

## **Redes Ethernet e IEEE 802.3**

### **Capítulo IV: Redes Ethernet e IEEE 802.3**

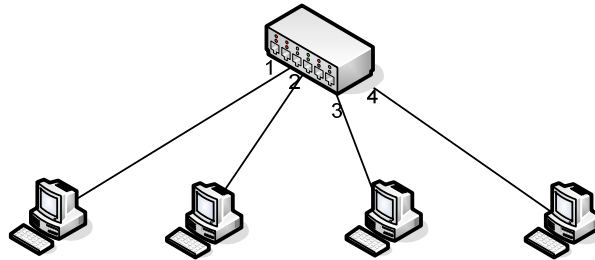
#### **4.1 Introducción**

##### **4.1.1 Historia**

A principios de los años 70 a un grupo de ingenieros de Palo Alto Research Center, dependiente de Xerox Company, se les encargó desarrollar 'La Oficina del Futuro'. Este grupo fue el creador del mouse, la idea de 'ventana' y un entorno de programación orientado a objetos (Smalltalk). Además, Bob Metcalfe, uno de los ingenieros de este grupo, recibido en el MIT, dio el concepto básico que hoy utilizan todas las redes Ethernet.

La idea de este sistema es la de difundir los paquetes de información, con facilidad de reenviar los paquetes que se pierdan, para asegurar el arribó seguro de los mismos. Cuando se instala una red LAN es muy importante saber cual es el uso que va a tener para así poder decidir que tipo de acceso conviene más.

El acceso al medio es el procedimiento que emplean los participantes de una red de datos (clientes, servidores, switches, routers, firewalls, etc...) para comenzar o aplazar la transmisión de información. El mero objetivo de aplicar un método de acceso es para evitar que exista choque de información entre las estaciones de trabajo.



**Figura 1: Interconexión de dispositivos**

Los tres tipos más destacados de métodos de acceso para redes LAN son:

- Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection (CSMA/CD) o "Acceso Múltiple por Detección de Portadora con Detección de Colisión".
- Token-passing Ring.
- Token-passing Bus.

Estos métodos son utilizados por las redes Ethernet, Token Ring y ARCnet, respectivamente. Poseen como característica en común que las computadoras pertenecientes a la red comparten el mismo medio de transmisión de datos (cableado), pudiendo darse (y ocurre) el caso de que más de un terminal deseen enviar datos en el mismo instante, provocando así las denominadas colisiones. Los métodos para evitar esto y para reenviar

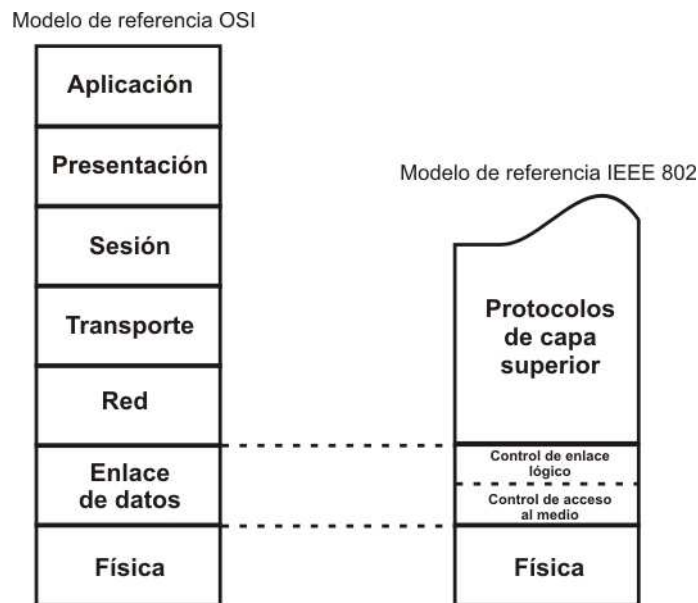
## **Redes Ethernet e IEEE 802.3**

los datos en caso de colisión están especificados por el Institute of Electrical and Electronic Engendres (IEEE).

Los métodos utilizados por ARCnet y Token Ring no presentan colisiones debido a que la estación debe esperar la autorización para poder acceder a la red, este método es llamado 'Determinista'. El token le indica al host que tiene permiso para transmitir. Esto está organizado de forma tal que brinda igual posibilidad de acceder a la red a todas las computadoras mientras se va rotando por toda la red la señal de permiso.

### **4.1.2 Modelo IEEE 802**

Los protocolos existentes para transmisión en redes de área local (LAN), tratan sobre como enviar y recibir bloques de datos llamados tramas en esas redes. Según el modelo OSI, los protocolos de capas superiores son independientes de la arquitectura o forma de la red. Por tanto los primeros protocolos, están íntimamente relacionados con las capas inferiores del modelo. Un estándar de ello fue definido por la IEEE(Institute of Electrical and Electronic Engineer) mediante el comité 802 y ha sido adoptada por todas las organizaciones que trabajan en estándares LAN. En la siguiente figura se puede observar una comparación entre las capas del protocolo IEEE 802 con las del modelo OSI:



**Figura 2: Ubicación de las redes Ethernet en el modelo OSI**

La capa inferior del modelo de referencia IEEE 802 es la capa física del modelo OSI. Por encima de ella se encuentran las funciones asociadas a los servicios ofrecidos a los usuarios LAN. Entre ellas se encuentran las siguientes:

- En transmisión: ensamblado de datos en tramas con campos con dirección y de detección de errores.

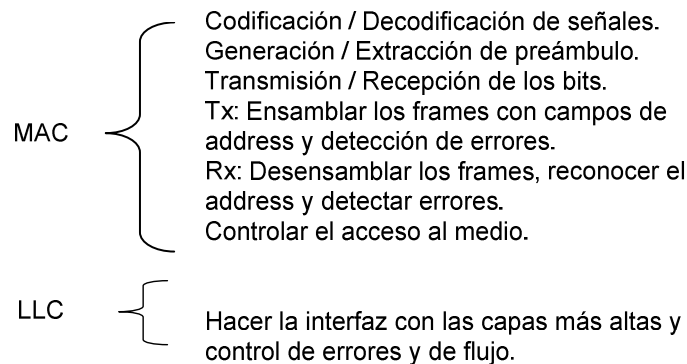
### **Redes Ethernet e IEEE 802.3**

- En recepción: desensamblado de tramas, reconocimiento de dirección y detección de errores.
- Control de acceso al medio de transmisión.
- Interfase con las capas superiores y control de errores y de flujo.

Estas funciones se asocian generalmente a la capa 2 del modelo OSI. El último punto arriba descrito, forma parte la capa de Control de Enlace Lógico (LLC, Logical Link Control). Los tres primeros se agrupan en la capa de Control de Acceso al medio (MAC, Media Access Control). Esta separación de funciones se debe a:

- La lógica necesaria para la gestión de acceso a un medio compartido no se encuentra en la capa 2 de control de enlace de datos tradicional (OSI).
- Se pueden ofrecer varias opciones de MAC para el mismo LLC.

Las funciones de las subcapas son las siguientes:



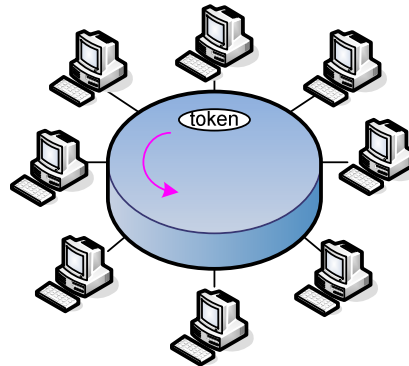
#### **4.1.3 Control de Acceso al Medio**

Todas las LAN constan de un conjunto de dispositivos que deben compartir la capacidad de transmisión de la red, de manera que se requiere de algún método de control de acceso al medio con objeto de hacer un uso eficiente de esta capacidad. Esta es la función del protocolo de acceso al medio (MAC).

El control se puede clasificar en base a donde se realiza:

- **Mediante una unidad central.**

### Redes Ethernet e IEEE 802.3



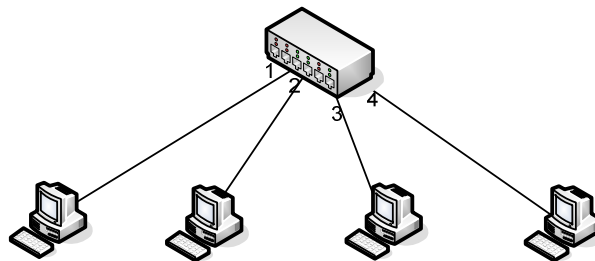
**Figura 3. Unidad Central que entrega permisos de transmisión empleando una trama de autorización (token)**

Donde el dispositivo concentrador de las estaciones de trabajo es el que entrega los permisos de transmisión. De esta forma no existe colisión porque solamente una estación de trabajo va a adquirir el permiso para la emisión de información a la vez.

Se diseña un controlador con autoridad para conceder el acceso a la red, de tal forma que un host (estación de trabajo, computadora o equipo conectado a la red) que quiera transmitir deberá esperar hasta que la autoridad le de permiso para hacerlo.

Ejemplo de estas redes son token ring, donde la trama testigo (llamada token) gira en sentido horario y cada vez que una estación de trabajo quiere transmitir debe esperar a capturar el token, transmitir y luego liberarlo para que siga girando en la red y evitar de esta forma que una estación de trabajo monopolice el uso del token.

- De manera descentralizada.



**Figura 4. Dispositivo de interconexión que no toma decisiones en el orden de la transmisión.**

Donde las estaciones de trabajo son las encargadas de gestionar el orden de transmisión basándose en algún protocolo de acceso al medio. La responsabilidad de evitar las colisiones es exclusiva de las estaciones de trabajo, donde el elemento de concentración es solo un componente más de la red no tomando estas decisiones de transmisión por parte de las PCs. Los

### **Redes Ethernet e IEEE 802.3**

diversos host realizan conjuntamente la función de control de acceso al medio para determinar de manera dinámica el orden en el que transmitirán.

También el control tiene una clasificación de acuerdo cómo se realiza:

- Sincrónicamente.
- Asincrónicamente.

