

# Redes de Área Local (LANs)

**Mg. Gabriel H. Tolosa**

**tolosoft@unlu.edu.ar**

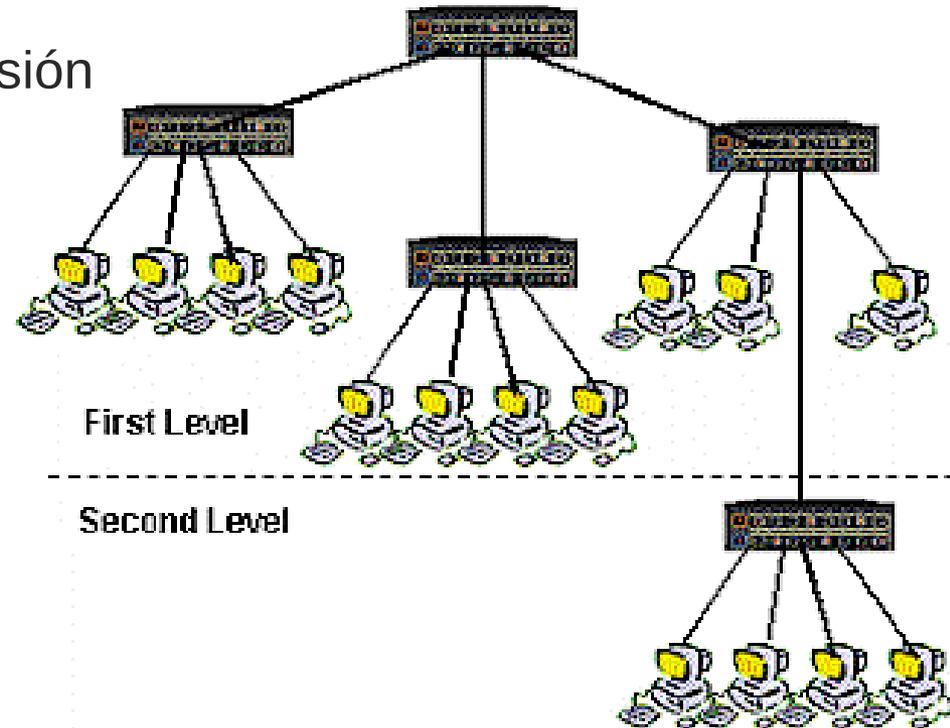
“A computer is more likely to communicate with computers that are nearby than with computers that are distant (locality principle)”

**Douglas Comer**

# Redes de Área Local

## Características

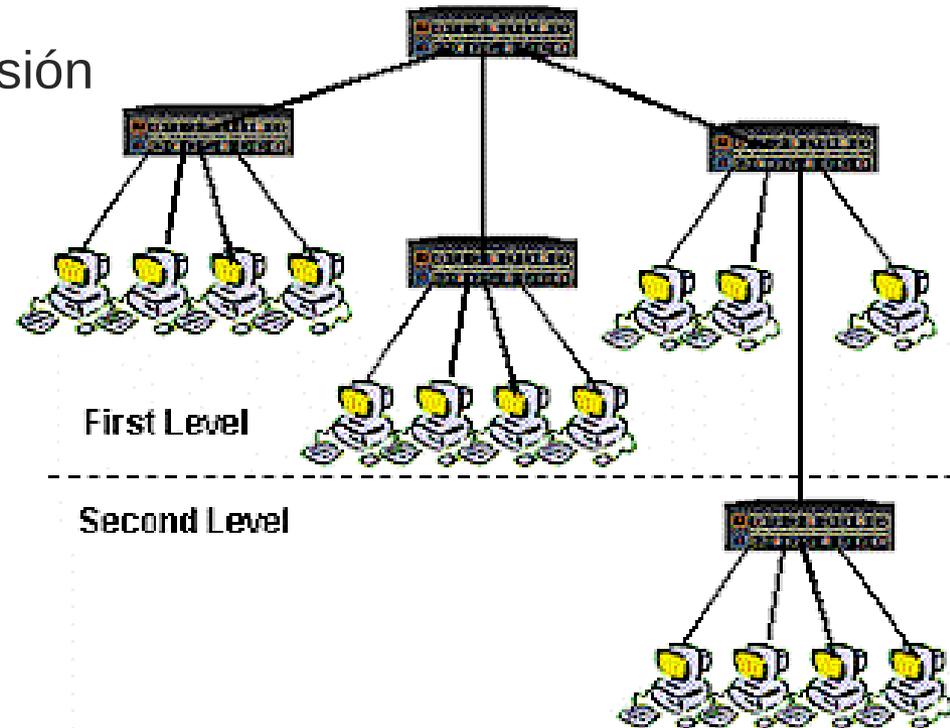
- Zona geográfica reducida (oficina/edificio/campus)
- Medios físicos compartidos
- Protocolos simples
- Cableado (uso) privado
- Alta velocidad de transmisión
- Bajo retardo propagación
- Baja tasa de error
- Costo bajo



