

## **Curso LAN del COPITEC**

### **Julio 2003**

### **Génesis de las LAN**

Una red de área local LAN (Local Area Network), permite disponer de 2 o más computadoras, en uso compartido de disco rígido, impresoras, servidores, base de datos, etc.

En los inicios de la década de 1970 se usaban redes de datos conformadas por una computadora de gran porte (mainframe), con terminales alejadas, que reemplazaban de este modo a las líneas dedicadas permanentes de alto costo. Estas con terminales en todo el país, tomaron el nombre de IBERPAQ en España o ARPAQ en Argentina.

En 1974 Xerox concibió una LAN experimental, que en 1977/78 publicó en White Paper.

En ese entonces Intel fabricaba chips. Para cada aparición de un chip desarrolla un software y un hardware en plaqueta. Para ello operaba con MDS (Múltiple Dataset System), los que posibilitaban correr emuladores. Los emuladores permiten operar al MDS como microprocesador. Ensamblando una plaqueta desarrollada en el MDS, se facultaba el análisis de su software y hardware, establecer su comportamiento, detección y corrección de eventuales fallas y programas. Por cada chip se acompañaba un nuevo programa de software y los compiladores que convertían los lenguajes de alto nivel en códigos de máquina, como ser el Assembler. El MDS, significaba una herramienta valiosa pero excesivamente costosa.

En el año 1979, se conformó la corporación Digital, Intel y Xerox, que se denominó DIX, con la finalidad de crear una red que pudiese interconectar sus respectivas máquinas. Esta asociación ideó la red Ethernet.

En febrero de 1980 se crea el grupo 802 de la IEEE para la emisión de las normas LAN.

El nacimiento de estas redes coincidió con el lanzamiento de la computadora personal PC (Personal Computer) por parte de IBM, en 1980. Esta PC fue el resultado de aunara los proyectos licitados a 30 empresas consultoras expertas.

La PC es un hardware muy elemental que comprende un microprocesador y dispositivos como la memoria de acceso aleatoria RAM (Random Access Memory), de solo memoria el ROM (Read Only Memory), la pantalla, mouse y el teclado. Su software comprende un sistema operativo, como ser Winword y un BIOS. El sistema básico de entrada salida BIOS (Basic In Out System) permite cuando se activa una PC, operar el teclado, mouse, pantalla y el disco rígido, a fin de cargar el sistema operativo.

Cuando IBM establecen las PC en red, crea la placa de red y con ella, el BIOS de red NetBIOS. El NetBIOS ofrece a los programas de aplicación un conjunto de uniforme de comandos solicitar los servicios de red necesarios para establecer las sesiones entre las PC de la red y transmitir los datos entre ellas. El NetBIOS es un interfase de programa de aplicación API (Application Programation Interface), que permite la utilización de los programas de aplicación en red compatible, como ser IBM, OS/2, UNIX o MS-DOS.

El servicio transporte de datos se realiza por medio de la interfaz de usuario NetBEUI (Net Basic Extend User Interface).

La aparición de las PC le permite a Intel continuar ofreciendo los compiladores y emuladores como herramienta de desarrollo de software, pero ahora usándolos sobre las PC, de costo mucho menor y a mayor velocidad digital.

En esa misma década de 1980 surgen hasta 10 diferentes tipos de LAN, luego se fue depurando. Tienen una limitación de unos 3 Km, como ser un campo universitario o una planta fabril.

## **MAN y WAN**

A fines de la década de 1980 se requiere superar la limitación de los 3 Km de una LAN. Para ello se ideó interconectar varias LAN. En ese entonces esta interconexión estaba limitada a una ciudad por la atenuación del enlace. Aparecieron las MAN (Metropolitan Access Network). Aunque las LAN podían operar a 10 Mb/s, el enlace público estaba limitado a solo 64 Kb/s o a lo sumo 2 Mb/s. Para ello se ideó el interfaz-para-datos-distribuidos-por-fibra FDDI (Fiber Distributed Data Interface), de norma propietaria y el servicio-de-datos-conmutados-multimegabit SMDS (Switched Mutimegabit Data Service), con norma IEEE 802.6.

En ellas se resolvían, mediante una topología de dos anillos de fibra óptica y operando a 100 Mb/s. Entonces, interconectar 2 LAN a 10 Mb/s no representaba ningún problema.

En Argentina el sistema FDDI se empleó poco como entorno MAN. En esos años no había ni alta velocidad en cable, ni fibra óptica. Mediante PDH se podía alcanzar hasta 1920 Kb/s. Solo se la empleó para LAN interna de edificios, con uso de backbone vertical de fibra.

El uso de MAN le correspondió a la aparición, en 1990, del ATM que cumplía esa función y podía constituir las WAN, desplazando la práctica de las MAN. La técnica ATM se emplea para velocidades significativas de 155 Mb/s o superiores, por lo que se usa generalmente sobre fibra, empleando SONET /SDH o DWDM. Por ello desplazó prontamente el uso de FDDI y SMDS, en 100 Mb/s.