En el primer caso se asigna, de manera estática, una capacidad del canal a cada conexión a la red. Esto no es óptimo, ya que las necesidades de las estaciones son casi impredecibles. Entonces es preferible tener la posibilidad de reservar capacidad, pero de manera dinámica o asíncrona para dar respuesta a solicitudes de manera casi inmediata.

#### **4.1.4 Redes 802.5**

El protocolo de acceso al medio mas usual en topologías en anillo es el de paso testigo o token ring. Esta técnica se basa en el uso de una trama pequeña, denominada testigo o token, que circula cuando los hosts están libres. Cuando un host desea transmitir debe esperar a que le llegue el token.

En este caso, toma el token cambiando uno de sus bits, lo que lo convierte en la secuencia de comienzo en las tramas de datos. Posteriormente, la estación añade y transmite el resto de los campos requeridos en la construcción de la trama.

Cuando una estación toma el token y comienza a transmitir, en el anillo deja de estar presente el token, de manera que el resto de los hosts que deseen transmitir deberán esperar. La trama en el anillo realiza una vuelta completa y se absorbe en la estación transmisora, que insertará un nuevo token en el anillo cuando cumpla una de las condiciones:

- La estación haya terminado de transmitir.
- Los bits iniciales de la trama transmitida hayan vuelto a la estación (después de una vuelta en el anillo).

Una vez que se ha insertado un nuevo token en el anillo, el siguiente host de la secuencia que disponga de datos a transmitir podrá tomar el token y llevar a cabo la transmisión. En la figura se observa a técnica. A envía un paquete a C, quien lo recibe y envía sus propios paquetes a A y D.

### Redes Ethernet e IEEE 802.3

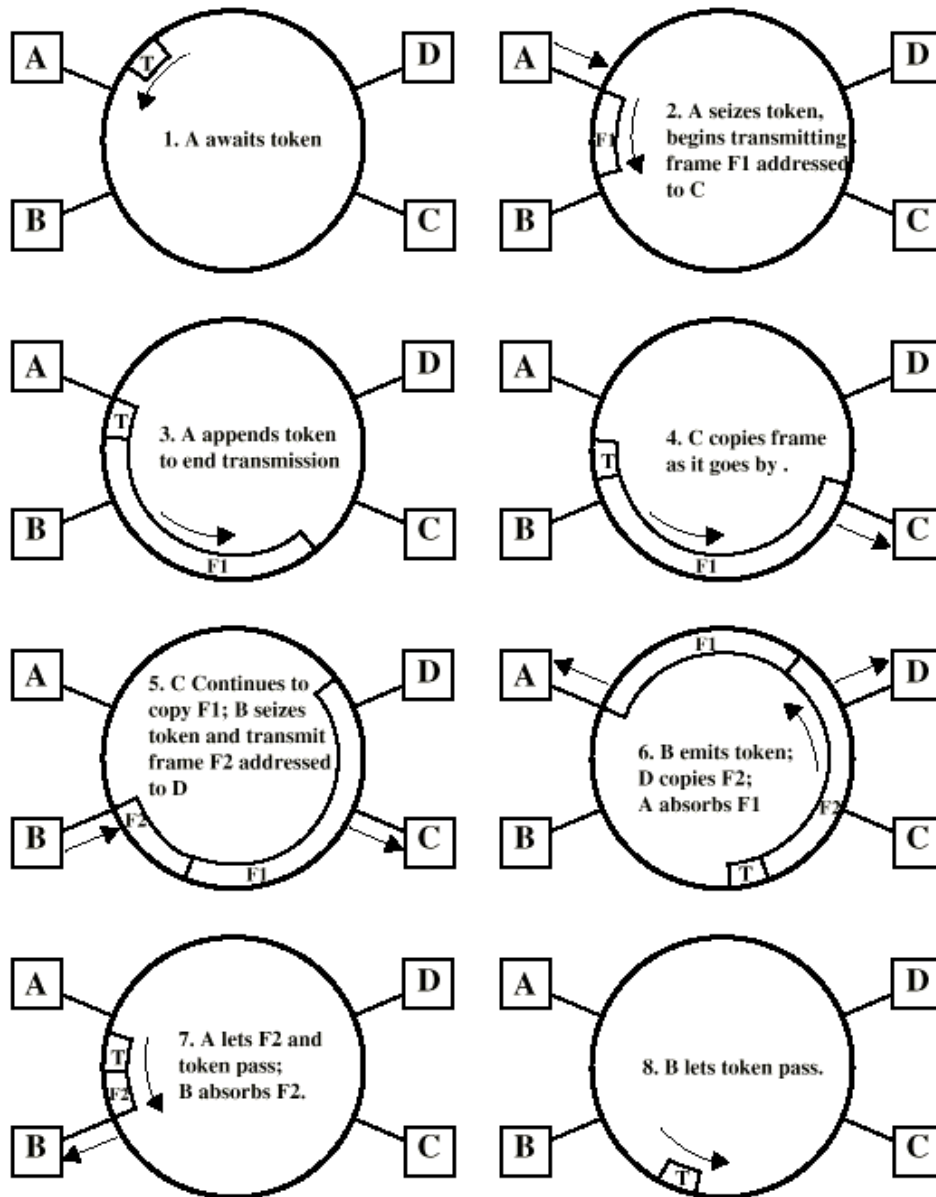


Figura 5. Transmisión en una red token ring

#### 4.2 Ventajas de las redes Ethernet

- **Fácil instalación:** Las formas de conexión más comunes son el cable coaxial y el par trenzado. Si se utiliza el coaxial solo basta poseer los conectores T, los conectores y por supuesto las placas de red, es importante destacar que no es necesario poseer un Hub.
- **Tecnología conocida:** Es el sistema que domina el mercado desde hace varios años.

## **Redes Ethernet e IEEE 802.3**

- Placas de bajo costo: Actualmente las placas de red se pueden conseguir a partir de los \$18.
- Varias formas de cableado.

### **4.3 Desventajas de las redes Ethernet**

- Decrecimiento del rendimiento en redes de muchos terminales: medida que crece la red decrece la performance porque se experimentan mayor número de colisiones. Para algunos CSMA/CD es la mejor ventaja de las redes Ethernet y para otros es la flaqueza principal.
- Dificultad para encontrar los problemas: Este punto se ve cada día menos debido a que es propio de los cableados coaxiales, encontrar en que conector está el problema es una labor tediosa y el principal problema es que toda la red deja de funcionar.

### **4.4 Protocolos de acceso múltiple**

Los protocolos en los que las estaciones detectan una portadora y actúan de acuerdo con ella se llaman: Protocolos con detección de Portadora, y se clasifican de la siguiente manera:

#### **4.4.1 CSMA Persistente:**

Cuando una estación tiene datos para transmitir, primero escucha el canal para ver si otra estación esta transmitiendo en ese momento, si el canal está ocupado la estación espera hasta que se desocupa. Cuando la estación detecta un canal en reposo transmite un marco. Si ocurre una colisión, la estación espera una cantidad aleatoria de tiempo y retransmite. El retardo de la propagación por el canal es importante en el desempeño del protocolo. Sean los siguientes casos.

Supongamos que una estación esta lista para transmitir, por lo tanto ésta detecta el canal y al estar éste desocupado manda el paquete. Como el marco a causa del tiempo de propagación no ha llegado a la segunda estación, ésta detectará que el canal está habilitado y manda su marco produciéndose una colisión. Aunque el retardo de propagación sea cero habrá siempre una colisión, cuando dos estaciones transmiten simultáneamente.

#### **4.4.2 CSMA no persistente:**

El protocolo es similar al anterior, donde una estación antes de enviar un marco detecta el canal, si éste esta libre transmite su marco. Si el canal esta en uso la estación no observa continuamente el canal a fin de tomarlo de inmediato al detectar el final de la transmisión previa. Lo que en realidad hace la estación es esperar un período de tiempo aleatorio y repite el algoritmo.

#### **4.4.3 CSMA persistente\_p:**

Se aplica a canales ranurados. Cuando una estación esta lista para enviar escucha el canal. Si el canal esta en reposo la estación transmite con una probabilidad p. Mientras que con una probabilidad  $q=1-p$  se espera

### Redes Ethernet e IEEE 802.3

la siguiente ranura. Si la ranura esta en reposo, la estación transmite o espera nuevamente con probabilidad  $p$  y  $q$ .

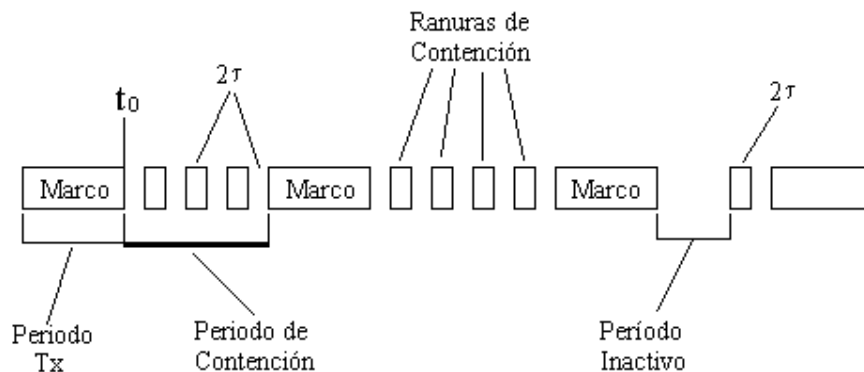
Si otra estación comienza a transmitir, la estación espera un tiempo aleatorio y comienza de nuevo.

Si la estación detecta que el canal esta inicialmente ocupado, espera hasta la siguiente ranura y comienza de nuevo el proceso de detección.

#### 4.4.4 CSMA/CD:

Acceso múltiple con detección de portadora con detección de colisión. Si dos estaciones detectan que el canal esta inactivo y comienzan a transmitir simultáneamente, ambas detectarán la colisión casi de inmediato, en lugar de terminar de transmitir sus marcos que están irremediamente alterados, deben detener abruptamente la transmisión tan pronto como detectan la colisión, lo cuál ahorra tiempo y ancho de banda.

Por lo tanto el CSMA/CD consistirá en períodos alternantes de contención y transmisión, ocurriendo períodos muertos cuando todas las estaciones están calladas.



