMA/CD. La figura 10.12 presenta todos los componentes de Gigabit Ethernet.

### 10.5.1 LA CAPA MAC DEL GIGABIT ETHERNET

Los aspectos más importantes del Gigabit Ethernet son los siguientes:

- Gigabit Ethernet utiliza la trama oficial 802.3, que es idéntica a la de 10 y de 100 Mbps.
- Puede operar en los modos *half* y *full duplex* como Ethernet de 10 y 100 Mbps.
- Para que la CSMA/CD opere a 1 GHz, se ha incrementado el tiempo de intervalo (*slot time*) a 512 octetos, a diferencia de los 64 octetos para 10 y 100 Mbps.



**Figura 10.12** Componentes de Gigabit Ethernet (MAC, GMII y cuatro diferentes capas físicas)

## 10.5.2 INTERFACE FÍSICA DEL GIGABIT ETHERNET

Se emplea la norma ANSI X3T11 *Fibre Channel*, que trabaja a 1 Gbaud y utiliza codificación 8B/10B, lo cual permite transportar los datos a una velocidad de 800 Mbps solamente. Por tal motivo, el IEEE incrementó la velocidad a 1,25 Gbaud para poder alcanzar un caudal de 1 Gbps.

A continuación, explicamos las diferentes normas de Gigabit Ethernet.

### 10.5.2.1 1000BASE-SX Gigabit Ethernet para fibra horizontal

Esta norma se utiliza en *backbones* cortos o conexiones horizontales (la letra S proviene de *Short wavelength* o *shorter cable runs*). Emplea diodos de 850 nm. Opera sólo con fibra multimodo y la distancia que soporta fluctúa entre 220 a 550 metros, dependiendo del tipo de fibra utilizado.

### 10.5.2.2 1000BASE-LX Gigabit Ethernet para backbones de campo o verticales

Esta norma se emplea en *backbones* largos o conexiones verticales (la letra L proviene de *Long wavelength* o *longer cable runs*). Puede usar fibras tanto multimodo como monomodo. Y normalmente requiere diodos láser de 1300 nm. La IEEE ha especificado una longitud de segmento de 550 m para conexiones *full duplex*, así como el conector SC, tanto para la norma SX como LX.

### 10.5.2.3 1000BASE-CX Gigabit Ethernet para cableado de cobre Twinaxial

Esta norma fue diseñada para conexiones cortas, para interconectar *hubs*, *switches* o *routers* en el armario de alambrado. Éste es un medio preferido, pues el cobre es fácil y más rápido de instalar. Se utiliza el cable twinaxial de 150 ohmios, similar al cable original que usó IBM para su *Token Ring*. La máxima longitud es de 25 metros, tanto en *half duplex* como en *full duplex*.

Se emplean dos tipos de conectores:

- El conector serial de datos de alta velocidad (*High-Speed Serial Data Connector* – HSSDC), comúnmente conocido como Conector Estilo 2 de *Fibre Channel*.
- El conector subminiatura tipo D de 9 pines del IEEE, usado en el *Token Ring* y la versión STP del 100Base-TX.

En la tabla 10.4 presentamos un resumen de las capas físicas del Gigabit Ethernet.

## 10.6. PRIORIDAD DE DEMANDA (IEE 802.12)

El protocolo MAC de la norma 802.12 se denomina Método de Acceso por Prioridad de Demanda (*Demand Priority Access Method* – DPAM). La figura 10.13 muestra, en la siguiente página, la operación básica de un repetidor con varios nodos en una red simple.

PARÁMETRO	1000BASE-SX	1000BASE-LX	1000BASE-CX
Número de pares requeridos	2 fibras	2 fibras	2 pares
Categoría de cable requerido	Fibra multimodo 50 ó 62,5 μm	Fibra multimodo 50 ó 62,5 μm o fibra monomodo de 8 a 10 μm	150 ohmios twinaxial
Longitud de cable	220 a 550 m	550 m (multimodo) y 5000 m (monomodo)	25 m
Codificación	8B / 10B	8B / 10B	8B / 10B
Conector especificado	SC	SC	HSSC o DB-9
Longitud de onda en fibra	850 nm	1300 nm	-----

