



Redes de Área Local



Departamento de Ingeniería Telemática

Universidad Carlos III de Madrid

Indice

- ◆ **Introducción.**
- ◆ **Arquitectura**
- ◆ **Direccionamiento**
- ◆ **Tecnologías LAN**
 - ❖ **Ethernet**
 - ❖ **Ethernet de Alta Velocidad**



Definiciones

- ◆ IEEE. Red Área Local

“sistema de comunicación de datos que permite a un cierto número de dispositivos independientes comunicarse directamente entre sí, dentro de un área geográfica reducida y empleando canales físicos de comunicación de velocidad moderada o alta”

- ◆ IEEE. Red Área Metropolitana.

- ❖ **Área geográfica mas amplia.**
- ❖ **Interconexión de R.A.L.s**
- ❖ **Tasas de error y retardo superiores.**



Características Básicas LANs

- ◆ Medio de transmisión compartido
- ◆ Redes de difusión
- ◆ Interconexión de equipos informáticos:
Compartición de recursos
- ◆ Red Privada corporativa
- ◆ Cobertura geográfica limitada (< 10 Km.)
- ◆ Velocidades de transmisión elevadas (1-100 Mbps)
- ◆ Tasas de error de transmisión muy bajas ($\sim 10^{-9}$)
- ◆ Uso transparente
- ◆ Fácil instalación y explotación
- ◆ Necesidad de Gestión y Administración



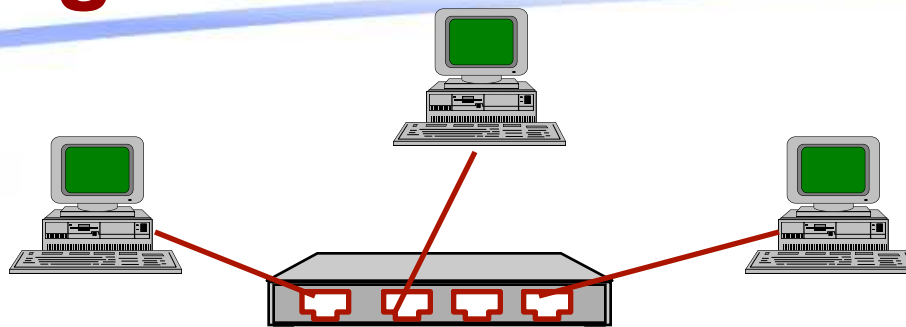
Principales Beneficios

- ◆ **Compartición de Recursos**
 - ❖ **datos e información actualizados**
 - ❖ **acceso a periféricos**
 - ❖ **programas y aplicaciones**
 - ❖ **comunicaciones**
- ◆ **Incremento de la capacidad de comunicaciones**
- ◆ **Reducción de costes**
 - ❖ **directamente: recursos**
 - ❖ **indirectos: aumento de productividad**
- ◆ **Información distribuida pero acceso único.**



Topologías Básicas

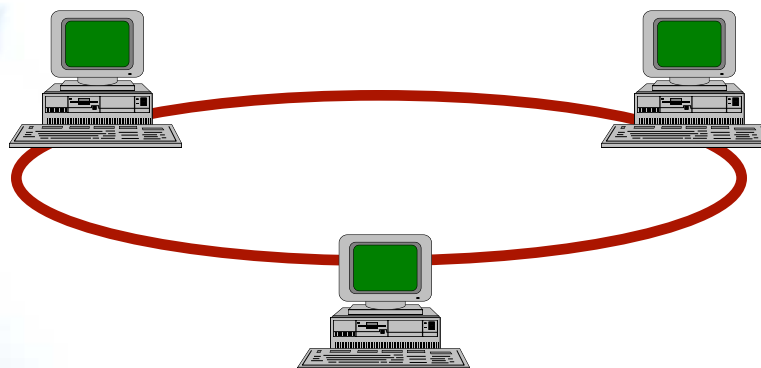
◆ Estrella



◆ Bus



◆ Anillo



◆ Otras:

- ✓ Arbol,
- ✓ Doble Anillo,
- ✓ Malla

Índice

- ◆ **Introducción**
- ◆ **Arquitectura**
- ◆ **Direccionamiento**
- ◆ **Tecnologías LAN**
 - ❖ **Ethernet**
 - ❖ **Ethernet de Alta Velocidad**