# Redes de Área Local

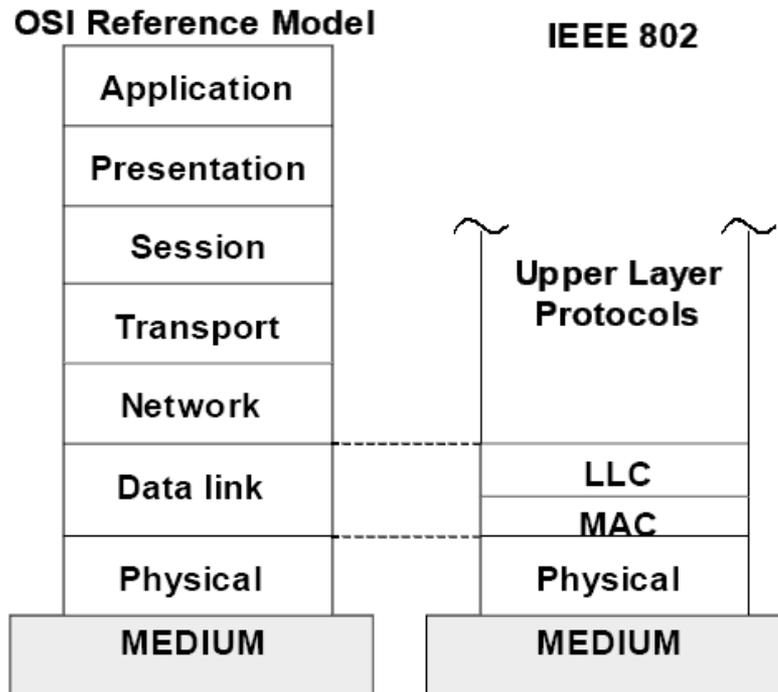
## Características

- Zona geográfica reducida (oficina/edificio/campus)
- Medios físicos compartidos
- Protocolos simples
- Cableado (uso) privado
- Alta velocidad de transmisión
- Bajo retardo propagación
- Baja tasa de error
- Costo bajo



# Redes de Área Local

## Modelo OSI – IEEE 802



LLC – Logical Link Control

MAC – Medium Access Control

### 802.1 Cuestiones comunes

.1b – Direccionamiento, administración

.1d – Puentes (802.1.d)