##### 4.4.4.1 Transmisión

Con el método CSMA/CD las estaciones deben atravesar por cinco pasos antes de completar el proceso de transmisión.

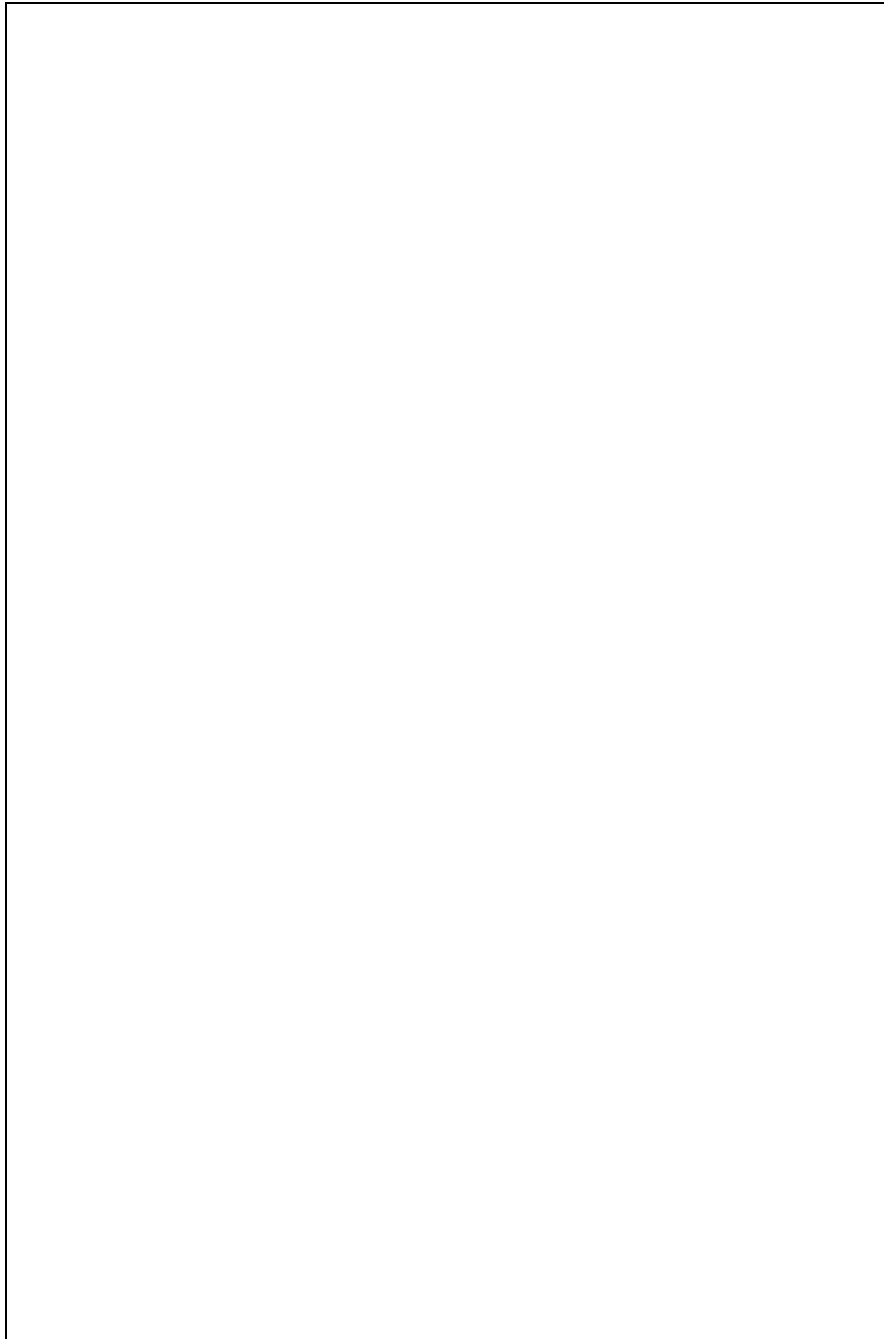
##### 1) Escuchar antes de transmitir

La estación está continuamente monitoreando si sobre el cableado se encuentra la señal de 'Carrier On', generalmente se reconoce a través de que el cableado posee un cierto valor de tensión. Si la estación no reconoce la señal Carrier On supone que la red está disponible y comienza a transmitir. Si la línea está ocupada el paquete colisiona con la señal que se encuentra viajando por el cable.

Este paso se asemeja a una llamada en conferencia en un sistema de telefonía, si más de un usuario habla al mismo tiempo, no se pueden entender.



## **Redes Ethernet e IEEE 802.3**



**Figura 4.4.4.1.1: diagrama de flujo del proceso de transmisión de una trama**

### **2) Esperar si el cable está ocupado**

Una vez que una estación detecta una colisión, aborta transmisión, espera un tiempo aleatorio e intenta de nuevo, suponiendo que ninguna otra estación ha comenzado a transmitir durante ese lapso.

## **Redes Ethernet e IEEE 802.3**

Una placa de red que funcione correctamente no va a enviar una señal mientras el cable esté ocupado. El tiempo de espera (deferral time) es el que la estación debe esperar antes de que la línea se desocupe para intentar transmitir.

### **3) Transmitir y detectar colisiones**

Cuando el cableado está disponible (Carrier Off), el host comienza a transmitir. Si el cable es coaxial la señal se propaga en ambas direcciones (izquierda y derecha).

Si otra estación transmite al mismo tiempo los paquetes colisionan en el cable convirtiéndose en fragmentos de los paquetes originales. Las colisiones son detectadas debido a que la señal que hay en la línea es igual o mayor que la producida por dos placas simultáneamente, es decir Las colisiones pueden detectarse observando la potencia o el ancho del pulso de la señal recibida y compararla con la señal transmitida.

A pesar de que esté ocurriendo una colisión puede que un terminal no detecte el problema y comience a transmitir, provocando así una nueva colisión. Por esto es que las placas envueltas en la colisión transmiten la señal de 'jam' (embotellamiento, atasco) para mantener ocupado el canal y evitar nuevas colisiones. El Jam debe ser un paquete de no menos de 32 bits que no deben ser iguales al valor de CRC del paquete que colisionó. Las estaciones que participaron de la colisión incrementan su contador de intento de transmisión.

### **4) Esperar antes de retransmitir**

Si las estaciones retransmiten luego de la colisión, es muy probable que los paquetes vuelvan a colisionar. La opción por la que se optó frente a este problema es el de que cada terminal espere un tiempo aleatorio antes de la retransmisión.

Este período de tiempo se genera a través de un algoritmo llamado de backoff .

### **5) Retransmitir o abortar**

Frente a colisiones constantes de un paquete de datos, la estación intentará retransmitirlo hasta 16 veces antes de abortar la operación. Cuando la estación termina de retransmitir y no encontró señal de colisión, se considera que la transmisión tuvo éxito.

Si el usuario lo desea, cada estación puede ejecutar el algoritmo SQE (Signal Quality Error) después de una transmisión exitosa. Este proceso verifica que la detección de colisión de la placa esté funcionando correctamente.

#### **4.4.4.2 Recepción**

Una estación al recibir un paquete debe atravesar por 4 pasos.

##### **1) Mirar por los paquetes entrantes y detectar fragmentos**

En las redes LAN todas las estaciones reciben y pueden ver los paquetes. La máquina de destino verifica que posea el largo mínimo especificado (64

### Redes Ethernet e IEEE 802.3

bytes), si esto no se cumple el paquete es un fragmento proveniente de una colisión.