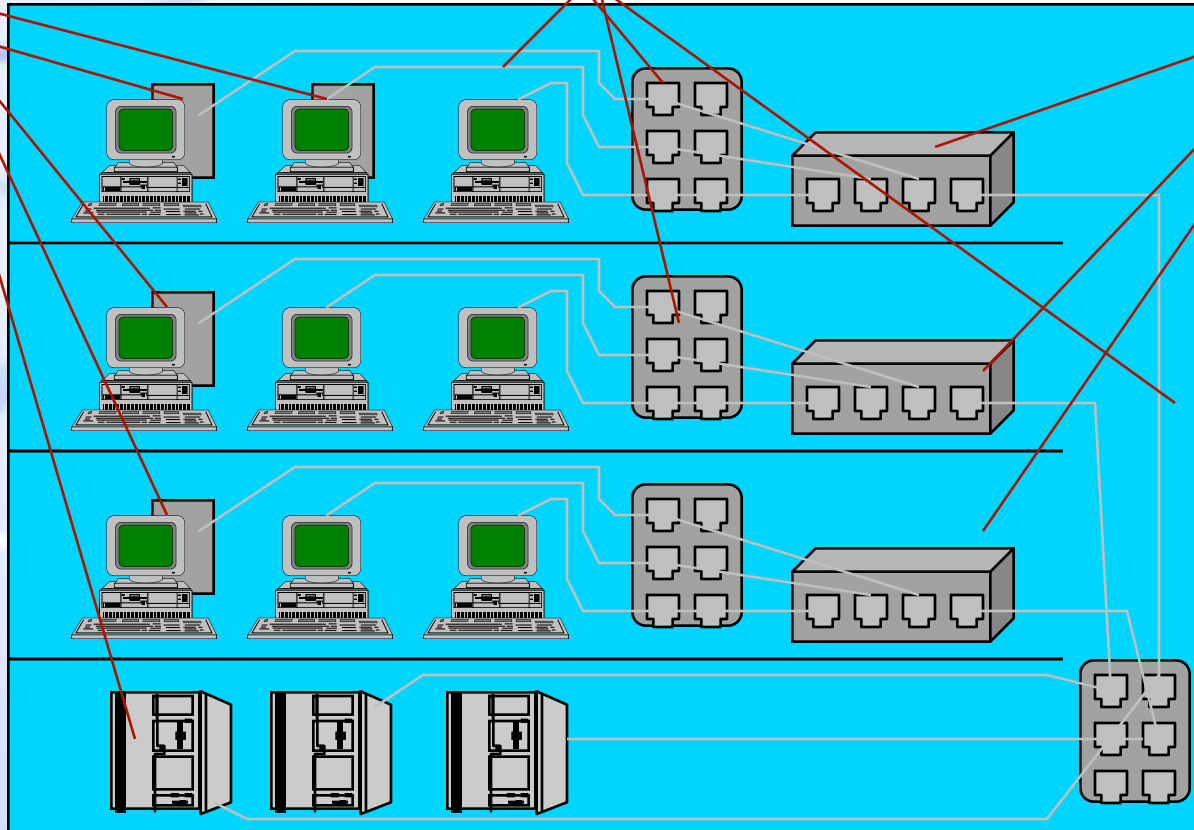


Elementos de una LAN

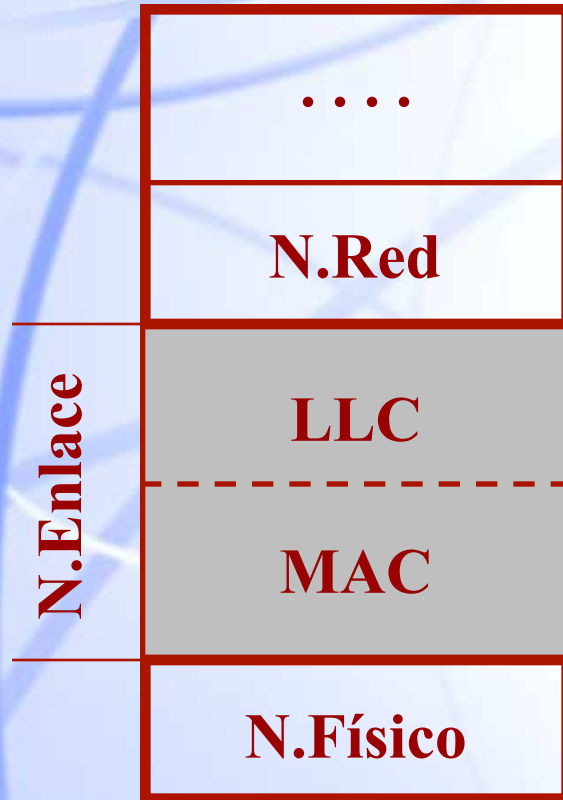
Cableado

Equipamiento de conectividad

Tarjetas

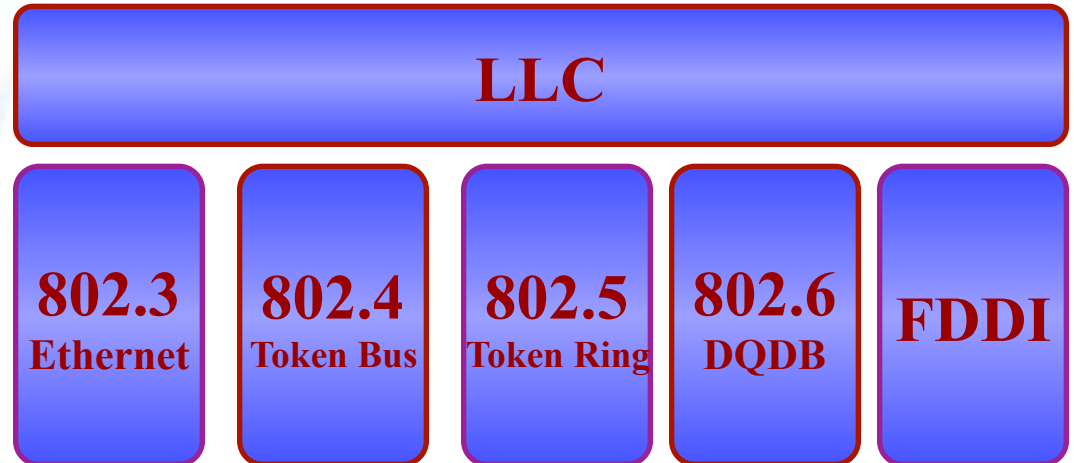


Arquitectura



Subnivel LLC: Control del enlace de datos: ensamblado y desensamblado, multiplexado y comprobación de direcciones

Subnivel MAC: Control de acceso al medio físico de modo que múltiples estaciones puedan compartir el mismo



Control del Enlace Lógico (802.2)

- **LLC transmite PDUs entre dos estaciones sin necesidad de nodos intermedios:**
“Suministra descripción de procedimientos del protocolo a nivel de enlace de una LAN para la transferencia de datos y su control entre cualquier par de puntos de acceso al servicio”
- **Posee características que no tienen otras capas de enlace (p.e. HDLC):**
 1. **Debe permitir acceso múltiple (en líneas multipunto teníamos nodos primarios y secundarios, NO en LANs)**
 2. **La capa MAC descarga de algunos detalles al acceso al enlace (control de errores, p.e.)**



Control del Enlace Lógico (802.2)

- **Usuarios LLC:**
 1. protocolos de capas superiores
 2. funciones de gestión de red.
- **Usuarios origen y destino: direcciones DSAP y SSAP.**
- **Formato de PDU de LLC:**



- **LLC está basado en HDLC.**

Servicios LLC

1. No orientado a conexión sin confirmación.

- De tipo datagrama.
- Sin mecanismos de control de flujo y errores (no garantiza la entrega de datos).
- Útil en los siguientes casos:
 1. Cuando las capas superiores ofrecen seguridad y ctrl de flujo (p.e. TCP).
 2. Cuando el coste de establecimiento y mantenimiento de la conexión es injustificado y contraproducente.