Actualmente usando un pelo de fibra, propia o alquilada, y un canal STM-1 se obtiene 155 Mb/s. Se podrá utilizar Fast Ethernet y disponer hasta de 100 Mb/s, o con GigaEthernet podemos, hoy hasta 40 000 Mb/s, cubrir dos puntos distanciados de una ciudad, lo que significa un muy alto ancho de banda.

En el entorno LAN Ethernet, con 6 máquinas, 6 cables y un Hub disponemos de 100 Mb/s con una implementación muy económica. No así en WAN con ATM, hasta ahora oneroso.

## **Modelo OSI / ISO**

Este modelo representa un esquema figurado, del cual el Nivel 1 (físico) y el Nivel 2 (de enlace) constituyen el entorno LAN. El Nivel 3 (red) y el Nivel 4 (transporte) pertenecen ya a una WAN. Actualmente, las funciones de los niveles 5, 6 y 7 son asumidas por los niveles inferiores o las mismas aplicaciones que están operando al ámbito superior.

El Nivel 1 físico, se dispone las características del cable a transmitir los datos, sus conectores, a que velocidad operará y sus codificaciones de línea. En el Nivel 2 de enlace, se especifica como se va a usar el medio. Si en el nivel 1 se dispuso 10 Mb/s, acá se indicará con que técnica y según la LAN disponible. En el Nivel 3 de red, tendremos fundamentalmente al protocolo-de-Internet IP (Internet Protocol). En el Nivel 4 de transporte, el protocolo-de-control-de-transporte TCP (Transmission Control Protocol). En los niveles superiores tenemos los sistemas operativos, los que se montan sobre TCP, por ejemplo UNIX, Novell, Windows, o SNA de IBM.

Se podrá confeccionar un programa que maneje toda la PC sin usar Windows. Este programa operará mediante el sistema-operativo-de-disco DOS (Disk Operating System) y el BIOS. Se podrá, cambiando las interrupciones, por ejemplo visualizar en pantalla distintas operaciones de texto (color, tintinear o elegir caracteres, etc.)

En las Capas 4 y 3 en vez de tener TCP/IP, se podrá tener el NetBIOS

## NetBIOS y NetBEUI

También en una red básica (Fig. 1). operar con NetBIOS.

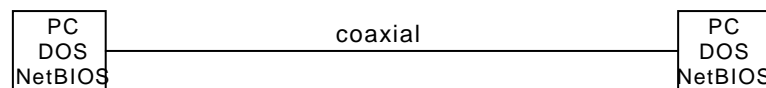


Fig. 1 - LAN básica

El programa de red hace uso de las funciones NetBIOS para la comunicación entre máquinas. Se emplea las interrupciones de NetBIOS para enviar o escuchar mensajes, armar grupos de trabajo, salir o entrar de los grupos, etc. Este programa lo disponía el sistema operativo de por ejemplo Novell. Cuando apareció WIN 3.1, éste no tenía la posibilidad de conexión en red, pero sí al surgir el WIN 3.11 y posteriores.

El NetBIOS opera así sobre los niveles LAN, Capa 1 y 2, pero para operar en Networking superiores, es necesario tener los protocolo TCP/IP, Capas 4 y 3, sobre los niveles LAN.

El NetBEUI se divide en dos interfaces. Una superior que opera hacia arriba con los sistemas operativos, por ejemplo con Windows 98, para que este haga uso de las funciones de NetBIOS. Otra interfaz inferior que opera con la LAN. Ésta, denominada NetBEUI, tiene funciones de comunicaciones y permite la entrega de tramas en estructuras de formato. Por ejemplo textos en formato de tramas.

El software NetBIOS, opera limitado a las LAN y redes Microsoft. Hace uso de las interrupciones de Windows en diálogos de soft. Mientras el NetBEUI, incluido en el NetBIOS, tiene formato de tramas, es decir que si disponemos allí un analizador de tramas las podrá ver.

Toda la parte de Capa 2 de X.25 es aplicada aquí. Si se conectan dos máquinas que dialogan directamente en NetBEUI parte de diálogo será en X.25.

Es decir que se tiene diferentes niveles. Sobre los Niveles 1 y 2, se sostiene un nivel intermedio. El mismo podrá estar solventado por TCP/IP ó para Novell por IPX/SPX o también equipado con NetBIOS (pero no ruteable). Mas arriba, los niveles superiores del sistema operativo Windows, UNIX o SMA.

## Red Ethernet

La primera red LAN concebida por la corporación DIX correspondía a una Thicknet Ethernet, llamada así pues estaba constituida por un cable coaxial grueso de 1/2" y con impedancia característica de 50  $\Omega$ . Operaba a una velocidad digital de 10 Mb/s y se podía extender por su atenuación hasta 200 m, contenía 2 unidades de 100 m de longitud, por ello se la denominó 10Base2.

En el año 1983 el grupo IEEE publica su primera norma para LAN, la 802.3 similar a Ethernet, pero no compatible con ella. Tiene pequeñas diferencias con la trama Ethernet. En el año 1996 el grupo DIX cede los derechos a la IEEE. La IEEE compatibiliza las normas Ethernet y la norma 802.3.