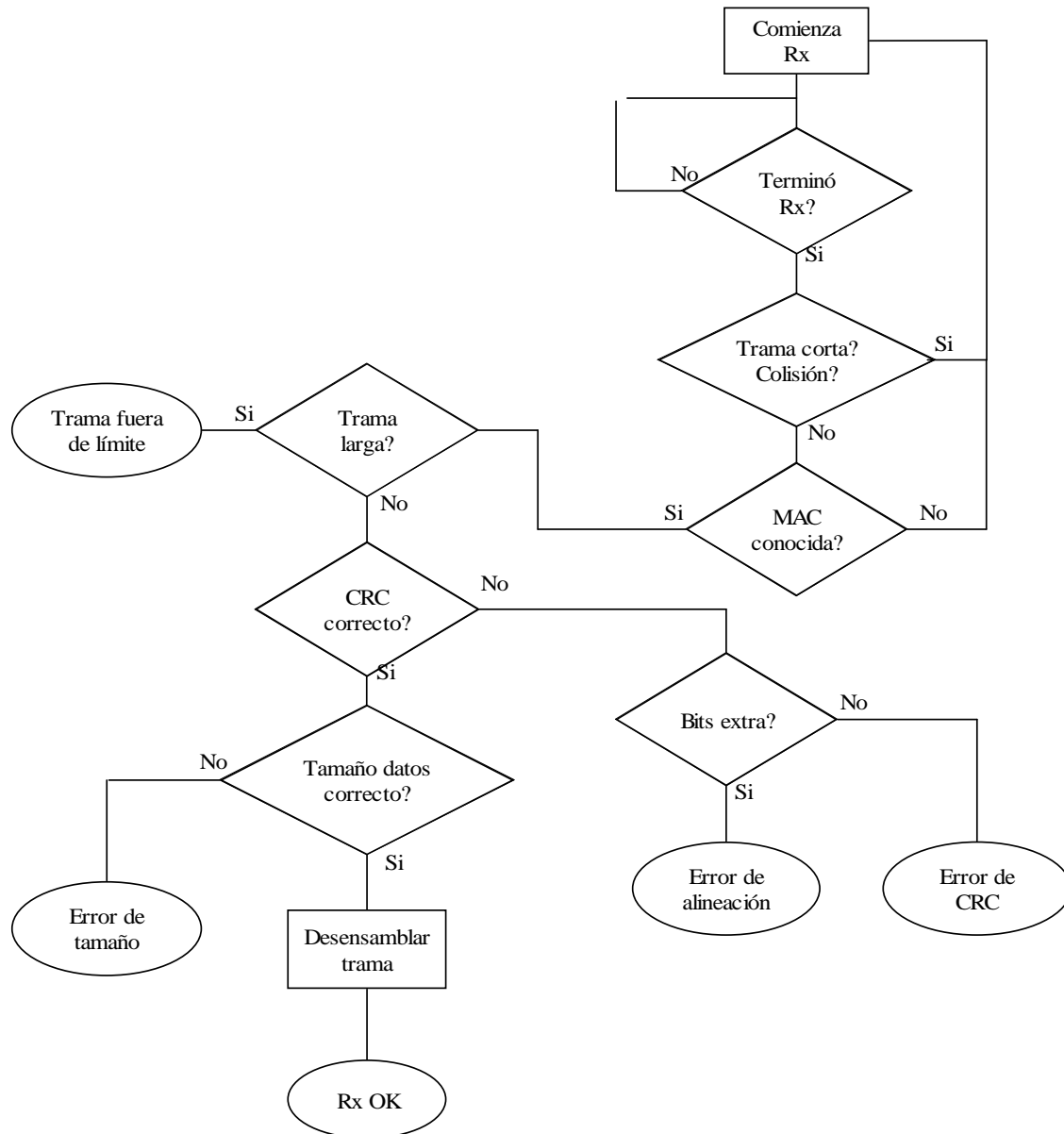


Figura 4.4.4.1.2: diagrama de flujo de proceso de recepción de una trama

#### 2) Chequeo de la dirección de destino

Antes de verificar si el paquete es o no un fragmento, la estación receptora chequea la dirección de destino. Si el paquete posee en el campo destino la dirección MAC de la placa, es un 'broadcast' o un 'multicast' al cual pertenece, procede a verificar la integridad del mismo.

### Redes Ethernet e IEEE 802.3

#### 3) Chequeo de la integridad del paquete:

En este punto tenemos un paquete que cumple con el tamaño mínimo especificado por la norma y su dirección de destino es la de la estación o al menos es una dirección conocida. El problema que queda por verificar del paquete es si los datos contenidos son correctos. Los chequeos que se realizan son los siguientes:

- Largo del paquete: si la trama posee más de 1518 bytes se lo considera sobredimensionado (oversized); problema provocado por un driver de red defectuoso.
- Bits cambiados: consiste en verificar si algún bit ha cambiado (swapped), de cero pasó a ser un uno o viceversa. La detección de bits cambiados se realiza a través del CRC (Cyclical Redundancy Check) o Chequeo Cíclico de Redundancia, que verifica la alineación de la trama.
- Alineación de la trama: si una trama está desalineada los datos que la componen no responden a los 8 bits de límite (algún dato no es un byte completo). Si la trama responde a los 8 bits por byte pero no pasa el test de CRC, se considera un error de CRC.

Si alguno de estos test no es pasado por la trama, los datos contenidos en la misma no se entregan a las capas superiores de la estación.

#### 4) Procesamiento del paquete:

Por más que el paquete haya pasado satisfactoriamente los tests anteriores pueden seguir existiendo problemas en la trama. Si la estación detecta errores de comunicación se debe verificar en la estructura interna del paquete. Un error posible es en los encabezados, que pueden poseer datos erróneos.

#### 4.5 Algoritmo de contención. Colisiones

Muchos podrán pensar que el tiempo mínimo requerido para detectar una colisión es solo el tiempo que tarda la señal en propagarse a través del cable de una estación a la otra, pero esta conclusión es totalmente errónea. Para aclarar esto consideremos el siguiente ejemplo:

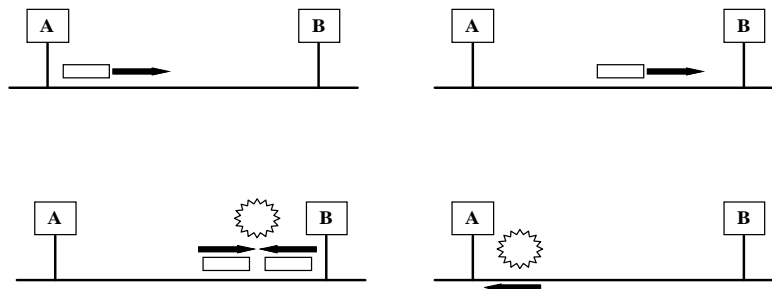


Figura 4.5.1: colisión originada en una red con topología en BUS. Medio de transmisión cable coaxial.

### Redes Ethernet e IEEE 802.3

- En un tiempo  $t_0$  una estación empieza a transmitir.
- Definimos el tiempo  $\tau$ , como el requerido para que una señal se propague entre dos estaciones lejanas (principio\_fin).
- En un tiempo  $t=(\tau-\epsilon)$ , es decir un instante antes de que la señal llegue a la estación más lejana, ésta comienza a transmitir, detectando de inmediato la colisión y se detiene.
- Como resultado de esta colisión se origina una pequeña ráfaga de ruido que no llega a la estación primera hasta un tiempo  $(2\tau-\epsilon)$
- Podemos afirmar que para el peor de los casos, una estación no puede estar segura de que ha tomado el canal hasta que ha transmitido durante  $2\tau$ , sin detectar colisión.
- A causa de esto se modelan las ranuras de contención con un ancho de  $2\tau$ .
- La detección es un proceso analógico, el hardware de la estación

debe escuchar el cable mientras transmite, si lo que lee es distinto de lo que puso en él, sabe que está ocurriendo una colisión.

**Ejemplo:** En un coaxial de 1 Km de longitud, con un  $\tau=5\text{microseg}$ , suponiendo que cada ranura es de 1 bit. Una vez tomado el canal una estación puede transmitir con cualquier tasa que desee, no solo a 1 bit cada  $2\tau$  segundos.

En la siguiente figura puede observarse una red con topología en estrella empleando como medio físico de conexión cable UTP. Una colisión se origina cuando dos o mas estaciones de trabajo transmiten simultáneamente hacia un mismo destino. En este ejemplo, la PC A y la PC B están transmitiendo simultáneamente hacia la PC C.

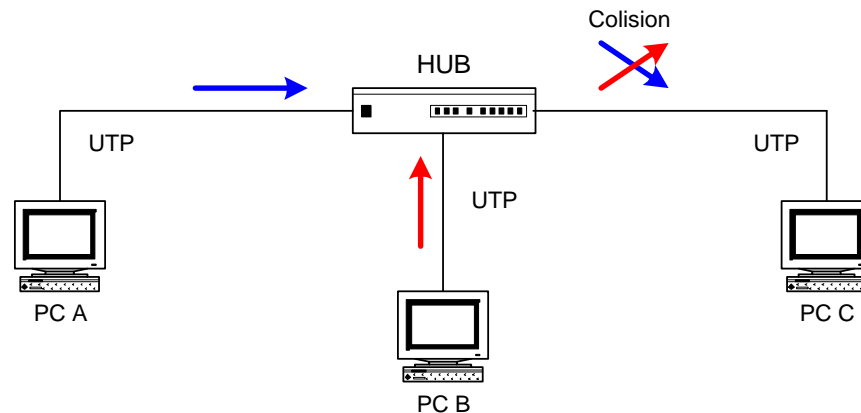


Figura 4.5.2: colisión originada en una red con topología en estrella. Medio de transmisión cable UTP

## Redes Ethernet e IEEE 802.3

### 4.6 Introducción

La tecnología de transmisión Ethernet se compone de hardware y software, que trabaja en forma coordinada para enviar datos entre computadoras. Consta de cuatro elementos básicos.

1. La trama
2. El protocolo de control de acceso al medio
3. Los componentes de señalización
4. El medio físico

#### 4.7.1 La Trama Ethernet

El objetivo principal de todo el hardware que compone una red Ethernet es mover tramas entre estaciones. La trama Ethernet fue descrita originalmente por el consorcio DIX (Digital-Intel-Xerox) y posteriormente estandarizada por la IEEE bajo la norma 802.3. Difieren fundamentalmente en el uso del campo tipo de trama; así fue definido en el estándar DIX, lo que cambió con IEEE que lo transformó en longitud. Como la industria siguió utilizando este campo como tipo, se modificó el estándar para aceptar ambas posibilidades.

#### 4.7.2 Trama según DIX

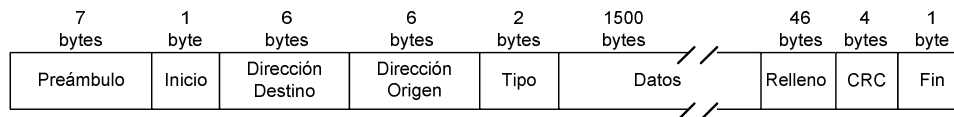


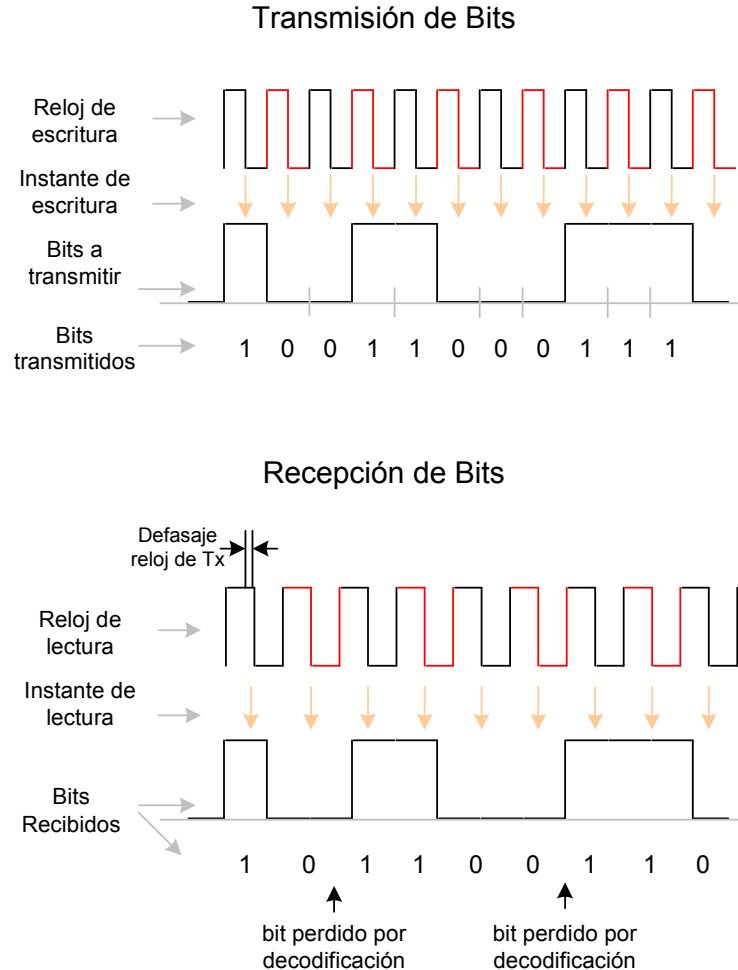
Figura 4.2.1.1: Formato de la trama Ethernet sin campo longitud

- **Preámbulo:** es una sucesión de unos y ceros (1010101.....10). Se asume que la estación de destino puede perder varios, pero solo tiene el objeto de "despertar" las estaciones de la red. Algo similar al "serrucho" sobre el pavimento que solemos encontrar al final de una recta larga en el sistema vial. Además tiene el objetivo de que el receptor establezca la misma frecuencia del reloj de referencia empleado por el transmisor, de esta manera poder comenzar la decodificación de los bits de manera correcta, ya que si el clock de lectura (recepción) es distinto al de escritura (transmisión) se puede equivocar en el proceso de decodificación e interpretar un uno por un cero.