Servicios LLC

2. Modo conexión.

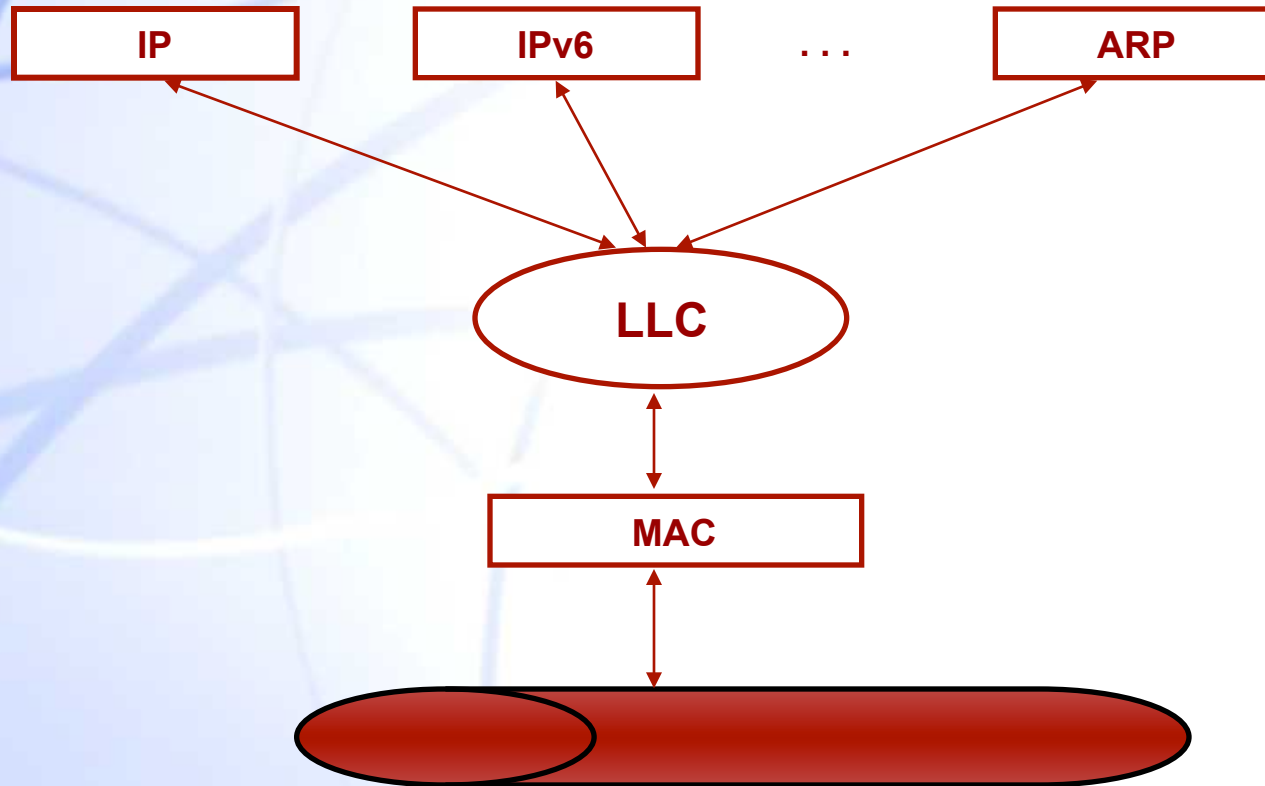
- Establecimiento de conexión lógica entre dos usuarios.
- Posee mecanismos de control de flujo y errores.
- Mantenimiento de tablas con el estado de las conexiones.
- Útil en los siguientes casos:
 1. **Dispositivos simples (controladores de terminal, p.e.)**

3. No orientado a conexión con confirmación.

- Mezcla de 1 y 2. Confirmación de datagramas sin establecimiento de conexión lógica.
- Útil en los siguientes casos:
 1. **Procesos de control, empresas automatizadas.**
 2. **Gestión de alarmas o señales de control de emergencia.**



Multiplexación del MAC



SAPs asignados globalmente

AA - SubNetwork Access Protocol (IETF)
42 - PDU correspondiente a un puente
BC - Banyan Vines
F4 - IBM network management
06 - Internet Protocol
FE - ISO
F0 - Network Basic Input/Output System
E0 - Novell Netware
FF - Broadcast
F8 - IBM remote program load
80 - 3COM Xerox Network Services



Estándares

- ◆ “estándar de derecho”: proceso de normalización desarrollado por algún organismo de estandarización
- ◆ “estándar de hecho”: aceptación generalizada en el mercado

Comités

- ◆ ISO
- ◆ IEEE
- ◆ ANSI
- ◆ ATM Forum
- ◆ IETF



Estándares IEEE

- ◆ **El proyecto 802 fue creado para desarrollar los estándares para redes de área local**
 - ❖ **3 subgrupos: High Level, MAC y PHY**
- ◆ **Falta de consenso en la tecnología MAC/PHY**
 - ❖ **Ethernet CSMA/CD sobre cable coaxial**
 - ❖ **Token Passing Bus sobre cable coaxial**
 - ❖ **Token Ring sobre UTP**
- ◆ **Solución: creación de grupos de trabajos verticales**



Grupos de trabajo (WG)

- ◆ **802.1: Arquitectura, Internetworking, Gestión**
- ◆ **802.2: LLC (inactivo)**
- ◆ **802.3: Ethernet, CSMA/CD**
- ◆ **802.4: Token Bus (inactivo)**
- ◆ **802.5: Token Ring**
- ◆ **802.6: Distributed Queue Dual Bus (DQDB, inactivo)**
- ◆ **802.7: Broadband LAN (inactivo)**
- ◆ **802.8: Fibra Óptica**



Grupos de trabajo (WG)

- ◆ **802.9: Integración Voz/Datos (inactivo)**
- ◆ **802.10: Seguridad (inactivo)**
- ◆ **802.11: LAN inalámbricas**
- ◆ **802.12: Demand priority (inactivo)**
- ◆ **802.14: Broadband Cable Access (inactivo)**
- ◆ **802.15: Redes inalámbricas de área personal**
- ◆ **802.16: redes inalámbricas de banda ancha**



Normativa LAN

- ◆ **IEEE 802.2/ISO 8802.2 (LLC). Define el interfaz LLC correspondiente al nivel 2 de enlace del modelo OSI para LANs.**
- ◆ **IEEE 802.3/ISO 8802.3 (Ethernet).**
 - ❖ **N.Físico: 10Base5, 10Base2, 10BaseT, 10BaseF, etc**
 - ❖ **MAC: CSMA/CD sobre topología lógica en bus**
- ◆ **IEEE 802.5/ISO 8802.5 (Token Ring)**
 - ❖ **N.Físico: UTP (1 y 4 Mbps), STP (16 Mbps), COAX (4, 20 y 40).**
 - ❖ **MAC: Paso de testigo sobre topología lógica en anillo.**