En 1983 aparece la red LAN también con coaxial gordo y velocidad de 10 Mb/s, pero en conformación 10Base5, es decir con una longitud de 500 m. Esta longitud se podrá incrementar mediante el uso de regeneradores de pulsos.

Esta longitud corresponde al valor de atenuación admisible del cable. En estas redes se opera con codificación en banda base, es decir sin portadora. El cable coaxial debe disponer de un ancho de banda suficiente para soportar tal codificación. Deberá dejar pasar todas las Componentes de Fourier de onda cuadrada, es decir mayores armónicas, a fin de no distorsionar los pulsos. Los productores de cable fabrican un cable, según un valor de velocidad de propagación especificado. La red deberá tener terminaciones de red adaptadoras de Impedancia para obtener un coeficiente de reflexión igual a 1, es decir que no produzca reflexión (Fig. 2).

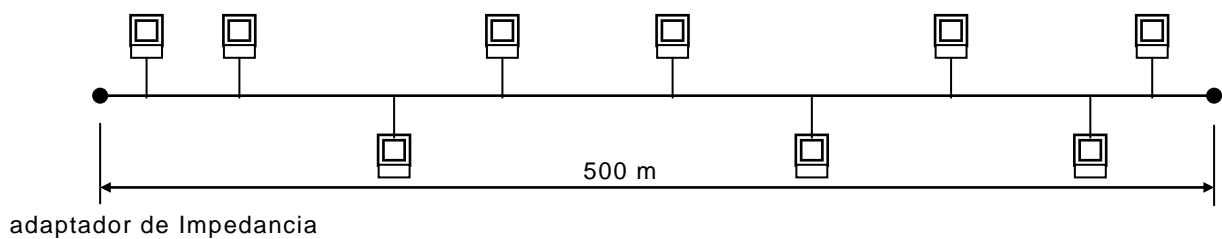


Fig. 2 - LAN tipo bus

Como la manipulación del coaxial grueso no era muy fácil, se ideó en el año 1985 una nueva red con coaxial también de 50  $\Omega$  y de igual velocidad de 10 Mb/s, pero con coaxial delgado, por lo que se la denominó Thinnet Ethernet.

En 1990 aparece el estándar 802.D para los Bridge, del cable UTP y la topología 10BaseT (T de twisted). En 1992 se emite la norma para ATM y el 10BaseF en fibra óptica con 100 Mb/s. En 1995 se presenta el estándar del 100BaseT, que es la norma la 802.3 Fast Ethernet. En 1997 sale el 1000BaseX para fibra óptica, que es el Giga Ethernet. En 1998 aparecen la BiLAN y en 1990 surge el 1000BaseT, con UTP de Cat 5.

Las LAN trabajan en half dúplex transmitiendo o escuchando, una por vez. Mediante Swith LAN se puede trabajar con Ethernet en full dúplex.

## Red ALOHA

En las primeras épocas de la conformación de las redes de datos se empleaban las infraestructuras de la red telefónica existente. Sin embargo en Hawai, al estar formada por islas era imposible tender una red física. Por ello se empleaban equipos de radio transmisión. Mediante la instalación de un transmisor y un receptor en cada nodo se posibilitaba el envío de datos, formando una red que se denominó ALOHA.

Se empleaban solo una frecuencia dada para transmitir y otro dada para recibir. Para saber cuando transmitir sin interferir otra comunicación se escuchaba por el receptor que no había tráfico. También para saber si se había efectuado una colisión de datos se escuchaba la ausencia de ruido durante la misma.

Al inicio se enviaba un mensaje de identificación, también al finalizar del envío, se validaba la transmisión. Si las tramas no llegaban en su longitud correcta o se producía una colisión por superposición de las tramas de datos, no se daba el OK correspondiente y se repetía el envío de los mismos.

Como esta red mantenía un servicio más o menos aceptable, DIX lo copió como método operativo, para su red LAN con cableado físico, que también opera en un medio compartido y con posibilidad de contingencia. El disponer de un detector que censara el medio antes de la transmisión se le denominó censado de portadora CS (Carrier Sense), y a la detección de colisiones se le denominó CD (Collision Detection).

Como se trata de un acceso múltiple tomo el nombre de CSMA/CD (Carrier Sense Multiple Access / Collision Detection). Este método de acceso múltiple a un único medio físico, es el utilizado por Ethernet en su norma 802.3. Recibiendo la denominación Ethernet por la transmisión radiada en el ether. Esta misma técnica de acceso compartido, se usa para las transmisiones satelitales.

### Ethernet vs. IEEE 802.3

Vimos que la red Ethernet difería respecto a la normada por IEEE. Veremos en que se diferencian ambas. El nivel 2 en la red Ethernet es un nivel completo, ocupado por Ethernet y el nivel 1 es ocupado siempre por CSMA/CD.