En la figura siguiente pueden observarse el reloj empleado por el transmisor y los bits emitidos en función del clock de referencia. También puede observarse que el reloj del receptor está desfasado (**t segundos**) con relación al clock del transmisor lo que origina una mala decodificación de la cadena de bits recibidos de manera continua. Es preciso ayudarse de un clock para poder determinar el intervalo de muestreo de la cadena de bits continuas recibido e indirectamente saber la duración de cada pulso transmitido. Pensemos que el receptor solo recibe una cadena continua de bits en forma de onda cuadrada con un valor de amplitud o un valor sin amplitud y debe apoyarse en su reloj para la decodificación de los mismos. Como se ve en la figura, debido a una diferencia entre el ancho del pulso de reloj del transmisor y del receptor, este último genera una decodificación incorrecta de la cadena de pulsos recibidos. El pulso del clock de recepción es más ancho que el de transmisión haciendo que se

### Redes Ethernet e IEEE 802.3

decodifiquen mal los pulsos. En la figura se marcan los bits perdidos que debería el receptor haber decodificado.

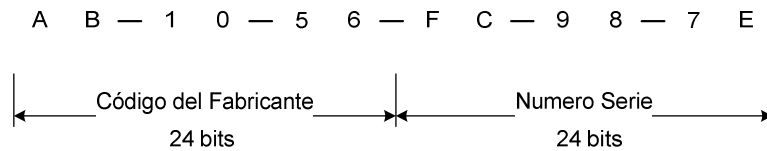


**Figura 4.2.1.2. Desincronización por desfase de clock entre el Tx y el Rx**

¿Cómo se sabe donde termina el preámbulo y comienza la parte útil del paquete? De los 64 bits, 62 son unos y ceros, como dijimos antes; los dos últimos son dos unos, lo que indica a la estación que está "leyendo" la trama (todas las que participan de la red) que a partir de ese punto comienza el campo siguiente.

- **Inicio:** este campo se emplea para que el receptor conozca a partir de que bits comienza la información del encabezado Ethernet. Este campo es necesario ya que el formato de la trama indicado en la figura 4.2.1.1 no contiene un campo longitud que delimite el comienzo de la trama y el fin de la misma.
- **Dirección de Destino:** corresponde la dirección a la que se está enviando la trama. Tiene 48 bits, con el significado que se muestra en la figura.

### Redes Ethernet e IEEE 802.3



**Figura 4.2.1.3: Formato Dirección MAC**

Los números **MAC**, como se denominan habitualmente, están estampados físicamente en la placa por el fabricante, por lo que si no existen irregularidades, ningún número MAC debería repetirse en ninguna tarjeta del mundo.

Los primeros 24 bits son otorgados por la IEEE al fabricante de la placa, prefijo que usará para toda su producción, los restantes 24 bits son un número de serie que estampará el fabricante en forma secuencial. El objetivo de esta forma de numeración es, como se dijo, que no se repita en el mundo el número de una placa.

En este punto hay que distinguir las direcciones físicas de las direcciones de broadcast y de las direcciones multicast. Dirección física de la placa o dirección MAC es lo que estamos describiendo. Las placas Ethernet también pueden recibir direcciones de broadcast y de multicast, que significan difusión a todas o un conjunto de estaciones.

Visto de otra forma, a la dirección física también se le denomina dirección unicast. Las otras dos direcciones, broadcast y multicast, se denominan direcciones multicast, ya que se considera al broadcast como un multicast especial. Básicamente, estas dos formas son una conversación de uno a varios, lo que se realiza por diversos motivos.

En el estándar DIX si el primer bit de una dirección es 0, estamos hablando de una dirección física; si es uno, la dirección es de broadcast o multicast.

En la tabla siguiente figuran direcciones MAC en función del fabricante de la placa de red.

**Tabla 4.2.1.1: MAC según Fabricante**

| Primeros 3 bytes | Fabricante             |
|------------------|------------------------|
| 00-00-0C         | Cisco                  |
| 00-00-0E         | Fujitsu                |
| 00-00-0F         | NEXT                   |
| 00-00-10         | Sytek                  |
| 00-00-1D         | Cabletron              |
| 00-00-20         | DIAB                   |
| 00-00-22         | Visual Technology      |
| 00-00-2A         | TRW                    |
| 00-00-32         | GPT Limited            |
| 00-00-5A         | S y Koch               |
| 00-00-5E         | IANA                   |
| 00-00-65         | Network General        |
| 00-00-6B         | MIPS                   |
| 00-00-77         | MIPS                   |
| 00-00-7A         | Ardent                 |
| 00-00-89         | Cayman System Gatorbox |

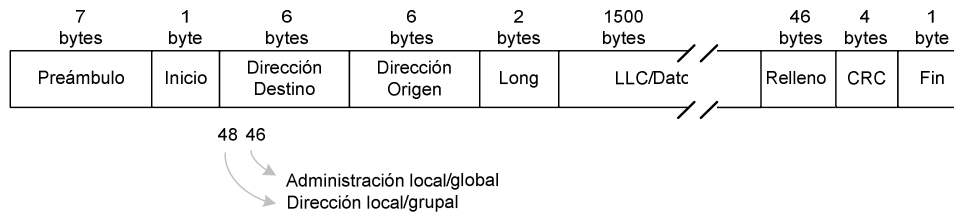


### Redes Ethernet e IEEE 802.3

|          |   |
|----------|---|
| 00-00-93 | Proteon                                 |
| 00-00-9F | Ameristar Technology                    |
| 00-00-A2 | Wellfleet                               |
| 00-00-A3 | Network Application<br>Technology       |
| 00-00-A6 | Network General<br>(asignación interna) |
| 00-00-A7 | NCD                                     |
| 00-00-A9 | Network System                          |
| 00-00-AA | Xerox                                   |
| 00-00-B3 | CIMLinc                                 |
| 00-00-B7 | Dove                                    |
| 00-00-BC | Allen-Bradley                           |

#### Trama según IEEE

En el estándar IEEE tienen importancia los dos primeros bits de una dirección. El primer bit tiene el mismo significado que en DIX, pero el segundo depende de si la dirección de la placa está localmente o globalmente administrada.



**Figura 4.2.1.4: Formato Trama IEEE 802.3**

A partir de este estándar se instaló la posibilidad de que la dirección de las placas puedan ser modificadas por un administrador de red para ser mejor aprovechado en su red. Si no se hace uso de esta posibilidad, se dice que la dirección está administrada globalmente (lo que sucede en forma exclusiva en el estándar DIX); para esto el bit está en cero.

Si este segundo bit está en uno, entonces la dirección de la placa está administrada localmente. A decir verdad en la práctica esta última posibilidad no se utiliza, y se deja siempre la dirección estampada por el fabricante, por lo que una dirección unicast comenzará siempre con dos ceros.

Esta convención se rompe cuando lo que se transmite es una dirección de broadcast, que son todos unos y significa que el datagrama está dirigido a todas las estaciones de la red.

La forma en que se representa una dirección Ethernet es por 12 dígitos hexadecimales, agrupados de a dos y separados por ":" o por "-". Ej.: 52:54:00:DB:6E:79 ó 52-54-00-DB-6E-79

No debe confundirse el orden en que aparecen los bits en el medio con la forma de representación. Lamentablemente son diferentes. Los bytes de la dirección de ejemplo recién mostrada son transmitidos de izquierda a derecha tal como se leen, pero cada byte individual es transmitido del bit menos significativo al más significativo.

## **Redes Ethernet e IEEE 802.3**

Esto quiere decir que el "52" inicial de la dirección se transmite como: "0100 1010" (el primero que se transmite a la izquierda). Observe bien esto y comprenderá que "F0" no es una dirección multicast porque no empieza en la red con "1" sino con "0".

- **Dirección de Origen:** Es la dirección de quien envió la trama; tiene las mismas consideraciones que toda dirección Ethernet. La importancia del origen es sólo para los protocolos de alto nivel si deben responder a lo recibido. En general no se basarán en la dirección indicada en la trama, sino en la dirección física que resuelve una dirección de alto nivel. Sólo se utiliza cuando se está averiguando qué dirección física corresponde a una dirección lógica. Más sobre esto verá en Redes de Computadoras II. Este campo es igual para ambos estándares.
- **Campo VLAN (ID):** Este campo es opcional y no aparece en las figuras anteriores. Está íntimamente ligado al funcionamiento de los switches y será explicado en detalle al tratar estos dispositivos. Básicamente se emplea en configuración entre switches implementando el protocolo IEEE 802.1Q.
- **Campo Tipo/Longitud:** Este es un campo donde difieren los estándares, tal como se explicó antes. Para DIX los 16 bits representan el protocolo de alto nivel que transporta la trama. Para el estándar IEEE puede representar tanto el tipo de trama como una longitud. En realidad, cuando apareció el estándar IEEE en 1985 solo era la longitud, pero como la industria, especialmente los protocolos IP que son mayoritarios siguieron utilizando este campo de acuerdo al estándar DIX, se modificó en 1997 para aceptar esta posibilidad.