Normativa LAN II

- ◆ **ANSI FDDI/IEEE 802.8**
 - ❖ **N.Físico: Fibra Optica, 100 Mbps**
 - ❖ **MAC: Paso de testigo sobre topología lógica en doble anillo.**

- ◆ **Redes LAN de Alta Velocidad**
 - ❖ **100BaseT (802.3u)**
 - ❖ **100Base VG (802.12)**
 - ❖ **Virtual LANs**
 - ✓ LIS
 - ✓ LANE



Índice

- ◆ **Introducción**
- ◆ **Arquitectura**
- ◆ **Direccionamiento**
- ◆ **Tecnologías LAN**
 - ❖ **Ethernet**
 - ❖ **Ethernet de Alta Velocidad**



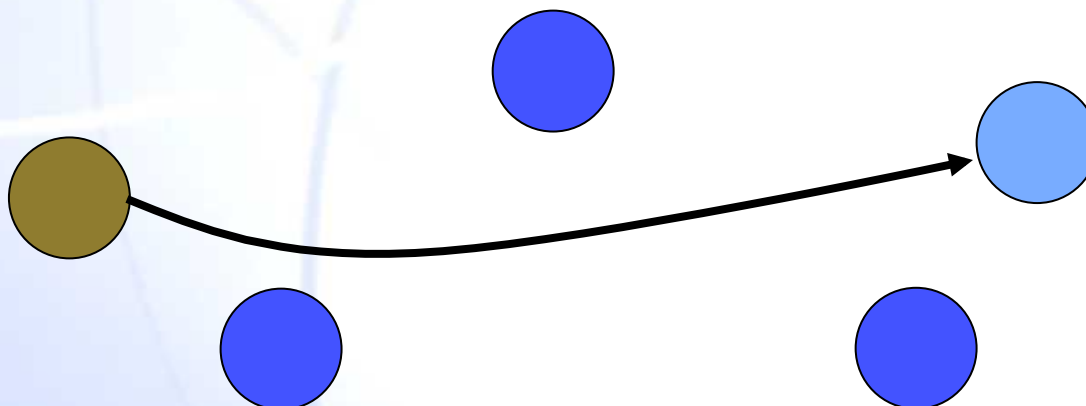
IEEE 802.3: Direcciones MAC-48



- ◆ **Grupo**
 - ❖ **Unicast / Multicast**
- ◆ **Global**
 - ❖ **Global / Local**
- ◆ **Código de fabricante obtenido del IEEE**
- ◆ **Número de serie**
 - ❖ **Único para cada estación**

Direcciones unicast

- ◆ **Identifica a un único receptor**
 - ❖ Una interfaz en la red de área local
 - ❖ La dirección origen siempre es unicast
 - ❖ Grupo = 0



Direcciones multicast

- ◆ **Identifican a un grupo de receptores**
 - ❖ Las estaciones pueden suscribirse a uno o más grupos multicast
 - ❖ La misma trama es enviada simultáneamente a múltiples destinos
 - ❖ Grupo = 1
- ◆ **Dirección broadcast**
 - ❖ Envío a todas las estaciones de la red, aunque no estén suscritas a ningún grupo multicast



Administración

◆ **Universalmente administrada**

- ❖ **Local = 0**
- ❖ **El fabricante se encarga de que el número de serie sea único**

◆ **Localmente administrada**

- ❖ **Local = 1**
- ❖ **El administrador puede configurar las direcciones manualmente**
- ❖ **Tiene que garantizar su unicidad**



Organisationally Unique Identifier (OUI)

- ◆ **Primeros 3 bytes de las MAC-48**
 - ❖ Asignados de manera única por el IEEE
 - ❖ Cada fabricante puede crear hasta 2^{24} tarjetas con NIC diferentes y el mismo OUI
 - ❖ “Burned in”: escrita en la ROM de la tarjeta
- ◆ **Listado de OUI asignados**
 - ❖ <http://standards-oui.ieee.org/oui.txt>
- ◆ **Apple, Samsung, Microsoft, Google tienen sus propios OUI**



Formato

- ◆ **Representación mediante dígitos hexadecimales**
 - ❖ Agrupan 6 parejas, separadas con “:” o “-”
- ◆ **Ejemplos:**
 - ❖ DC-9B-9C-00-A5-BF (unicast, Apple)
 - ❖ 7C-F8-54-12-04-F3 (unicast, Apple)
 - ❖ 01-00-5E-41-53-F2 (multicast)
 - ❖ FF-FF-FF-FF-FF-FF (broadcast)



Índice

- ◆ **Introducción**
- ◆ **Arquitectura**
- ◆ **Direccionamiento**
- ◆ **Tecnologías LAN**
 - ❖ **Ethernet**
 - ❖ **Ethernet de Alta Velocidad**