En cambio, en la norma 802.3 de IEEE, al ser una norma global, contempla varios medios físicos. Luego el nivel 1 considera CSMA para su norma 802.3, pero se diferencia como Token Bus en su norma 802.4 y como Token Ring, para su norma 802.5. Resultan tres topologías de red, las dos primeras en bus y la última en anillo, todas con diferente acceso al medio. Por esta razón el nivel 2 se divide en dos subcapas, la superior como control-lógico-de-enlace LLC (Logical Link Control), la que interactúa hacia los niveles sobre ésta y la subcapa inferior de control-de-acceso-al-medio MAC (Media Access Control), la que actúa hacia el nivel inferior, operando sobre la placa de red (Fig. 3).

	Norma Ethernet	Norma IEEE 802		
Nivel 2	Ethernet	LLC 802.2		
		MAC 802.3	MAC 802.4	MAC 802.5
Nivel 1	CDMA/CD	CDMA/CD	Token Bus	Token Ring

Fig. 3 - Norma Ethernet vs. norma IEEE 802

En ninguno de estos casos se podrá obtener el 100% de eficiencia en el tráfico. Ello se debe al método de acceso adoptado, no hay diálogo 100% eficiente al emplearse ambos sentidos de transmisión. Aún con los token se debe esperar el tiempo de retorno a la máquina de origen.

Con esta metodología siempre se deberá considerar una proporción efectiva de transmisión. Si se grafica el caudal de tráfico resultante para una dada oferta de tráfico real de datos, se obtiene una curva. De la misma, podremos inferir que solo un 30% será considerado como efectiva en una red física real (Fig. 4).

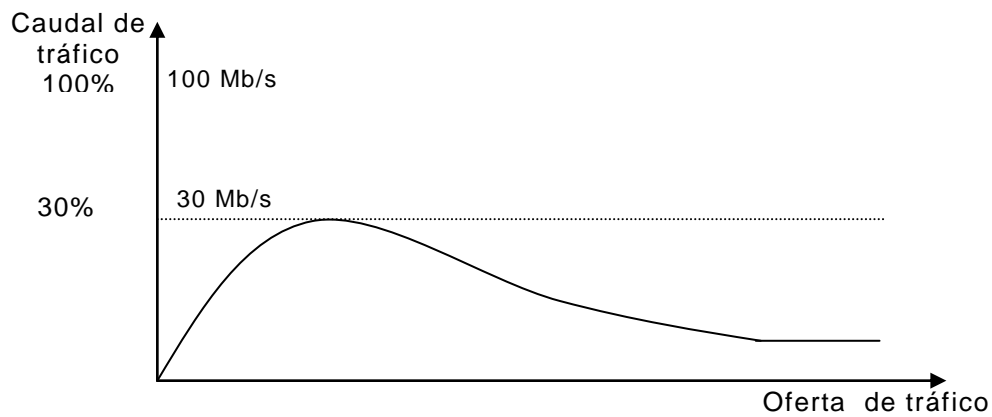


Fig. 4 - Relación caudal oferta de tráfico

En estas redes se aumenta el caudal transmitido solo incrementando su ancho de banda. Si pasamos de 10 Mb/s a 100 Mb/s, dispondremos de mayor margen para una correcta performance.

### Cable estructurado

Las LAN se conformaban en edificios en cada piso, primero colgando las PC a un cable coaxial, luego con UTP - Cat. 5, formando una topología en estrella. Se elige un espacio adecuado en el piso para ubicar una caja un concentrador distribuidor de cables Wire Closet. Según sus dimensiones, podrá ser un gabinete o una habitación con un Rack, para concentrar allí todos los sistemas. Los ductos partirán desde allí en esquema convergente. Se instalan por el contrapiso y demarcará para efectuar perforaciones o mediante baldosas símil piso técnico.

Las Pacheras del Rack tiene conectores RJ45 tipo hembra, para efectuar conexiones puente mediante Patch Cord, hacia los Hub. Los RJ45 se cablean hacia la red de distribución mediante regletas con terminales de inserción. Estas regletas se ubican por detrás del Rack. Se cablean todas los puestos, aún cuando no exista allí máquinas operativa activa. Estos puestos de máquinas activa, se habilitan mediante las conexiones puente del Patch Cord (Fig. 5).

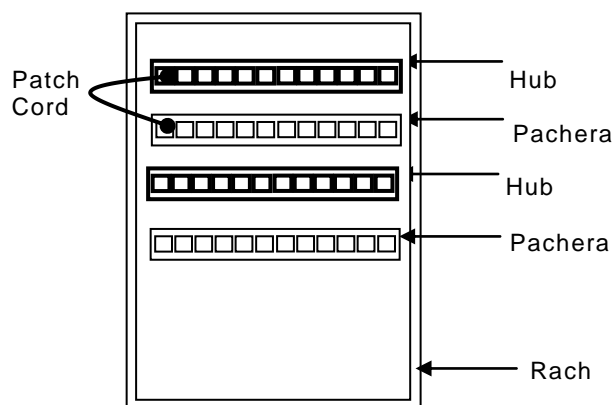


Fig. 5 - Rach concentrador

La red de distribución consiste en cables UTP con conectores RJ45 tipo hembra, que se distribuyen por todo el ambiente a dar servicio (Fig. 6).