### ***¿Cómo se sabe qué está representado?***

La longitud máxima de una trama Ethernet (sin campo VLAN) es de 1518 bytes. Si el número que figura en este campo es igual o menor a este máximo, lo que está representado es la cantidad de bytes LLC (Logical Link Control) que siguen en el campo datos (prestar atención al campo de datos porque en sus primeros bytes se indica el tipo de trama). Como la longitud mínima de un campo de datos es 46 bytes para poder relacionar una colisión con el datagrama que se está transmitiendo, esto posibilita que una estación pueda insertar bytes de relleno si la longitud del campo LLC no permite llegar a este mínimo de 46 bytes.

Si el número en el campo tipo/longitud es mayor o igual a 1536 (0x600 en hexadecimal), lo que se representa es el tipo de protocolo que se transporta (tal como lo hacía el estándar DIX).

El tamaño mínimo de una trama Ethernet sin datos es el siguiente:

MAC Destino + MAC Origen + Tipo + Datos + Relleno + CRC

$$6 + 6 + 2 + 0 + 46 + 4 = 64 \text{ bytes}$$

Donde se ve que agregamos 46 bytes de relleno para poder obtener el valor de trama mínima.

El tamaño máximo de una trama Ethernet con la máxima cantidad de datos es el siguiente:

MAC Destino + MAC Origen + Tipo + Datos + Relleno + CRC

### Redes Ethernet e IEEE 802.3

$$6 + 6 + 2 + 1500 + 0 + 4 = 1518 \text{ bytes}$$

Donde se ve que agregamos 46 bytes de relleno para poder obtener el valor de trama mínima.

Los tipos de protocolos mas empleados sobre las tramas Ethernet son algunas de los detallados en la siguiente tabla.

**Tabla 4.2.1.2: MAC según Fabricante**

| Tipo Protocolo | Protocolo                   |
|----------------|-----------------------------|
| 0x0800         | IPv4                        |
| 0x0806         | ARP                         |
| 0x8035         | RARP                        |
| 0x809B         | AppleTalk                   |
| 0x80F3         | AARP (AppleTalk ARP)        |
| 0x8100         | Identifica etiquetas 802.1Q |
| 0x8137         | Novell IPX                  |
| 0x8138         | Novell                      |
| 0x86DD         | IPv6                        |
| 0x8847         | MPLS Unicast                |
| 0x8848         | MPLS Multicast              |

- **Campo de Datos:** Para el estándar DIX este campo lleva solamente datos. Para el estándar IEEE la longitud es la misma (de 46 a 1500 bytes), pero los primeros bits representa el protocolo LLC, que está descrito en el estándar 802.2 LLC.
- **Campo FCS:** FCS significa (Frame Check Sequence) y es una verificación de integridad de la trama, lo que se realiza utilizando la generación de un valor denominado CRC (Cyclic Redundancy Check). Este valor de 32 bits se produce al transmitir la trama y se comprueba en la estación de destino. Lo primero que hace un receptor al recibir una trama es comprobar su integridad, para después ver a quien está dirigida; si la integridad no se comprueba, la trama es descartada sin ninguna clase de aviso.

Se basa en generar un polinomio binario cuyos coeficientes son afectados por la cadena de bits a transmitir. Para los cálculos se usa la aritmética polinomial, que es módulo 2 de acuerdo a la teoría de los campos algebraicos. No hay acarreo en las sumas ni préstamos en las restas (operador XOR).

El punto de origen es considerar la división común de números binarios. Para esto como en cualquier división tenemos un dividendo, un divisor, un cociente y un resto. No nos interesa el cociente, sino el resto, que como en todas las divisiones es menor que el divisor

#### 4.8 Reglas de Acceso al Medio (CSMA/CD)

El protocolo original Ethernet es "**half duplex**", lo que significa que el diálogo se realiza en un solo sentido en un instante cualquiera.

Para iniciar una transmisión, una estación debe esperar la ausencia de portadora en el canal, o sea que mientras perciba una portadora está impedida de transmitir.

Basándonos en la figura 4.2.2.1 podemos asegurar que una estación de trabajo va a detectar una colisión en el peor de los casos al doble de



### **Redes Ethernet e IEEE 802.3**

adopta para asegurar que el primer bit transmitido por A sea recibido por B, y en ese instante el ultimo bit de la trama que se esta enviando salda de A. Al ocupar todo el canal, ninguna otra estación de trabajo puede transmitir porque detectara que el medio esta ocupado.

Cuando cesa la portadora la estación debe esperar un tiempo denominado IFG (InterFrame Gap - Intervalo entre Tramas) y luego comienza a transmitir. Este intervalo IFG son 96 tiempos de bit, que para 10 mbps representan 9,6 microsegundos. Una vez que comenzó la transmisión, la estación monitorea la señal que está en el medio; si difiere con lo que ella está insertando, significa que ha habido una colisión y el proceso se llama detección de colisión.

En el caso de detectar una colisión, sigue transmitiendo 32 bits más para reforzar esta colisión, que no es un accidente sino una contingencia normal en Ethernet y sirve para que la o las otras estaciones que colisionaron se enteren rápidamente del suceso, por más distantes que se encuentren y reaccionen de acuerdo a las normas del protocolo.

Después de detectada una colisión, las estaciones esperan un tiempo aleatorio (denominado backoff time) y vuelven a intentar la transmisión; si hubiera una nueva colisión (lo que es poco probable) vuelven a repetir este mecanismo pero ahora con un tiempo mayor, esto es, el tiempo aleatorio se elige en un intervalo mayor que el anterior.

Una vez que una estación en 10 o 100 mbps han transmitido 512 bits sin detectar una colisión, se dice que han "adquirido" el canal. ¿Qué significa esto? Habiendo transcurrido 512 bits (slot time), la señal ha llegado a todos los extremos de la red en forma limpia, lo que significa que todas las estaciones han tenido la oportunidad de "escuchar" la portadora y de acuerdo al protocolo no están habilitadas a transmitir, por lo que de buena fe y respetando el protocolo, deben quedarse "calladas". Toda colisión que se produzca a partir de este momento (lo que se denomina colisión tardía) es un problema serio y bastante engorroso para detectar; en realidad representa una anomalía en el funcionamiento de la red.

Este tiempo de ranura (slot time) está dado por la demora de la señal en realizar un viaje completo (round trip) y representa el tiempo en ir y la vuelta de una colisión con la estación más lejana. Como se comprenderá, este es el principal condicionante de las longitudes máximas de cableado para las distintas tecnologías y la cantidad de repetidores que pueden colocarse. Ver figura 4.2.2.1.

Volviendo al tema colisión tardía, cuando un dispositivo de red detecta esta situación, es un serio aviso al administrador para que corrija el problema. Las causas habituales son: errores en configuración de las placas al aparecer algunas en operación full duplex (tratado más adelante) y excesiva modulación cruzada en cables UTP. En esta clase de cables se detecta una colisión porque hay tráfico tanto en el alambre saliente como entrante; una intermodulación excesiva produce también este efecto. En este caso la solución es instalar cables de buena calidad que respondan a la norma, no sobrepasar las extensiones máximas, y la colocación correcta de los conectores en los extremos. En síntesis, una instalación debe ser certificada con el equipamiento adecuado de que está en condiciones y no tiene defectos de este tipo.

El mayor inconveniente que ocasionan las colisiones tardías para la operación global es que la estación que transmitió una trama la da como transmitida y no repite la operación como lo hubiera hecho con una colisión normal. Esto significa que quien detectará la pérdida es uno de los protocolos de alto nivel (ej. TCP), para lo que disparará un temporizador y

### **Redes Ethernet e IEEE 802.3**

si no le es reconocido el paquete, lo retransmirá. Los tiempos en este caso son mucho más altos que los de Ethernet y la transmisión global se hace muy lenta.

#### **4.8.1 Tiempo de Espera**

En el caso de producirse una colisión, las estaciones deben esperar un múltiplo del tiempo de viaje completo. Para determinarlo se usa el siguiente algoritmo:

$$0 \leq r < 2k$$

siendo  $r$  el factor por el que se multiplica el tiempo de 51,2 microsegundos para 10 mbps. El límite superior tiene una componente  $k$  que significa:

$$k = \min ( n, 10 )$$

$n$ : es el número de colisión, valor que si supera 10 (muy improbable)  $k$  queda fijado en 10.

Ejemplo: si se tiene la primera colisión, el valor de  $k$  estará entre 0 y 1, con la segunda entre 0 y 3, y así sucesivamente. Si se producen 16 colisiones sucesivas, la interfaz de red renuncia a transmitir.

#### **4.8.2 Operación Half Duplex en Ethernet Gigabit**

La realidad es que Ethernet Gigabit se hace en la práctica solo en modo full duplex y los fabricantes no tienen en sus planes implementarlo en half duplex. A pesar de esto existe un estándar para esta modalidad de transmisión.

Como no le dan los tiempos a Ethernet Gigabit para seguir sosteniendo una trama mínima de 512 bits, se apeló a un artificio que se denomina "extensión de trama", lo que se hace transformando los 512 bits en 512 bytes. Esto no altera la trama básica, pero agrega una extensión que no es parte de ella, o sea que si la trama no alcanza los 512 bytes, se le agrega la extensión mencionada hasta esa cifra. Si supera esta cantidad, obviamente no lleva relleno.

Esto hace muy ineficiente el canal para tramas pequeñas, lo que se contrarresta con un ingenioso mecanismo denominado "frame bursting" o ráfaga de tramas, que funciona de la manera siguiente:

La primera trama del bloque se transmite normalmente y es la que puede colisionar; una vez que se comprueba que no colisionó, la estación rellena el IFG (InterFrame Gap) con caracteres que son reconocidos como tales; esto hace que transcurrido el tiempo IFG comience la transmisión de la trama siguiente y así sucesivamente hasta alcanzar un límite máximo de 65535 bits.

De esta manera la extensión de trama no es necesaria y mediante este artificio se transmiten varias tramas en bloque con el consiguiente aumento de eficiencia para tramas pequeñas.