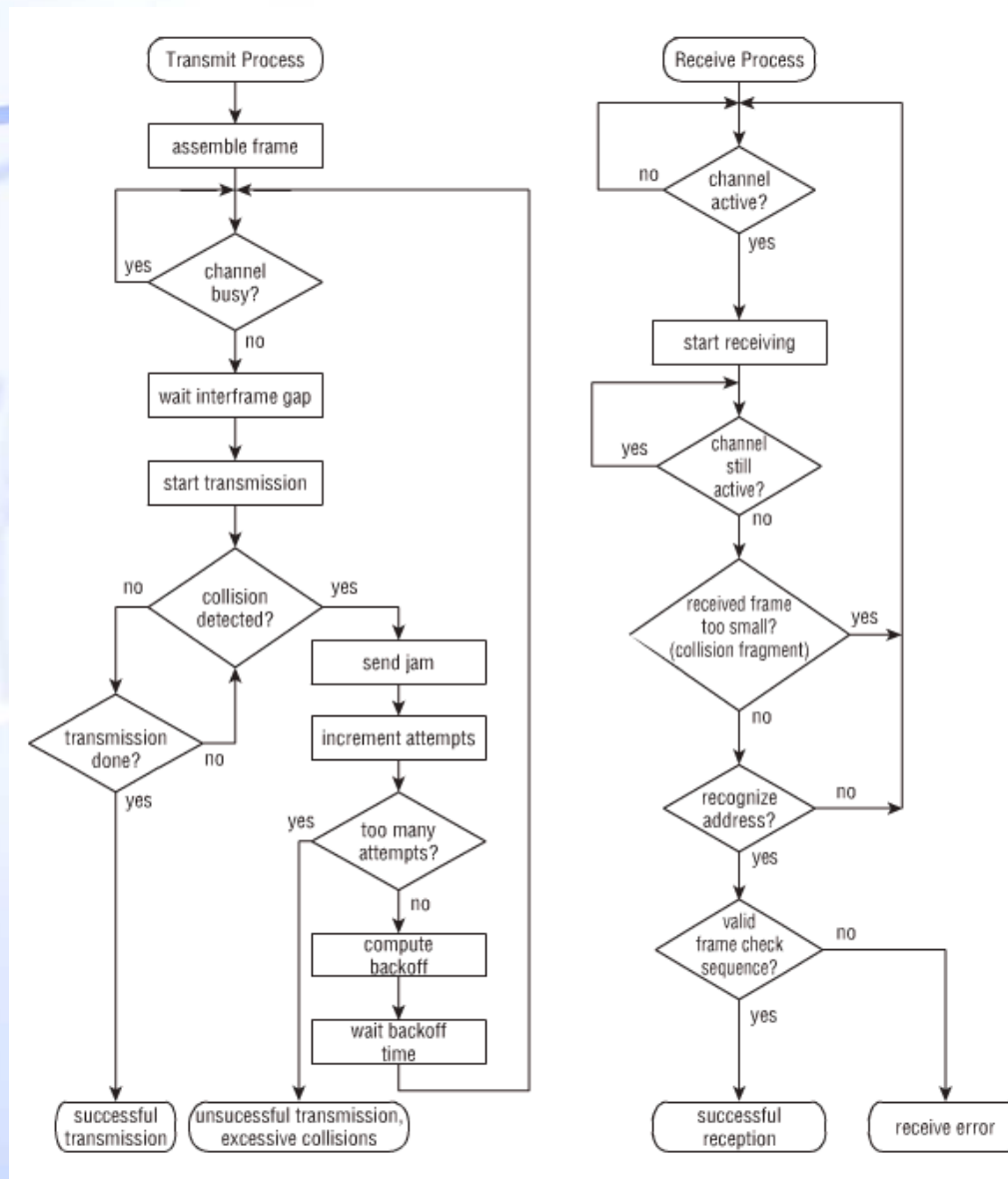


Ethernet vs IEEE 802.3

- ◆ **Ethernet fue el origen. Diseñado por Xerox para conectar 100 ordenadores mediante un cable de 1 Km.**
- ◆ **802.3, norma de IEEE promovida por DEC, Xerox e Intel.**
- ◆ **Diferencias:**
 - ❖ **Velocidad:**
 - ✓ Ethernet 10 Mbps
 - ✓ 802.3: 1-1 Gbps
 - ❖ **Trama MAC:**
 - ✓ Campo de Tipo (Ether.) o Longitud (802.3)



Ethernet utiliza CSMA/CD



Retroceso exponencial Binario

¿Cuánto tiempo hay que esperar tras una colisión?

- Una espera adecuada puede evitar la degradación del sistema ante situaciones de mucha carga.
- Se suele emplear una técnica llamada Retroceso Exponencial Binario (Binary Exponencial Backoff, BEB).
 - Tras la colisión i de una trama, la espera sigue una distribución uniforme entre 0 y $2^i X$ (siendo X la distancia máxima entre estaciones).
 - Tras un número máximo de colisiones (16), se abandona la transmisión y se notifica al nivel superior.
 - Aparece un efecto LIFO entre las distintas estaciones.



Nivel Físico

◆ Médio Físico

❖ Pares:

- ✓ UTP (“Unshielded Twisted Pair”)
- ✓ STP (“Shielded Twisted Pair”)
- ✓ FTP (“Foiled Twisted Pair”)

❖ Coaxial: thick, thin

❖ Fibra Optica: monomodo, multimodo, gradual

◆ Topología física en bus (coax.) o estrella

◆ Formato: n-sig-phy

- ❖ n = rate
- ❖ sig = base / broad
- ❖ phy = código nivel fisico



Opciones 100 Base T

IEEE 802.3 (100Mbps)

100BASE-X

100BASE-TX

2 UTP clase 5

2 STP

100BASE-FX

2 fibras ópticas

100BASE-T4

4 UTP clase 3 ó 5



100 Base T4

- ◆ UTP categoría 3
- ◆ Frecuencia de transmisión: 25 MHz
- ◆ Utiliza 4 pares
- ◆ Uso de señales ternarias (0,1,2) en línea.
- ◆ 3 pares para transmisión: 100 Mbps
- ◆ 3 pares para recepción: 100 Mbps
- ◆ 2 pares configurados para transmisión bidireccional.
- ◆ 1 para detección de colisiones
- ◆ Codificación 8B6T
- ◆ Longitud máx. 100 m



100 Base TX

- ◆ UTP categoría 5 y STP
- ◆ 125 MHz
- ◆ Utiliza 2 pares.
- ◆ 1 para forwarding: 100 Mbps
- ◆ 1 para recepción: 100 Mbps
- ◆ Codificación 4B5B-NRZI, compatible FDDI
- ◆ Longitud máxima: 100 m.