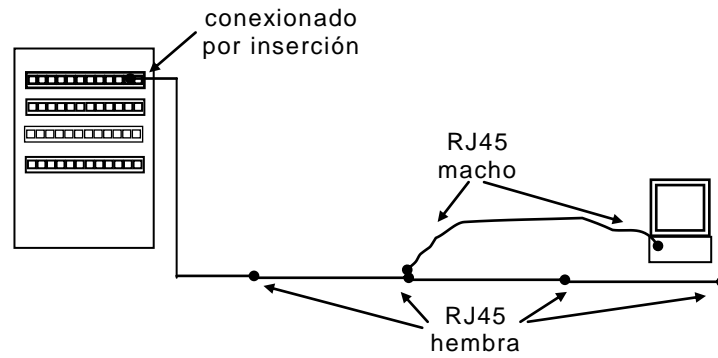


Fig. 6 - Cableado de distribución

En los Rack se podrán ubicar tanto Hub como Swith LAN. Si se tiene que interconectar varios pisos, se cablea un backbone, generalmente usando un coaxial grueso. Se podrá utilizar fibra óptica según el tráfico a dar servicio.

Con cable UTP se solventa 10 Mb/s y tráfico medianamente importante. El UTP lleva 4 pares, usando 2 pares para transmisión y 2 pares para recepción. Con Cat. 5 se solventa hasta 100 MHz. La velocidad digital corresponderá al sistema aplicado, 10, 100 o 1000 Mb/s. Con 10Base5 se obtiene una cobertura de 500 m, pero usando hasta 4 regeneradores se podrá alcanzar hasta 1500 m. No se permite usar mayor cantidad de regeneradores pues la tasa de error admitida será superada. La longitud de la trama y las condiciones de atenuación limitan esta longitud máxima. Colocando Hub las distancias de 100 m podrán ser duplicadas (Fig. 7).

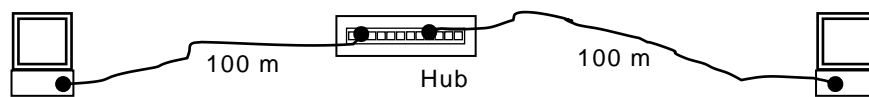


Fig. 7 - Longitud básica de LAN

### Estructura de las tramas

Las tramas LAN están conformadas por un encabezamiento (Header), el campo de datos y una cola (Trailer). El tamaño de la trama deberá ser tal que su emisión no produzca colisiones, por ello su tamaño mínimo no deberá ser igual o no menor a 2 L, longitud de la LAN. Su longitud máxima no excederá los 1500 By (Figs. 8 y 9).

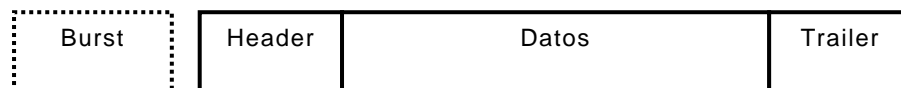
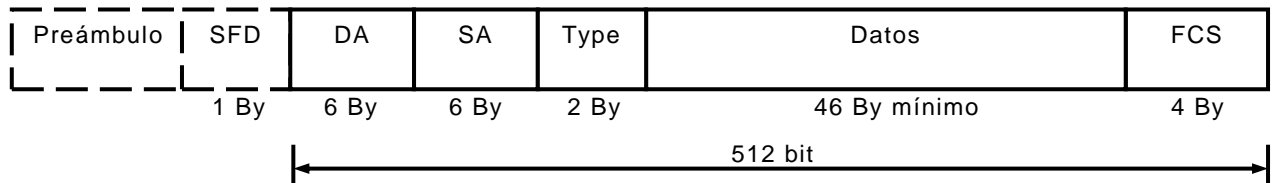


Fig.8 - Formato de trama LAN



- Burst Señal de arranque en sincronismo
- SFD (Start Frame Delivery) Comienzo de trama
- DA (Destination Address) Dirección de destino
- SA (Souce Address) Dirección de fuente
- FCS (Frame Check Sum) Suma verificación de trama

Fig.9 - Formato de trama Ethernet

Resulta de estas dimensiones de trama y de la velocidad digital adoptada, las longitudes de las LAN. Para 10 Mb/s y con 512 bit de trama, es:

$$10 \text{ Mbit} \text{-----} 1 \text{ seg}$$

$$512 \text{ bit} \text{-----} 51,2 \mu\text{seg}$$

Con UTP la velocidad de transmisión corresponde a 100 000 Km/seg, luego:

$$1 \text{ seg} \text{-----} 100 \text{ 000 Km}$$

$$51,2 \mu\text{seg} \text{-----} 5600 \text{ m}$$

Como debe ser la LAN de  $L = 5600 \text{ m} / 2$ , resulta 2800 m

Luego se podrá obtener las longitudes máximas de las LAN:

Velocidad Ethernet	Slot Time	Longitud LAN
10 Mb/s	51.2 $\mu\text{s}$	2800 m
100 Mb/s	5.12 $\mu\text{s}$	205 m
1000 Mb/s	0.512 $\mu\text{s}$	20 m

Por atenuación las longitudes máximas de las LAN, serán entonces de 3 Km en acceso múltiple. Punto a punto con fibra óptica se podrá alcanzar distancias mucho mayores. Como la atenuación de la fibra óptica es de 0.2 dB/Km se logran longitudes de unos 50 Km, sin uso de regenerador.