Las mediciones han demostrado que usando extensión de trama la velocidad de Ethernet Gigabit es solo el doble de Fast Ethernet, en cambio con ráfaga de tramas esta velocidad aumenta a unas 9 veces Fast Ethernet. Esto está muy cerca del límite teórico de 10 veces.

### **Redes Ethernet e IEEE 802.3**

No debe olvidarse que esto se usa solo para tramas pequeñas, no siendo necesario para un conjunto de tramas que individualmente superan los 512 bytes.

En el apartado correspondiente se verá que para Ethernet Gigabit full duplex no es necesaria la extensión de trama, ni mecanismo de compensación.

#### **4.8.3 Dominio de Colisión**

Los repetidores y hubs (estrictamente se denominan repeater hubs) funcionan en la capa uno del modelo OSI, repitiendo las señales eléctricas que reciben en todos los puntos que conectan, incluyendo el reforzamiento de una colisión, para que todos se enteren de que hubo una colisión.

De acuerdo a la fórmula ya vista  $0 \leq r < 2k$  donde  $k = \min(n, 10)$

k tiene un máximo de 10, lo que indirectamente está indicando que el número máximo de máquinas que pueden intervenir en un dominio de colisión es  $2^{10}$  (1024). En este dominio de colisión intervienen solamente hubs y repetidores. Esto no representa el número máximo de máquinas en una instalación geográfica ya que la utilización de switches, tal como se verá más adelante, genera dominios de colisión distintos, de los que cada uno de ellos pueden tener hasta 1024 estaciones.

#### **4.8.4 Efectos Adversos en el Protocolo MAC**

Cuando hay una estación muy rápida en la red que tiene mucho que transmitir, se puede producir un fenómeno no deseable denominado efecto captura, que se explica de la manera siguiente:

Si colisionan dos estaciones en la red, ambas van a la demora aleatoria. La que gana la contienda, aparte de transmitir, coloca en cero su contador de colisiones; si es muy potente y tiene mucho que transmitir, no bien terminó vuelve a "luchar" por el canal, con mejores posibilidades ya que su contrincante ha aumentado el rango de valores aleatorios (número k) y tiene una probabilidad muy alta de elegir un número mayor (quien obtiene el número menor es el que gana), por lo que volverá a perder la instancia siguiente.

Este mecanismo puede repetirse varias veces, empeorando cada vez más las posibilidades de la estación que pierde. Transcurridos 16 períodos, la estación que no pudo transmitir descarta su propósito, pero el protocolo de alto nivel, después de un período de timeout seguramente intentará de nuevo y en este caso vuelven a estar en igualdad de condiciones.

Este efecto ha mostrado no ser muy pernicioso en la práctica, por su escasa frecuencia de ocurrencia. Por este motivo las soluciones propuestas no prosperaron. Es probable que se manifieste en operaciones de respaldo (backup) a través de red con hubs, lo que nos da una explicación de este comportamiento de red que a veces manifiestan los operadores de sistemas.

#### **4.8.5 Multiplexación de Datos**

Multiplexación de datos se refiere a la posibilidad de que varios protocolos de alto nivel estén circulando por la misma red Ethernet, conviviendo en forma pacífica y sin molestarse entre ellos.

### Redes Ethernet e IEEE 802.3

Esto es implementado en el estándar DIX por el campo tipo. En el estándar IEEE lo hace el mismo campo que ahora se denomina longitud/tipo, permitiéndose que una misma máquina esté enviando y recibiendo tramas que responden a una o a otra forma sin inconvenientes.

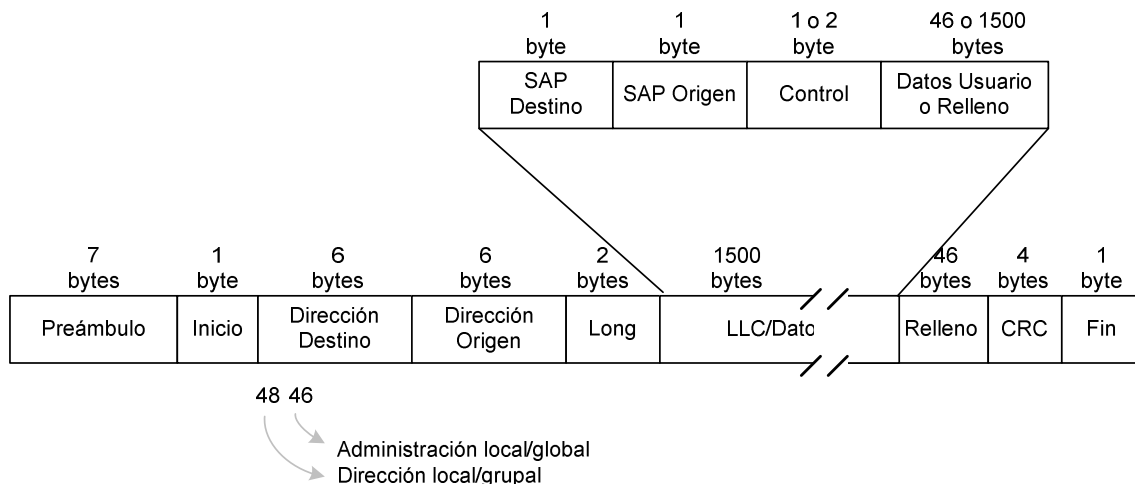
Globalmente al proceso se lo conoce como multiplexación/demultiplexación ya que quien multiplexa es el emisor; en cambio, el receptor demultiplexa la trama.

Para el caso de 802.2 LLC, el protocolo de alto nivel está indicado en los primeros bytes del campo de datos, cuando el campo tipo/longitud está usado como longitud, tal como muestra la figura 4.3.5.1.

Esta aparente complicación se debe a que IEEE genera estándares más amplios que lo necesario para redes Ethernet, por lo que se contempla un campo separado de tipo para tecnologías de LAN no Ethernet.

Es importante reconocer que Ethernet se está imponiendo a velocidad vertiginosa, que se ha "reinventado" varias veces, agregándole capacidades insospechadas en sus comienzos y muy probablemente se convierta en el futuro en la tecnología casi excluyente.

Dentro de LLC existe otra especificación importante, conocida como SNAP (Sub-Network Access Protocol). SNAP identifica otro conjunto de bits en el campo de datos que sirven para control. Básicamente la información que transporta son los antiguos números de protocolo. Esto permite utilizar la misma numeración para el envío de protocolos de alto nivel sobre otras tecnologías.



**Figura 4.5.3.1: Multiplexacion SubCapa LLC**

#### 4.8.6 Operación Full Duplex

A partir de la aparición de los switches, que separan los dominios de colisión, tal como se explicará en el módulo correspondiente, tuvo cabida la tecnología full duplex.

Esto significa que una estación de red puede transmitir y recibir simultáneamente. Para esto se necesita que los canales de entrada y salida



### **Redes Ethernet e IEEE 802.3**

estén separados, lo que se logra con las tecnologías de UTP (Par Trenzado no Blindado) y fibra óptica. Por otra parte, esto no solo es necesario para full duplex, sino para el trabajo con switches, por lo que quedan descartados los cables coaxiales.

Como una estación puede transmitir simultáneamente con la recepción, en la práctica el ancho de banda se duplica. En Fast Ethernet que funciona a 100 mbps para el modo half duplex, se incrementa su capacidad a 200 mbps.

El estándar IEEE que contempla la operación full duplex es el 802.3x y fue liberado en marzo de 1997.

**Con la operación full duplex queda anulado el protocolo CSMA/CD, ya que la conexión entre una estación y el switch no es compartida con otros equipos.**

Uno de los peores errores que se producen en la operación de redes es que un sistema dentro del mismo tramo de cable esté configurado para full duplex y el otro para half duplex. El conjunto sigue funcionando, lamentablemente, pero con la estación en full duplex ignorando el sensado de portadora y transmitiendo cuando lo necesita, por lo que la estación que está en half duplex interpretará que ha habido una colisión, con una alta probabilidad de que sea una colisión tardía con las consecuencias que ya se explicaron y la consiguiente pérdida de trama.

En general no se recomienda la operación full duplex cuando existen transceptores externos, esto es, cuando el modulador se encuentra fuera de la placa de red, como sucedía con las primeras placas Ethernet y que todavía existen. Esto sucede porque en general los transceptores externos no fueron preparados para la operación full duplex y aunque coloquemos la placa de red en full duplex, en realidad el transceptor no trabajará de esa forma, con los consiguientes inconvenientes.

Una ventaja importante derivada del modo full duplex es que la limitación del tiempo de viaje completo que existía por el protocolo CSMA/CD desaparece. Esto es debido a que no hay que llevar la misma señal a todos los extremos de la red y esperar su posible colisión. De todos modos, para la tecnología UTP no representa una ventaja efectiva ya que los 100 m. de distancia máxima de enlace siguen subsistiendo por las características eléctricas del cable. Sí se puede establecer con fibra óptica, llegando a tener segmentos de una longitud mucho mayor; por ejemplo un segmento de fibra multimodo que operando en modo half duplex a 100 mbps puede tener una extensión de 412 m., en operación full duplex extiende esta longitud a 2 km. Para la tecnología de fibra monomodo (que se verá más adelante) esta distancia alcanza a 20 km.

El tráfico en todo tipo de redes es creciente y la tendencia no parece cambiar. Esto somete a los switches a un trabajo para el que no están preparados en todos los casos; también, adoptar mayores recursos como incrementos de memoria para buffering, mayor capacidad de conmutación, etc., conducen a equipos mucho más caros. Por este motivo se han adoptado algunas aproximaciones que permiten un control de flujo que alivia el trabajo de estos equipos.

Para el caso half duplex es común que los switches generen colisiones a propósito cuando están cerca de saturar su capacidad de buffering; esto les permite generar contiendas por el medio, que tienen buenas posibilidades de ganar y así aliviar su trabajo.

Para el caso full duplex la situación es diferente, porque no pueden apelar a este mecanismo ya que no hay colisiones. En su lugar se utilizan

### Redes Ethernet e IEEE 802.3

tramas de control que se envían entre dispositivos; están definidas en el estándar 802.3x y por ahora tienen pocas funciones, pero es un camino adecuado para que se incorporen muchas más en el futuro.