### 802.2 Control lógico del enlace (LLC)

### 802.3 CSMA/CD

.3a – 10B2

.3d – 10FX

.3i – 10BT

.3u – Fast Eth

.3z – Giga Eth

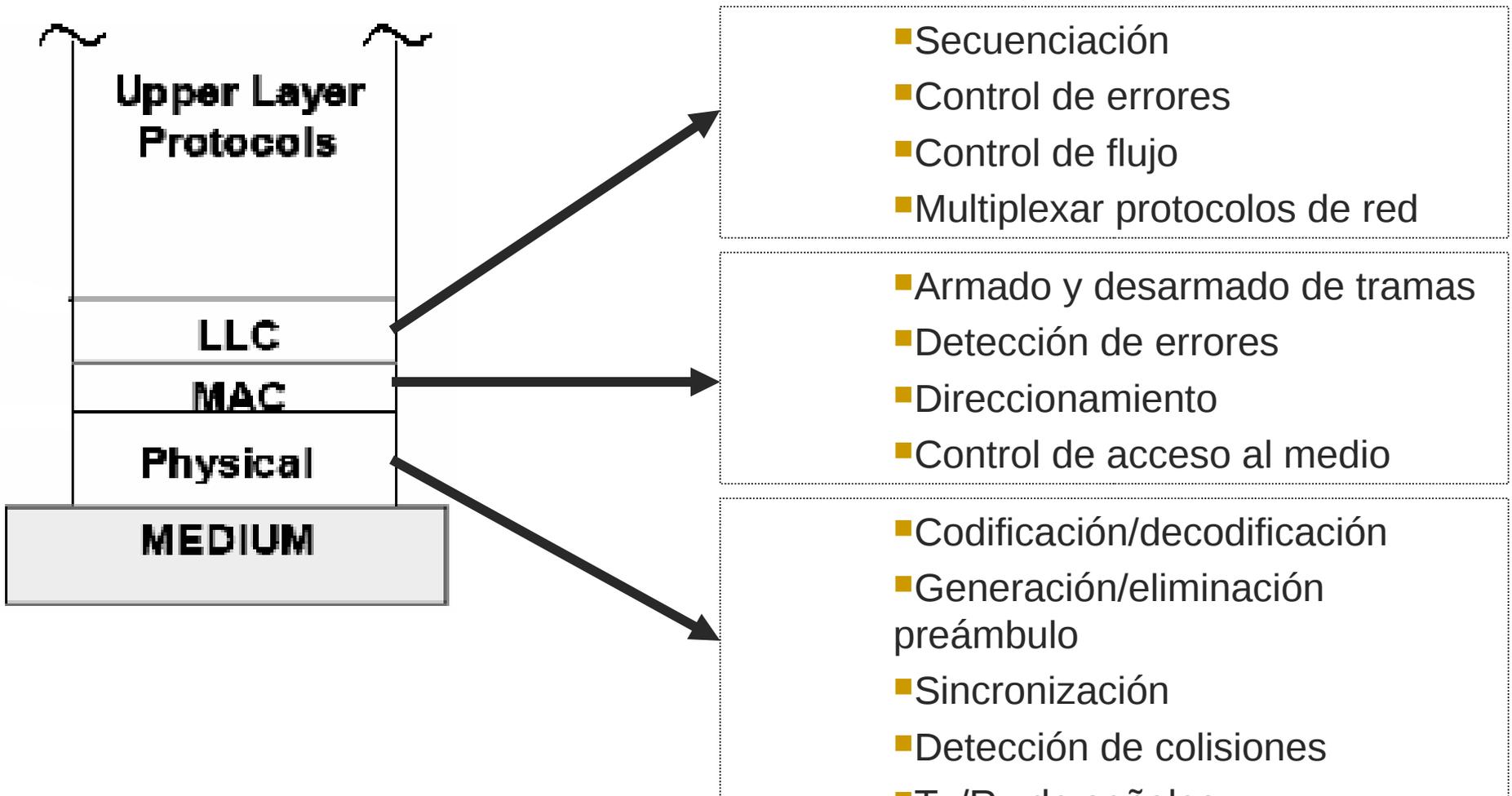
### 802.4 Token bus

### 802.5 Token ring

### 802.11 Wireless

# Redes de Área Local

## ■ Funciones de los Protocolos (IEEE)



# Redes de Área Local

## ■ Elementos que las Definen

○ Topología

○ Medios

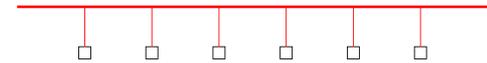
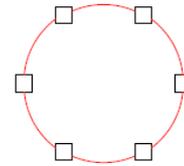
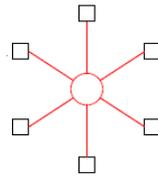
○ Modos de Transmisión

■ Full duplex (por canales físicos separados)

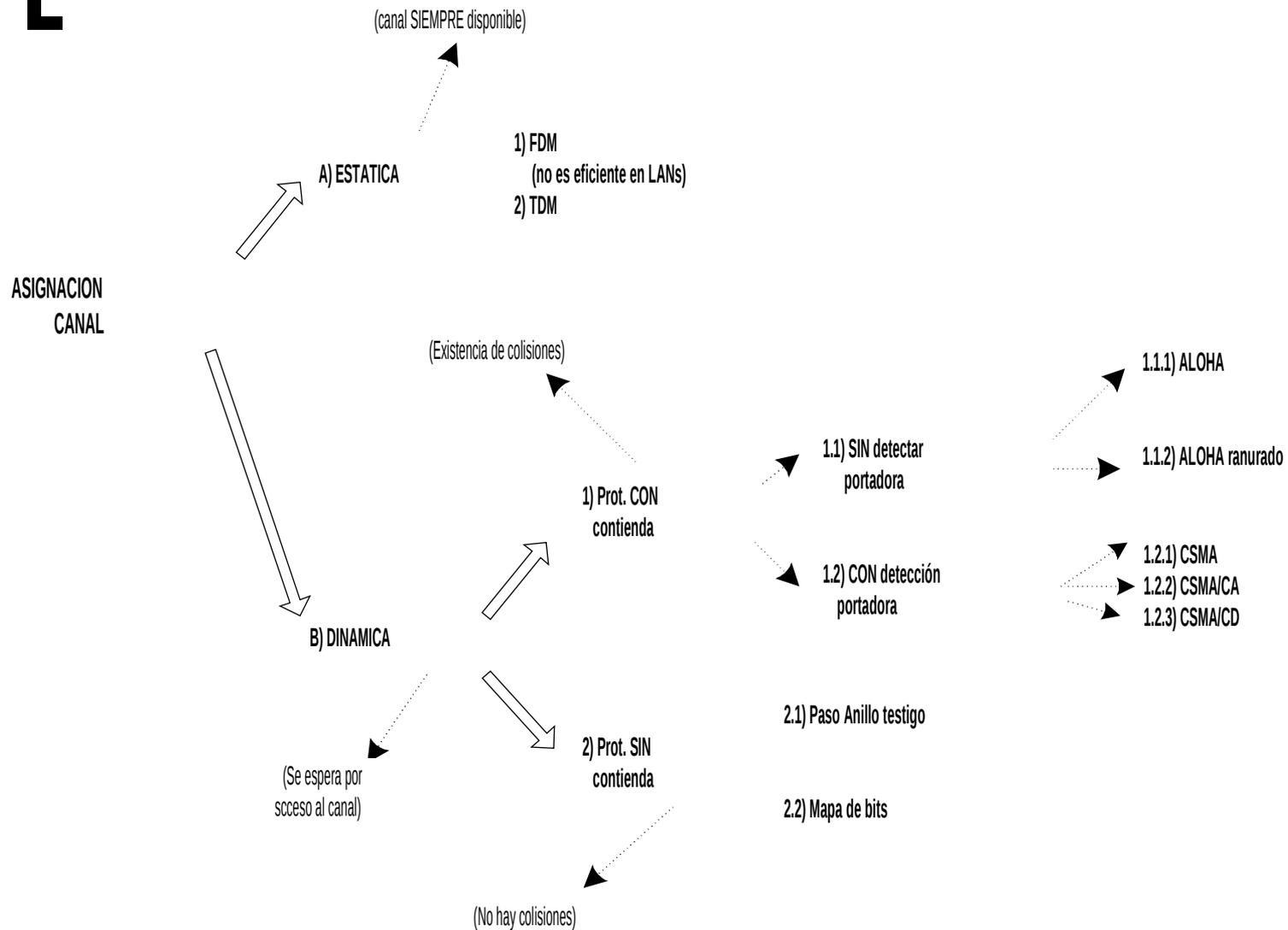
■ Half Duplex (canal único y compartido)