100 Base FX

- ◆ **Fibra óptica**
- ◆ **Utiliza dos: una para transmitir y otra para recibir**
- ◆ **Necesario convertidor de secuencia de grupos de código 4B/5B-NRZI en señales ópticas:**
 - ❖ **Modulación de intensidad: 1 -> ráfaga o pulso de luz, 0 -> ausencia de pulso o pulso de muy baja intensidad.**
- ◆ **100 Mbps full duplex**
- ◆ **Longitud máxima: 2000 m.**



Comparación Medios de Transmisión

	COAXIAL		PARES		FIBRA
	Grueso	Fino	UTP	STP	OPTICA
Velocidad transmisión	100 Mbps	100 Mbps	100 Mbps	100 Mbps	>100 Mbps. < 2,2 Gbps
Longitud enlace	500 m	200 m	100 m	100 m	(Km)
Inmunidad interferencias	Excelente	Excelente	Pobre	Buena	Inmune a eléctricas
Tamaño conectores	Medio	Medio	Pequeño	Grande	Diminuto
Flexibilidad cable	Media-alta	Alta	Alta	Alta	Media-alta
Facilidad instalación	Media-Alta (conectores)	Fácil	Fácil	"A medida"	Media-alta (conexiones)
Coste	Medio	Medio-bajo	Bajo	Medio-Bajo	Alto

CSMA/CD sobre bus lógico

Norma	Medio físico	V. Transmisión	Distancia Max.	Otras caract.
10 BASE 5	Coax Thick	10 Mbps Banda Base	500 m.	Topología multipunto en bus. Hasta 4 repetidores (max 5, 2500)
10 BASE 2	Coax thin	10 Mbps Banda Base	180 m	Hasta 4 repetidores (max 5, 1000)
10 BROAD 36	Coax BA	10 Mbps Banda Ancha	3.600 m	Mas cara, poco utilizada
1 BASE 5	UTP	1 Mbps Banda Base	2.000 m	Topología en estrella o árbol Max. 5 segmentos (4 nodos) entre usuario y hub raíz, 200 m entre nodos
10 BASE T	UTP	10 Mbps Banda Base	100 m	topología en estrella o árbol. Max. Dist. Entre repetidores 200 m.
10 BASE F	F.O.	10 Mbps Banda Base	500 m	Topología en estrella o árbol. Max. Distancia entre repetidores 2,5 Km. Uso en entornos de alto nivel de ruido.

Detección de colisiones

- ◆ **Estaciones trasmisoras**
 - ❖ **Cable coax: cambios en la corriente continua en el enlace**
 - ❖ **Par: actividad en tx y rx a la vez**
- ◆ **Otras estaciones**
 - ❖ **Error en el CRC**
- ◆ **Garantizar el tamaño mínimo de trama**
 - ❖ **Envío de “jamming sequence” después de una colisión**

IEEE 802.3: MAC

- ◆ **Velocidad de acceso: 10 Mb/s**
- ◆ **Técnica de acceso: CSMA/CD**
- ◆ **Topología Lógica en Bus**
- ◆ **Capacidad Agregada: 30% por segmento**
- ◆ **Soporte de multicast**
- ◆ **Tramas no propias filtradas por el Hw**



IEEE 802.3: Formato de trama

Bytes: 7+1	2 o 6	2 o 6	2	0-1500	0-46	4
Preámbulo y 1 de SFD	D.Destino	D.Origen	Longitud	Datos	PAD	CRC

- ◆ **Preambulo: Sincronización** 10101010.....
- ◆ **Direcciones:**
 - ❖ Individual: 0
 - ❖ Grupo: 1
- ◆ **Pad: relleno para conseguir trama mínima y poder realizar CD.**
 - ❖ Trama mínima correcta 64 Octetos.
- ◆ **CRC de todos los campos menos: preámbulo, SFD y CRC (CRC-32)**



Ethernet II: Formato de trama

Bytes: 7+1	2 o 6	2 o 6	2	0-1500	4
Preámbulo y 1 de SFD	D.Destino	D.Origen	Tipo	Datos	CRC

- ◆ **Más utilizado (por razones históricas)**
- ◆ **Tipo**
 - ❖ Código del protocolo encapsulado en la capa superior
 - ❖ IP = 0x800, ARP = 0x806, IPv6 = 0x86DD
- ◆ **Relleno incluido en los datos**
- ◆ **Las tarjetas pueden utilizar 802.3 y Ethernet II indiferentemente**



Delimitación de trama

◆ Preámbulo:

- ❖ Hasta 7 bytes para sincronizar emisor y receptor

◆ Start of Frame Delimiter:

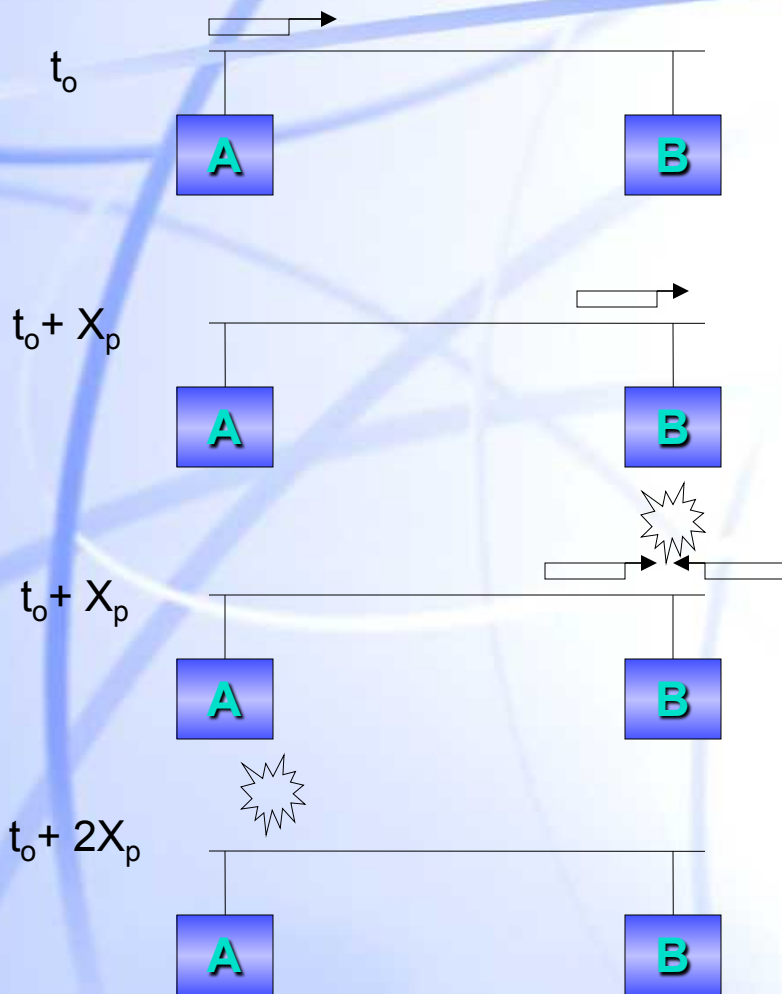
- ❖ 10101011

◆ No hay terminación de trama

- ❖ Inter-frame spacing
- ❖ Silencio mínimo entre dos tramas (96 bits)
- ❖ No es necesario en 802.3 (campo longitud), retenido para la compatibilidad



802.3: Long. Trama Mínima



◆ Fijados

- ❖ Velocidad Txt 10 Mbps
- ❖ Long Máxima 2500 m
- ❖ 4 Repetidores

◆ Mínima trama $51,2 \mu\text{seg} = 2 * X_p$

◆ 64 octetos

◆ Regla de Diseño 5-4-3-2-1

5 Segmentos

4 Repetidores

3 Segmentos con nodos

2 segmentos deinterconexión

1 dominio de colisión de hasta 1024 estaciones con diametro de 2500 m.