**Tabla 10.4** Especificaciones de Gigabit Ethernet

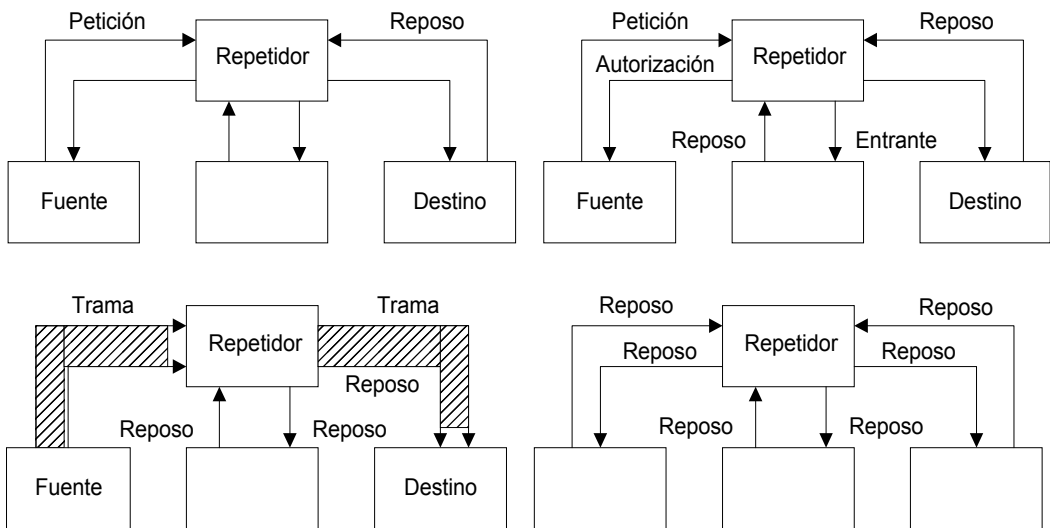
Antes de poder transmitir una trama, un nodo envía primero una señal de petición (*request*) al repetidor. Este último arbitra entre todas la peticiones mediante un algoritmo simple de tipo *round-robin* y emite una autorización (*grant*) a uno de los nodos. El nodo autorizado podrá entonces transmitir una sola trama hacia el repetidor.

El repetidor examina la dirección de destino de la trama para determinar la dirección de destino del nodo, y empieza retransmitiendo la trama sólo a ese nodo. El repetidor envía una señal de reposo a los nodos restantes. Las tramas tipo *multicast* y *broadcast* se envían a todos los nodos. El repetidor retransmite la trama en el instante en que determine dónde debe ir la trama, a los pocos microsegundos de haber recibido el bit de inicio de la trama.

El repetidor retransmite una trama *unicast* solamente a una dirección específica y no a todos los nodos. Este filtrado es posible debido a que los repetidores conocen la dirección de la capa MAC de todos los nodos interconectados. Esta dirección conjuntamente con otra información se intercambian entre cada nodo y el repetidor durante una sesión de inicialización, cuando el nodo empieza a trabajar.

Nótese que un repetidor 802.12 tiene mucha más inteligencia que un repetidor del tipo 802.3, ya que el primero administra activamente el acceso a la red, mientras que el segundo es mucho más simple debido a que actúa esencialmente sólo sobre la capa física.

Muchas personas confunden el protocolo de demanda de prioridad con el protocolo de *Token*, tal como la norma 802.5 o la FDDI. Esto es incorrecto, porque el protocolo de demanda de prioridad tiene varias ventajas notables sobre el *token-passing*.



**Figura 10.13** Operación básica del Protocolo de Prioridad de Demanda

En primer lugar, hay un paralelismo y una operación asíncrona, ya que los nodos tienen muchas oportunidades durante el ciclo del protocolo *round-robin* para enviar una señal de petición al repetidor.

En segundo lugar, aunque la señal de autorización circule entre los repetidores como un *token* (testigo), cada repetidor sólo envía esta autorización a los nodos terminales que han enviado una petición, en forma ordenada según el tipo *round-robin*.

Así, cada nodo terminal está involucrado en el protocolo si es que tiene una trama que enviar y no se pierde tiempo distribuyendo *tokens* a nodos que no tengan tramas que transmitir.

### 10.6.1 DOS PRIORIDADES

El protocolo de demanda de prioridad permite transmitir las tramas de dos maneras: con prioridad normal o con prioridad alta.

La prioridad normal se aplica en trabajos normales, tales como por ejemplo: en la transferencia de archivos, los trabajos de impresión, el correo electrónico, etc.

La prioridad alta, en cambio, se emplea con datos susceptibles de retardo, tales como por ejemplo: el video y la voz en una sesión de videoconferencia.

La norma 802.3 no ofrece este servicio, pero tanto la norma 802.5 como la FDDI de la ANSI ofrecen múltiples niveles de prioridad que pueden utilizarse para distinguir el tráfico enviado por diferentes clases de aplicaciones.

Un nodo envía la petición *Request Normal* o *Request\_High*, de acuerdo a la prioridad requerida. El repetidor arbitra entre todas las peticiones partiendo del principio de que todas las peticiones de prioridad alta deben atenderse antes que cualquier petición de prioridad normal.

Dentro de cada nivel de prioridad las peticiones se atienden en una base de *round-robin*. De esta manera, si los nodos 1, 3 y 5 tienen una sola trama de prioridad normal, pero los nodos 2 y 4 tienen dos tramas de alta prioridad cada uno, entonces el orden del servicio será el siguiente: 2-4-2-4 (alta) y entonces 1-3-5.

Cuando el ciclo de *round-robin* de determinado nivel de prioridad vuelve a continuar, después de una interrupción, éste proseguirá desde el punto en que se quedó, en vez de empezar todo desde un principio.

El protocolo de demanda de prioridad asegura que un ancho de banda mínimo siempre esté disponible para la prioridad normal. Esto se consigue mediante la “conversión” de los pedidos de prioridad normal a pedidos de prioridad alta, si es que éstos no han sido atendidos dentro de cierto tiempo, por ejemplo entre 200 y 300 milisegundos.