Estas direcciones DA y SA corresponden al Header del nivel MAC. En los niveles de IP y de TCP se agregan otros Header de 20 By cada uno.

En Type para 802.3, con los 2 By se indica la longitud de la trama, mientras que en Ethernet nos dice que protocolo existe en los niveles superiores. Por ejemplo TCP/IP u otros referidos a servicios aeronáuticos, militares de IBM, etc. Esta asignado a Ethernet con valor superior a 1500 (valor máximo de trama), y a 802.3, en el caso de ser menor.

La placa de red viene grabada con una MAC Address, número único en el mundo. Esta compuesta de 6 By, divididos en 3 By primeros y 3 By segundos.

Los 3 primeros By, se denominan OUI (Organization Unit Identification), como identificador único de organización y llevan su número del fabricante, salvo los 2 primeros bit.

El primer bit, indica si la dirección MAC es atribuida a una sola máquina o varias Si es un 0 el destino corresponde a una sola máquina o sea estamos en el caso de un unicast), si es un 1, a varias máquinas o sea un multicast o un broadcast. En el caso de una multicast está definido por el protocolo superior IP y allí se arma el mismo. En el caso de una broadcast le corresponde bit todos de valor 1.



El segundo bit se le llama en general bit IBM, pues indica que las direcciones MAC corresponden a una LAN IBM. En Argentina los multicast se ha empleado solo para videoconferencias.

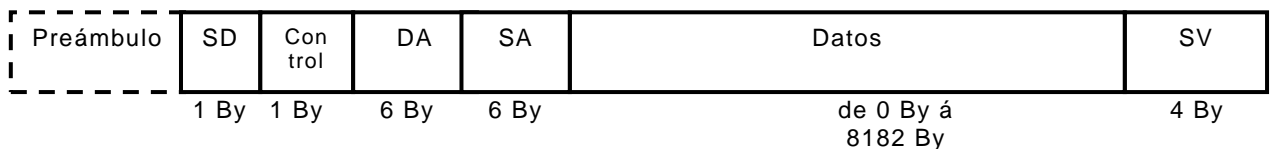
Los segundos 3 By son identificatorios del número de serie dentro del fabricante. Son 24 bit o sea hay  $2^{24}$  más de 16 millones de posibilidades de placas.

## Token Bus

El Token Bus (802.4), al igual que el Token Ring (802.5), funciona sobre la base de reparto mediante una ficha señal llamada token, a diferencia del 802.3 símil Ethernet, que funciona en acceso múltiple, sobre la base de contención, mediante CSMA/CD.

En Token Bus la topología es siempre tipo Bus. El token, pequeña trama con características particulares de señalización, es generado por una máquina que la pasa a la próxima máquina que requiera comunicarse y que al disponer el token tendrá el derecho de transmitir. Una vez que transmite pasa el token a otra máquina, en proceso continuo hasta llegar nuevamente a la máquinas que lo originó.

Se forma así un anillo lógico. En este anillo se podrá apagar o prender una máquina. Para lo cual la misma se deberá sacar o insertar en el anillo. Ello implica que se deberá negociar, mediante mensajes que reconfiguran el anillo lógico. La trama del Token Bus está formada por campos (Fig. 10).



- SD (Start Delimiter) Delimitador de comienzo
- DA (Destination Address) Dirección de destino
- SA (Souce Address) Dirección de fuente
- SV (Secuence Verificacion) Verificación de secuencia

Fig. 10 - Trama Token Bus

Para convertir una trama en token se cambia un bit en el campo de control. En el bus se envía cada tanto un mensaje de confirmación para detectar si está todo el anillo en orden. En caso contrario se efectúa una nueva negociación de reconfiguración del anillo.

En Token Bus todas las máquinas tienen la misma jerarquía salvo una que toma la posición de supervisión. Si el token se pierde por ruido u otro problema en el anillo la máquina origen, mediante un temporizador que indica el tiempo máximo para que vuelva el token según el tráfico establecido, regenera un nuevo token.

Este sistema era muy usado en Argentina para máquinas con uso automático de CAD / CAM de control numérico, y con equipos TESIS de la red ARPAC.

En Token Ring a diferencia del Token Bus se forma un anillo físico. En Argentina hay considerable cantidad de LAN Token Ring. Ellas son provistas por IBM. El cable del anillo entra y sale de la PC, mediante una ficha con dos conectores. En una caja tipo HUB se enchufa el cable en una conexión en estrella, formando el anillo. Si saco una máquina queda abierto el circuito por lo que se cortocircuita colocando una resistencia equivalente. Para accionar este procedimiento hay un controlador.