Ethernet vs Fast Ethernet

	Ethernet	Fast Ethernet
Velocidad	10 Mbps	100 Mbps
Standard	802.3	802.3 (u)
Método Acceso	CSMA/CD	CSMA/CD
Topología	Bus, Estrella	Estrella
Cableado	Coax, UTP, Fibra	UTP, STP, Fibra
Distancia	100 m	100 m
Diámetro	2500 m	210 m

Características

- ◆ Intento de “acelerar” la red ethernet: 802.3u (1995)
- ◆ Se modifica el nivel físico, reduciendo el tiempo de bit en un factor de 10 (10 ns), permitiendo un ancho de banda de 100 Mbps.
- ◆ Los demás elementos de la norma 802.3 se mantienen sin cambios:
 - ❖ interfaces, estructura y longitud de tramas, detección de errores, método de acceso, etc.
- ◆ Es compatible y puede coexistir con redes ethernet tradicionales: Autoconfiguración.
- ◆ Basada en 10BaseT. (solo admite topología física en estrella).
- ◆ Cableado: (categoría 3, 4 y 5 UTP, STP y FO)



Ventajas de mantener CSMA/CD

- ◆ **Ethernet conocida+aceptada por el mercado**
- ◆ **Bajo coste de implementar**
- ◆ **Compatible con componentes actuales:**
 - ❖ **Redes ya instaladas**
 - ❖ **Bridges**
 - ❖ **Analizadores de red**
 - ❖ **Gestión de red**



Inconvenientes de CSMA/CD

- ◆ **Interrelación entre tamaño mínimo de trama, velocidad de transmisión y retardo de propagación**
 - ❖ Ancho de banda inversamente proporcional al número de usuarios en la red (colisiones).
 - ❖ Retardo variable: inadecuado para aplicaciones sensibles al retardo.
- ◆ **Resultado:**
 - ❖ Diámetro máximo (UTP) < 210 m
 - ❖ Hub-WS ≤ 100 m (Cobre), 200 m (FO)
 - ❖ Hub-Hub ≤ 10 m (máximo 2 Hubs)



Configuración de Hubs

◆ Compartido: Hubs

- ❖ **100BaseT: 100BaseTX y 100BaseT4**
- ❖ **Todas las líneas comparten el mismo dominio de colisión**

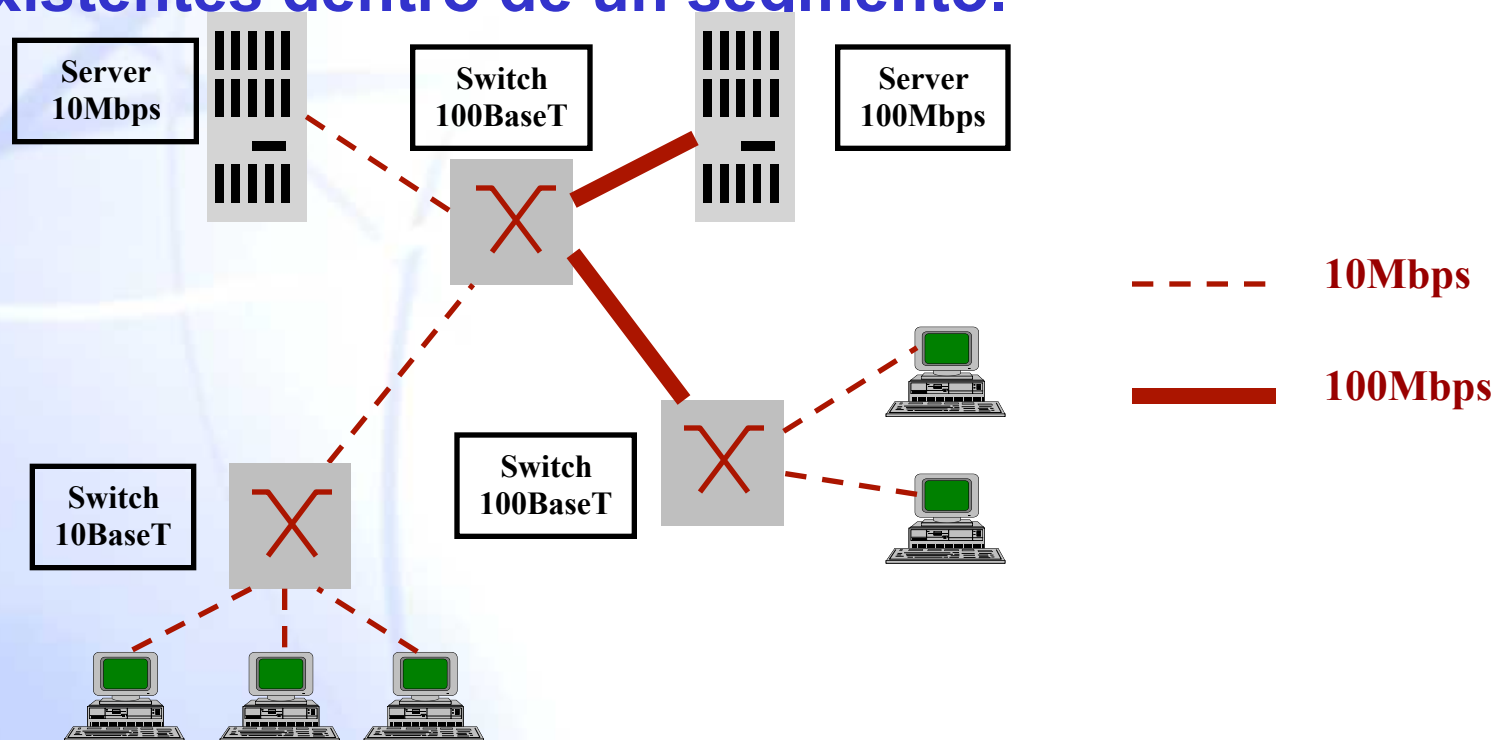
◆ Conmutado: Switch

- ❖ **Se utiliza buffering por línea**
- ❖ **Cada línea tiene su propio dominio de colisión**
- ❖ **Tramas conmutadas mediante el hub (backplane)**
- ❖ **100BaseFX y 100BaseT**