○ Acceso al Medio (asignación del canal)

■ Por ejemplo, CSMA CSMA/CA, Anillo/testigo



# Redes de Área Local



# Redes de Área Local

## ■ Protocolos de Acceso Múltiple

### ○ Acceso Aleatorio

- ¿Cuándo una estación puede acceder al medio?
- ¿Cómo se determina el éxito o fracaso de la transmisión?
- ¿Qué se debe hacer si hubo un conflicto?
- Por ejemplo, ALOHA, CDMA/CD

### ○ Acceso Controlado

- Reserva
- Encuesta
- Paso de Testigo

### ○ Definen canales (Multiplexación)

- FDMA, TDMA, etc.

# Redes de Área Local

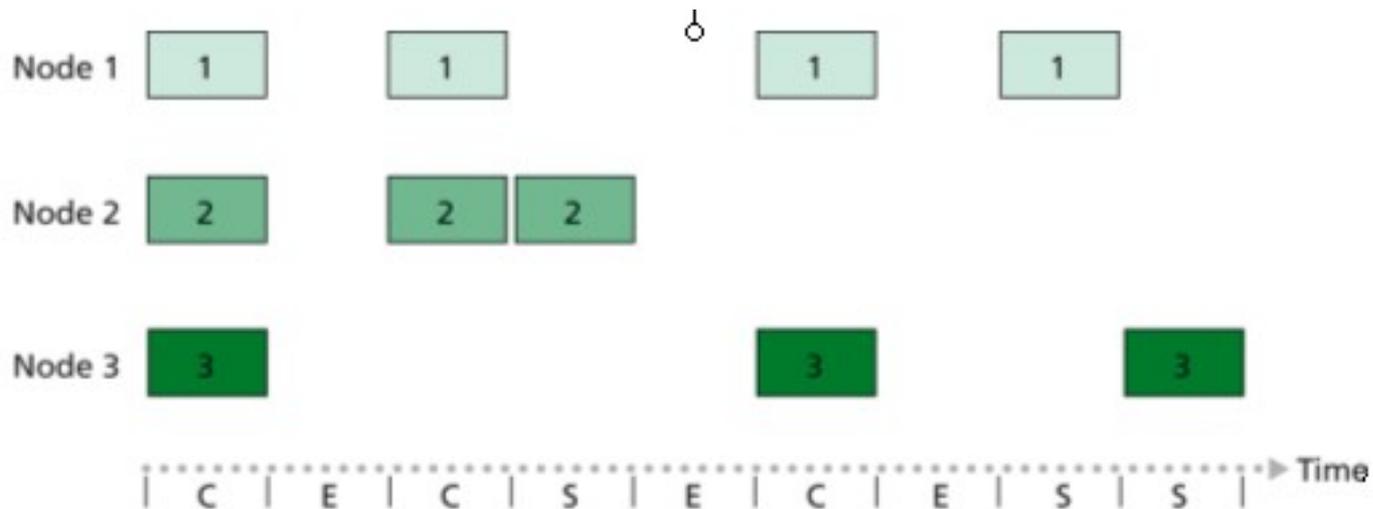
- **Asignación Dinámica CON Contienda**
  - **ALOHA (Abramson 1970)**
    - Red vía radio para interconectar sedes situadas en islas (Universidad de Hawai)
    - Una estación puede transmitir en cualquier instante de tiempo y luego esperaba por ACK. Si vencido un timer éste no llegaba, la estación retransmitía la trama
    - Dos canales entre una estación e y la estación maestra
    - 1 canal de datos estación usuario -> estación maestra
    - 1 canal de ack/datos estación maestra -> estación usuario
    - Eficiencia 18%

# Redes de Área Local

- **Asignación Dinámica CON Contienda**
  - **ALOHA Ranurado (Roberts, 1972)**
    - Hay sincronización entre todas las estaciones, la estación maestra enviaba una señal (por un tercer canal) al inicio de cada ranura.
    - Los mensajes se definieron de largo  $l$  bits, y se defieron ranuras de tiempo  $r = l / v_{tx}$  seg. Ahora las estaciones están sincronizadas y solo pueden tx al inicio de una ranura de tiempo.
    - Una estación puede tx SOLAMENTE al inicio de una ranura de tiempo. En caso existir una colisión, retardan su retransmisión un tiempo al azar.
    - Tres canales entre una estación y la estación maestra
    - Se reduce periodo de contienda. Eficiencia 39%

# Redes de Área Local

- **Asignación Dinámica CON Contienda**
  - **ALOHA Ranurado (Ejemplo)**



Key:

C = Collision slot

E = Empty slot

S = Successful slot

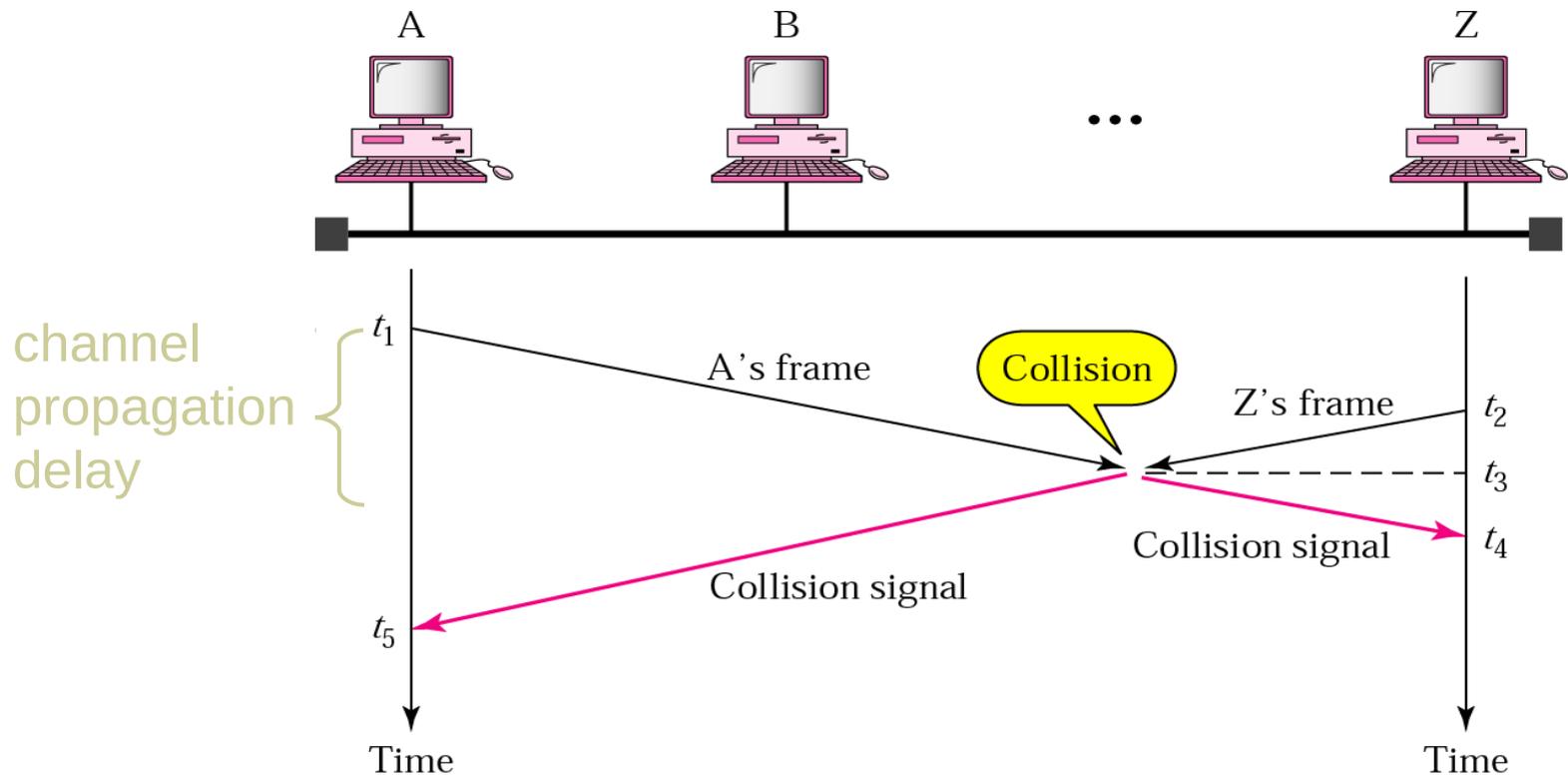
- En el slot 1, colisionan los 3 nodos.
- En el slot 4, el nodo 2 transmite exitosamente,
- El nodo 1 lo logran en el slot 8 y el 3 en el 9.

# Redes de Área Local

- **Asignación Dinámica CON Contienda**
  - **CSMA (Carrier Sense Multiple Access)**
    - Detección de portadora: “Escuchar antes de hablar”
    - Control de acceso distribuido entre todos los nodos de la red
    - Antes de transmitir la estación sensa el canal:
      - Si está libre => tx
      - Si está ocupado => retarda su transmisión (en modo persistente-1 sigue escuchando hasta que el canal esté libre y en modo no-persistente realiza pruebas de sensado en otros instantes de tiempo)
    - Luego de comenzar a Tx, si la señal fue sensada por todas las demás estaciones NO hay posibilidad alguna de colisión.
    - El tiempo de contienda (espacio de tiempo donde pueden existir colisiones) se reduce al tiempo de propagación de la señal entre el nodo que Tx y el nodo más alejado a éste.
    - Eficiencia 55%

# Redes de Área Local

- **Asignación Dinámica CON Contienda**
  - **CSMA (Carrier Sense Multiple Access)**