El sistema trabaja mediante un registro de 1 bit de la trama que pasa. Cuando pasa la trama, se detecta el bit de la Address MACbit que indica que la trama corresponde a esta máquina. Se copia el mensaje y la trama original continúa circulando hasta llegar a la máquinas que la puso en el anillo.

La velocidad de transmisión de este sistema Token Ring comenzó en 4 Mb/s, luego se llevó a 16 Mb/s y actualmente a velocidad harto superiores. En Argentina IBM mantuvo la venta forzada de Token Ring, pero al no entregar los fabricantes máquinas, se redujo su instalación.

## Token Ring

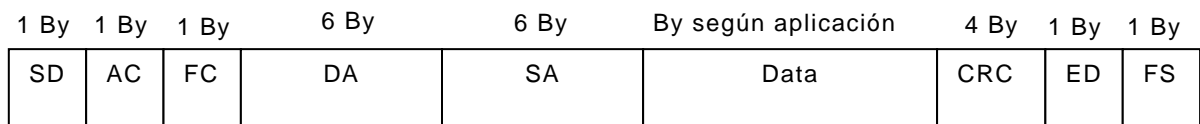
El Token Ring ha sido creado bajo norma 802.5 del IEEE y mantiene una topología de red LAN en anillo. Su placa de red dispone de un chip denominado controlador de comunicación (8273). El mismo se inserta en el anillo de la red, mediante una conexión de entrada al anillo (Ring In) y otra de salida del anillo (Ring Out). Esta conexión tiene un registro de desplazamiento de un bit (Chip Register), mediante la cual al pasar la trama lee la misma bit a bit. Es un anillo físico con las PC insertadas en el mismo.

Como su disposición física se hace complicada se implementa mediante un Hub, el que aquí recibe el nombre de MAU (Media Access Unit). Este MAU incluye conectores hembra con cuatro contactos, entrada y salida, los que permiten insertar a las PC. Si este conector no se usa cortocircuita el mismo dando continuidad a la línea, cerrando el anillo. Los MAU pueden ser anidados, lo que permite apilarlas. Para ello se conecta un Ring Out extremo de un MAU, con un Ring Out de otro MAU y así sucesivamente varios MAU, hasta completar el anillo en el primer MAU.

Una disposición anidada permite armar un esquema de cableado estructurado, similar al visto para Ethernet. Se debe conectar las posiciones a la MAU empleando una pachera y una distribución de cableado en puestos. Se tendrá una topología de apariencia física en estrella pero formalmente se ha constituido un anillo físico.

Si se llegase a cortar o hacer mal contacto un terminal, se destruye el anillo, por ello al ser tan vulnerable, cuenta con sensores de corriente que si se detecta aperturas cierra el circuito por otro camino. Existen para ello distintos tipos de MAU, algunos con contactos bañados en oro y suficiente inteligencia. Estos detecta puntos abiertos y cierra los diferentes caminos mediante relevadores, que realmente son microprocesadores y elementos de gestión. Las diferencias de costo serán por ello importantes, si en Ethernet una placa vale 100 dólares en Token Ring podrá valer 450 dólares, aunque actualmente han bajado los de Ethernet a unos 50 dólares y para Token Ring en 150 dólares.

Veamos el formato de la trama Token Ring (Fig. 11):



SD - Start Delimiter  
AC - Access Control  
FC - Frame Control

DA - Destination Address  
SA - Source Address  
CRC - Cyclic Redundancy Code

ED - End Delimiter  
FS - Frame State

Fig. 11 - Trama Token Ring

La máquina que dispone del token podrá emitir el mensaje. A la vez que va pasando la trama a través de todas las máquinas, se leen los bits de destino en el campo Dirección de destino DA (Destination Address). Aquellas máquinas que se sienten identificadas copian en memoria la trama. Si se trata de unicast, una sola máquina copia el mensaje.

Si es un multicast son varias las máquinas y en broadcast son todas las máquinas las que copian el mensaje.

Al mensaje copiado, se le retiene el token se le cambia un bit y es enviado con la trama como señal de confirmación de la recepción correcta. Se dice que en AC se le hace un camping. La máquina origen del mensaje lo recibe con la confirmación de recepción correcta, retira el mensaje y libera entonces el token. Si la máquina siguiente tiene que enviar un mensaje lo retiene, sino lo deja pasar.

El FS arma la trama y el CRC actúa calculando la trama, como código de detección y corrección de errores. Los campos SD y el ED están siempre presentes.

El campo Control de Acceso AC (Access Control), está conformado por 1 By: Los primeros 3 bits, están marcados como de prioridad P, y permiten el manejo de las prioridades de los mensajes. Se maneja un código de 7 prioridades, con 7 como de alta prioridad.

El siguiente bit se indica como T, si es un token figura como 0 y sería el caso de una trama de 3 By (Fig. 12).