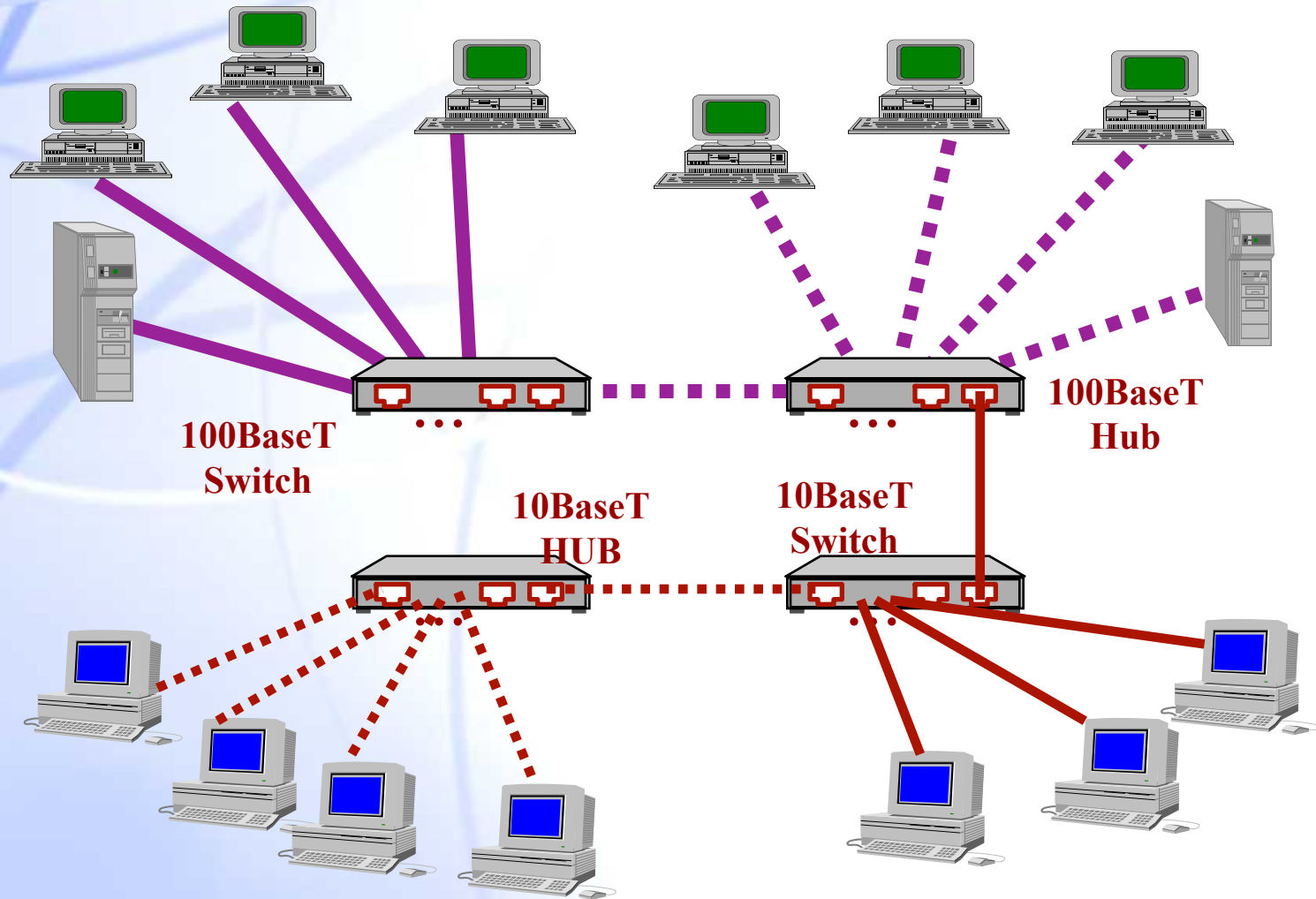


Autonegociación: Nway

- ◆ Los hubs pueden manejar una mezcla de conexiones a 10Mbps y 100Mbps.
- ◆ Protocolo opcional que permite reconocer y adaptarse a los tipos de estaciones existentes dentro de un segmento.



Integración y Evolución



Compatibilidad entre 802.3

- ◆ **Uso de interfaces comunes independiza del medio físico**
- ◆ **Base X y Base T4 compatibles en Hub:
Repetidor Universal**
- ◆ **Tarjetas compatibles 10/100**
- ◆ **Conmutadores compatibles 10/100**



Gigabit Ethernet (802.3z)

- ◆ **Aprobado en Junio de 1998**
- ◆ **802.3z incluye especificaciones de:**
 - ❖ **MAC: full duplex y/o semiduplex.**
 - ❖ **Reglas de topología.**
 - ❖ **Gigabit MII**
 - ❖ **Codificación 8B/10B**
 - ❖ **3 interfaces de nivel físico:**
 - ✓ **1000Base-LX: FO, backbone e interconexiones de campus**
 - ✓ **1000Base-SX: FO, cableado horizontal de edificios**
 - ✓ **1000Base-CX: SBC (Shielded Balanced Copper, mejora de STP), sala de equipos, clusters, etc... (25 metros)**
- ◆ **802.3ab: incluye nuevo nivel físico 1000Base-T para soporte de cables UTP 5 (100 metros).**



Gigabit Ethernet (802.3z)

- ◆ **¿Es realmente Ethernet? SI, pues:**
 - ❖ **Emplea el mismo formato de trama.**
 - ❖ **Utiliza CSMA/CD como MAC.**
 - ❖ **Utiliza full-duplex.**
 - ❖ **Posee mecanismos de control de flujo.**
- ◆ **Es Ethernet pero... más rápido.**
- ◆ **Existen switches y buffered repeaters que lo implementan.**
- ◆ **Compatible con switching de nivel 3.**