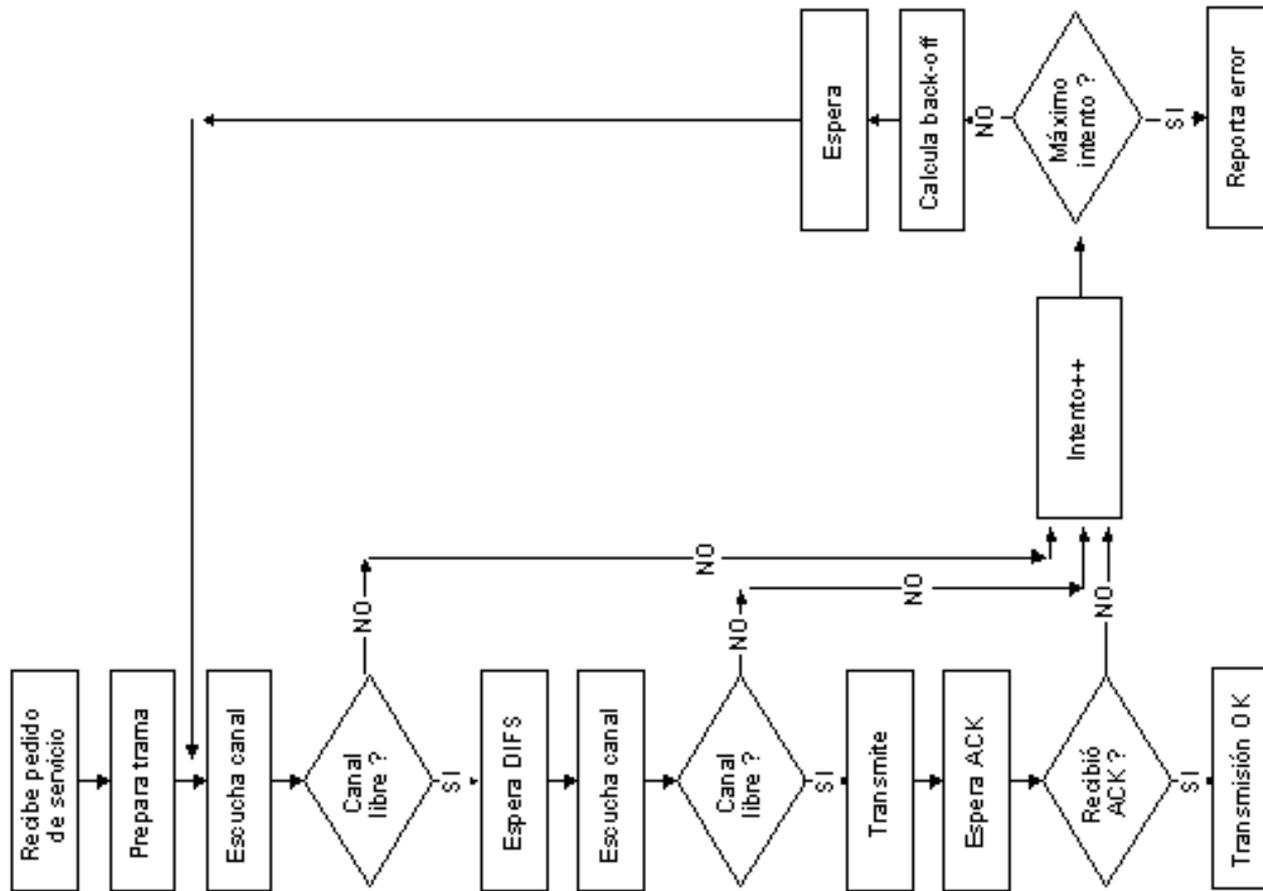


# Redes de Área Local

- **Asignación Dinámica CON Contienda**
  - **CSMA/CA (CSMA/Colission Avoidance)**
  - En CSMA/CA, cada sensa el canal antes de Tx. Si esta libre transmite y espera un determinado tiempo por un mensaje ack. En caso de no llegar asume colisión y luego de un periodo de espera al azar retransmite.
  - Método utilizado en redes inalámbricas (802.11) dado que no pueden detectar colisiones mientras transmiten.

# Redes de Área Local

- **Asignación Dinámica CON Contienda**
  - **CSMA/CA (CSMA/Colission Avoidance)**



# Redes de Área Local

## ■ Asignación Dinámica CON Contienda

- **CSMA/CD (CSMA/Colission Detection)**
- Cada estación sensa el canal antes de Tx. Si esta libre transmite y mientras lo hace sensa el medio a los efectos de detectar si hay una colisión (de forma analógica midiendo niveles de voltaje, en el cable debería existir unicamente la energía que ella está inyectando). En caso de colisión detiene la transmisión inmediatamente y espera un tiempo al azar antes de reintentar. Si al sensar el canal está ocupado escucha hasta que se desocupe.
- Tiempo mínimo para asegurar que NO haya colisiones ->  $2t$  (t tiempo de propagación entre estaciones más distantes) -> Largo mínimo de trama.
- Método utilizado en redes cableadas Ethernet e IEEE 802.3
- A mayor cantidad de equipos en la red, mayor tráfico de red. A medida que aumenta el tráfico, tienden a aumentar la anulación de colisiones y las colisiones, que ralentizan la red, de forma que CSMA/CD puede convertirse en un método de acceso lento.