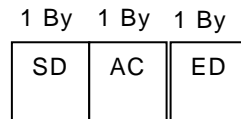


Fig. 12 - Trama Token

El bit siguiente se marca como M y se le denomina monitor. El mismo permite que una máquina asuma carácter de control. Cada vez que se lanza una trama sobre el anillo y pasa por la máquina que cumple la función de monitora pasa del valor 0, al de 1. Una trama puede circular por el anillo una sola vez. Si falla y pasa una segunda vuelta, como tendrá el valor 1 es sacada del anillo para evitar errores.

En ese momento, genera un nuevo token. En un instante dado una máquina está en estado de transmisión y el resto al de escucha. Cuando no hay ningún mensaje en el anillo están todas en el estado de escucha. En este caso el token sigue circulando. Existe un temporizador que detecta la pérdida del token después de un cierto tiempo dado, en ese caso genera un nuevo token.

El SD y ED son campos con bit de codificación de línea en banda base. Los códigos de línea, tienen la particularidad de disponen de patrones de comportamiento y de violación de códigos. Esto se pueden aprovechar por ejemplo para detectar los pulsos de reloj por ser estos periódicos y también a estos campos SD y ED.

El campo Control de Trama FC (Frame Control), de 1 By, está compuesto con 3 primeros bits significativos, conocidos como F. Ellos indican, en 00 una trama MAC, en 01 una trama LLC. Los estados 00 y 10 están reservados a funciones futuras.

El campo Estado de Trama FS (Frame State), tiene los bits A ocupando el primer y quinto lugar, los C el segundo y sexto lugar, y el resto figuran como reservados.

Los bits A se marcan a 1 en la máquina destino, cuando recibe el mensaje. Los bits C, son marcados a 1, en la máquina destino, si es que recibió en forma correcta el mensaje. Ambos bits, están repetidos puesto que esta campo no está protegido por que el CRC, ya que está ubicado después del mismo.

## Subcapa LLC

El subnivel LLC, superior de la capa 2, de la norma 802 de la IEEE, tiene la función de interactuar con los niveles ubicados sobre esta capa. Este nivel, control-de-enlace-lógico LLC, se diferencia en tres tipos: LLC1, LLC2 y LLC3. En cada uno de ellos se envían los datos en la condición de:

En LLC1 como, sin conexión (connectionless) y sin validación.

En LLC2 como, orientados a la conexión y con validación. Antes del envío de datos establece un circuito virtual permanente PVC (Permanent Virtual Circuit) o temporal conmutado SVC (Switched Virtual Circuit). Corresponde al X.25, anterior a las LAN.

En LLC3 como, sin conexión y con validación. Se envía un dato y se recibe su validación del tipo X.25.

El LLC1 se aplica en Internet puesto que en los niveles superiores al disponer de IP y TCP, y en este último actúa en conexión y tiene validación. No cuenta con orientación a la conexión y validación, puesto que lo tiene en el nivel 4.

## Trama SAP

En LLC aparecen distintos SAP, siendo cada SAP un punto-de-acceso-al-servicio (Service Access Point). Cada SAP es un código que indica como dirección, donde le corresponde la trama distintos niveles. En este caso del LLC a los niveles superiores. En una trama MAC se tendrá el formato de la Fig. 13, donde en el campo de datos se establecerá también un encabezamiento o Header de la subcapa LLC.

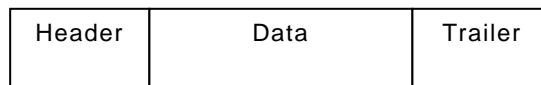


Fig. 13 - Trama MAC

Este Header está formado según la Fig. 14, donde los campos de dirección de destino DSAP (Destination SAP), de fuente origen SAP (Source SAP) y de control tiene 1 By. Luego el campo punto de acceso de subred SNAP (Sub network Access Point) de 5 By y seguidamente el campo de datos.

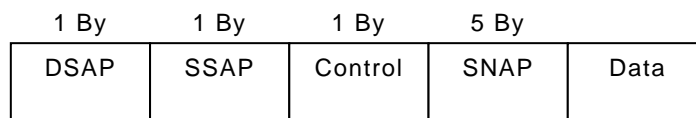


Fig. 14 - Formato del Header de LLC

Por ejemplo, si el DSAP tiene los primeros bits en 06 indica ir a un IP, si es 04, 05, 08 ó 0C corresponde un SNA de IBM, si es EO a Northem, y si es FO a NetBIOS. En SSAP en forma similar indicando de donde viene la trama. Es decir que cumple las funciones similares al campo Type de Ethernet. La diferencia radica en que acá se dispone de solo 1 By mientras que en Ethernet existen para indicar las direcciones 2 By. Cuando DSAP es AA hexadecimal quiere indicar que la información de direcciones se encuentra en el campo SNAP del mismo Header.

El campo de control sirve para implementar los SAP, según se trate de un LLC orientado a la conexión o no, al igual que fuera con o sin validación. Actúa en forma similar que en X.25.