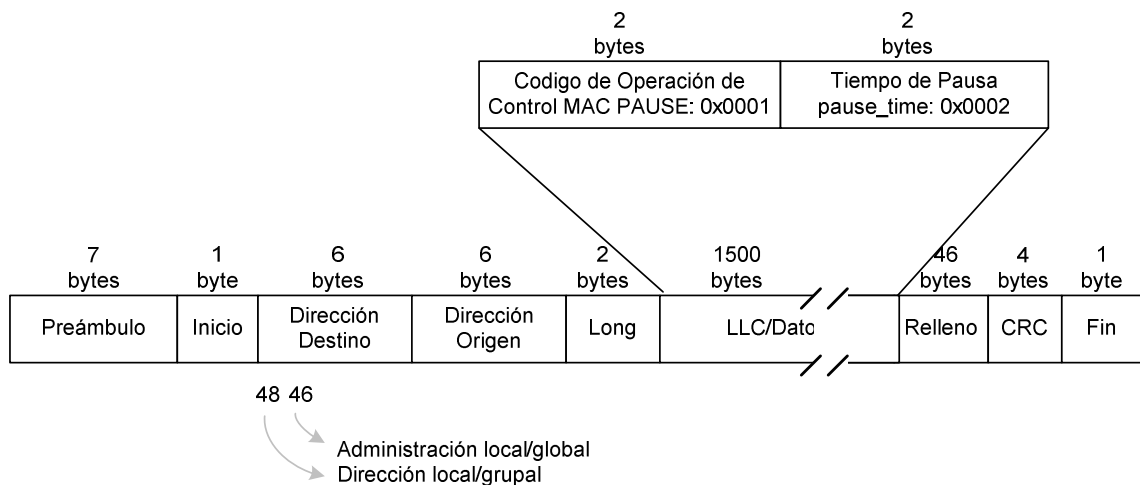
El sistema de control MAC es opcional, pero si está habilitado corresponde a tramas con el tipo 0x8808 (hexadecimal). Debería estar claro que quienes no la entienden simplemente la ignorarán. Quienes están habilitados comprenden al decodificar que es una trama de control y actúan en consecuencia sin pasarla a ningún protocolo de alto nivel.

Las tramas de control MAC contienen códigos de operación en los dos primeros bytes del campo de datos. Estos códigos de operación indican el tipo de control que portan.

Control PAUSE. Es el código de operación 0x0001, y la estación que solicita la pausa lo envía a la dirección multicasting 01:80:C2:00:00:01, la que está reservada especialmente a este efecto.

Generalmente, después del código de operación va un argumento que sirve a la operación (si es necesario). En el caso de la PAUSA, este campo tiene 2 bytes e indica el tiempo medido en múltiplos de la demora que tienen 512 bits (denominado quanta); como son 2 bytes el valor máximo es 65535. La estación receptora solicita no recibir tramas en ese período.

Gráficamente la indicación es como se ve en la figura:



**Figura 4.3.7.1: Tramas de control**

#### 4.8.7 Autonegociación

Autonegociación es la configuración automática de varios parámetros en la transmisión de señales Ethernet. Está en el apartado 802.3u del estándar.

Esto facilita bastante la tarea del instalador. Funciona solamente para Par Trenzado no Blindado, pero no para fibra óptica, excepto para la velocidad de 1 gbps.

## **Redes Ethernet e IEEE 802.3**

### **4.8.7.1 Premisas de autonegociación**

Se produce solamente una vez al comienzo cuando se activan las interfaces, antes de la transmisión de cualquier trama. Utiliza su propia forma de señalización.

Solo es posible en un segmento de enlace, el que es compartido solamente por dos estaciones. Es el caso común en conexiones mediante switches.

Tiene un sistema de señalización propio denominado FLP (Fast Link Pulse - Pulso de Enlace Rápido).

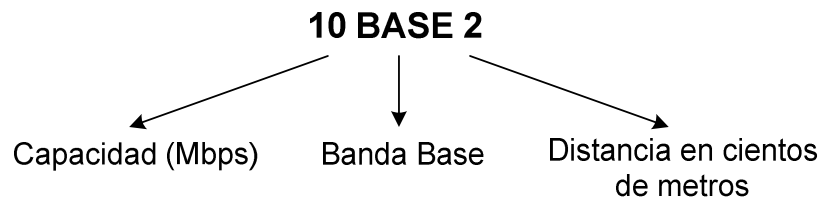
Dentro de este proceso ambas extensiones exhiben sus capacidades y la conexión se termina realizando en las mejores condiciones soportadas por ambos, tanto en velocidad como en el modo de operación, half o full duplex.

Un administrador de red debe ser cuidadoso, ya que la autonegociación no resuelve todo. Esto es especialmente cierto en relación a la categoría de los cables existentes en una instalación; por ejemplo es posible que las condiciones del cableado no permitan una operación de 100 mbps, sin embargo las estaciones que están en los extremos sí pueden ir a esa velocidad; el proceso de autonegociación que se realiza a 10 mbps acepta la posibilidad y una vez que ambas estaciones conmutan a la velocidad más alta, el vínculo deja de funcionar, o lo que es aún peor, comienza a funcionar en forma intermitente.

### **4.9 Cableado para redes Ethernet**

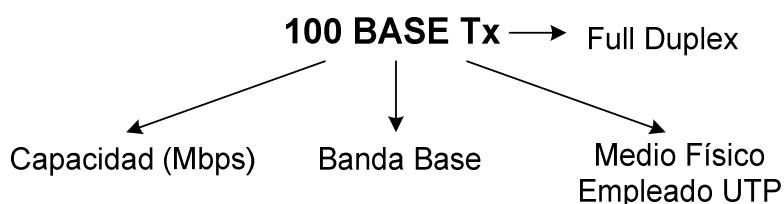
Todo dispositivo de red necesita para su conexión una interfaz. Esta interfaz de la capa de enlace da datos debe poseer un conexionado y electrónica adecuada para permitir la unión del medio físico a la mencionada interfaz.

Las interfaces de las placas de red de las estaciones de trabajo, servidores y dispositivos de red se identifican de la siguiente forma.



- **10**: Capacidad de Transmisión en Mbps.
- **BASE**: Señal a transmitir es enviada en banda base (sin sufrir modulación).
- **2**: distancia en cientos de metros.

### Redes Ethernet e IEEE 802.3



- **100**: Capacidad de Transmisión en Mbps.
- **BASE**: Señal a transmitir es enviada en banda base (sin sufrir modulación)
- **Tx**: medio físico empleado y modo de operación en full duplex (indicado por la letra x)

En las siguientes tablas se muestra un resumen de todas las interfaces disponibles en el mercado en función de el medio físico empleado, la distancia de cobertura entre el origen y el destino, capacidad del enlace, señalización en banda base empleada para la transmisión, características del cable, posibles topologías a adoptar en la red de datos, etc.

Tabla 4.4.1: Estándares de cableado para redes Ethernet de 10 Mbps

|                                | 10 Base-5             | 10 Base-2             | 10 Base-T             | 10 Ancha36           | 10 Base-FL       |
|--------------------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|----------------------|------------------|
| <b>Medio Transmisión</b>       | Cable Coaxil 50 Ohms  | Cable Coaxil 50 Ohms  | Par Trenzado          | Cable Coaxil 75 Ohms | Fibra Optica MM  |
| <b>Técnica de señalización</b> | Banda Base Manchester | Banda Base Manchester | Banda Base Manchester | Banda Ancha DPSK     | Manchester Si/No |
| <b>Topología</b>               | Bus                   | Bus                   | Estrella              | Bus                  | Estrella         |
| <b>Longitud máxima</b>         | 500                   | 185                   | 100                   | 1800                 | 2000             |
| <b>Nodos por segmento</b>      | 100                   | 30                    |                       |                      | 33               |
| <b>Diámetro del cable</b>      | 10 mm                 | 5 mm                  | 0,4 – 0,6 mm          | 0,4 – 1,0 mm         | 62,5/125 mm      |

Tabla 4.4.2: Estándares de cableado para redes Ethernet de 100 Mbps

|                                | 100 Base-Tx       | 100 Base-Fx            | 100 Base-Fx           | 100 Base-T4       |
|--------------------------------|-------------------|------------------------|-----------------------|-------------------|
| <b>Medio de Transmisión</b>    | 2 Pares Trenzados | Fibra Optica Multimodo | Fibra Optica Monomodo | 4 Pares Trenzados |
| <b>Técnica de Señalización</b> | 4B 5B, NRZI       | 4B 5B, NRZI            | 4B 5B, NRZI           | 8B 6T, NRZ        |
| <b>Longitud Máxima</b>         | 100 m             | 2000 m                 | 16000 m               | 100 m             |
| <b>Nodos por Segmento</b>      | 100               | 30                     |                       |                   |
| <b>Diámetro del Cable</b>      | 0,4 – 0,6 mm      | 62,5/125 µm            | 9/125 µm              | 0,4 – 0,6 mm      |

## Redes Ethernet e IEEE 802.3

**Tabla 4.4.3: Estándares de cableado para redes Ethernet de 1000 Mbps**

|                                | 1000 Base-Tx      | 1000 Base-Sx           | 1000 Base-Lx          | 1000 Base-LH          |
|--------------------------------|-------------------|------------------------|-----------------------|-----------------------|
| <b>Medio de Transmisión</b>    | 4 pares trenzados | Fibra Optica Multimodo | Fibra Optica Monomodo | Fibra Optica Monomodo |
| <b>Técnica de Señalización</b> | TX/T2             |                        |                       |                       |
| <b>Longitud Máxima</b>         | 100 m             | 220 m                  | 10000 m               | 70000 m               |
| <b>Diámetro del Cable</b>      | 0,4 – 0,6 mm      | 62,5/125 $\mu\text{m}$ | 9/125 $\mu\text{m}$   | 9/125 $\mu\text{m}$   |

### 4.10 Códigos de Señalización

En la siguiente figura se observa la codificación empleada para la señalización de las diferentes interfaces de red descritas en la sección 4.5. Se agregan algunas adicionales empleadas para telefonía y otros servicios.