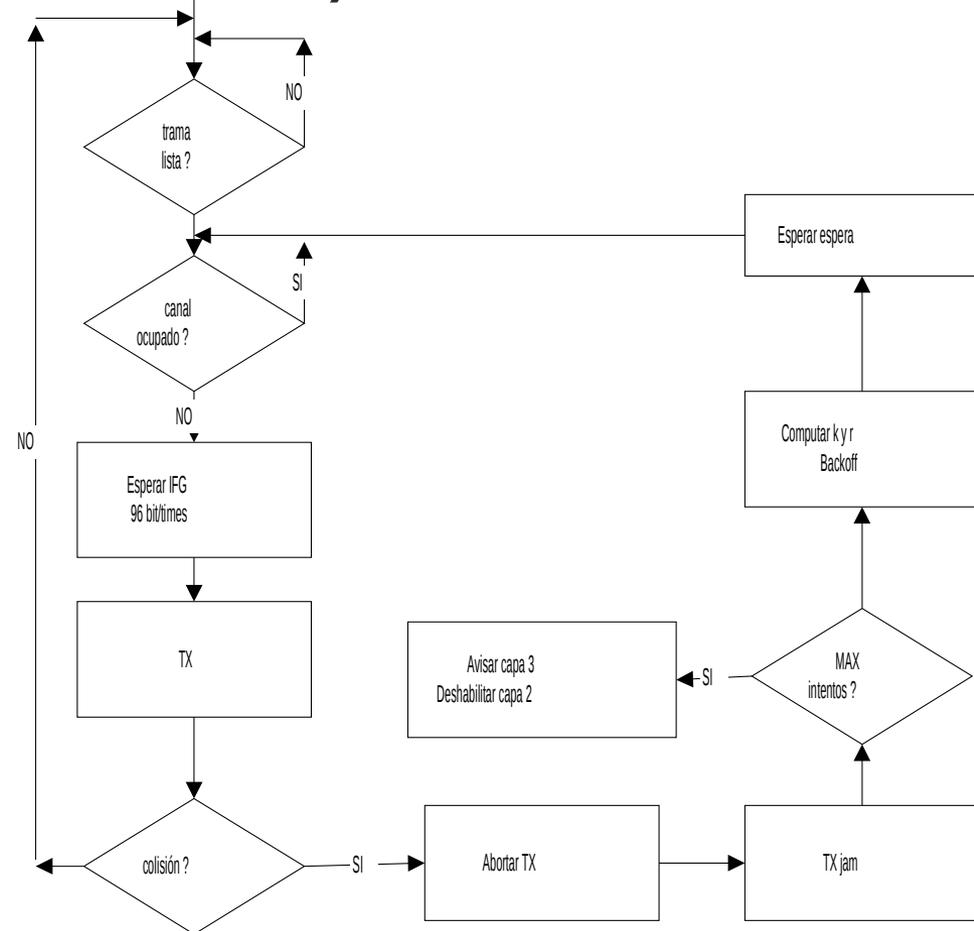
# Redes de Área Local

- **Asignación Dinámica CON Contienda**
  - **CSMA/CD (CSMA/Colission Detection)**
  - En ethernet la posibilidad de detección de colisiones es el parámetro que impone una limitación en cuanto a distancia entre estaciones de la LAN. Debido a la atenuación, el debilitamiento de una señal transmitida a medida que se aleja del origen, el mecanismo de detección de colisiones no es apropiado a partir de 2.500 metros. Los segmentos no pueden detectar señales a partir de esa distancia y, por tanto, no se puede asegurar que un equipo del otro extremo esté transmitiendo.

# Redes de Área Local

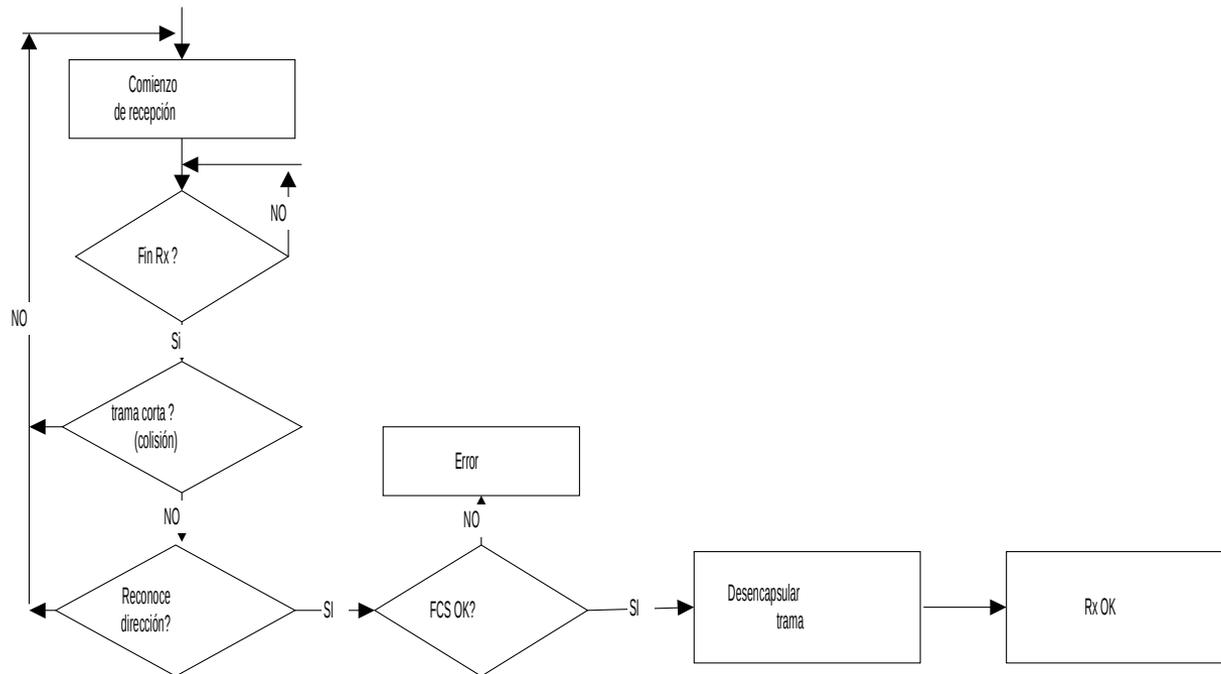
## Asignación Dinámica CON Contienda

- CSMA/CD (CSMA/Colission Detection)
- Algoritmo Tx



# Redes de Área Local

- **Asignación Dinámica CON Contienda**
  - CSMA/CD (CSMA/Colission Detection)
  - Algoritmo Rx



# Redes de Área Local

## ■ Asignación Dinámica SIN Contienda

### ○ Paso de Testigo en Anillo

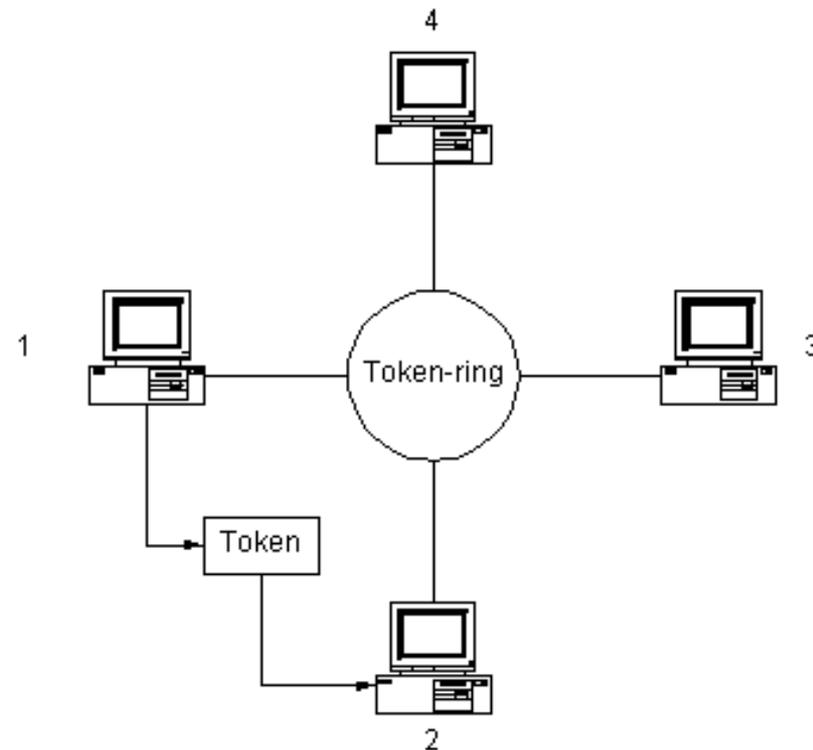
- En este método, circula por el anillo un paquete especial denominado testigo (token). Cuando una estación necesita enviar datos, tiene que esperar “capturar” un testigo libre. Cuando se detecta un testigo libre, el equipo se apodera de él si tiene datos que enviar.
- Mientras un equipo usa el testigo los otros equipos no pueden transmitir datos. Debido a que sólo puede haber un equipo utilizando el testigo no se producen colisiones ni contención y no se pierde tiempo esperando a que los equipos vuelvan a enviar los testigos debido al tráfico.
- El protocolo no se desestabiliza por saturación (tal como es el caso de los métodos de contienda)
- El protocolo soporta prioridades (como característica alternativa)
- Una estación debe tener capacidades extras que permitan administrar la red, tales como: a) inicio del anillo, b) detección de anillo faltante por falla y c) entrada y salida de estaciones

# Redes de Área Local

- **Asignación Dinámica SIN Contienda**
  - **Paso de Testigo en Anillo**

## Ejemplo

- El testigo libre llega a PC-2, ésta marca el testigo y añade su carga de datos dirigida a PC-4
- PC-2 reenvía la trama a PC-3.
- PC-3 reenvía la trama a PC-4
- PC-4 toma la carga de datos y reenvía la trama a PC1
- PC-1 reenvía la trama a PC-2
- PC-2 libera el testigo y lo reenvía



# Redes de Área Local

## ■ LANs IEEE

Trama genérica

Preámbulo (7)	SFD (1)	DD (6)	DO (6)	Long (2)	Datos LLC	FCS (4)
------------------	---------	--------	--------	-------------	-----------	------------

<b>LLC</b>	IEEE 802.2 NO orientado a la conexión NO confirmado NO orientado a la conexión SI confirmado Servicio modo conexión			
<b>MAC</b>	802.3 CSMA-CD	802.4 Bus testigo	802.5 Anillo testigo	FDDI Anillo testigo
<b>FISICO</b>	Coaxial 10 UTP 10-100 FO 10-1GB	UTP 1-5-10 FO 5-10-20	UTP 4-16	FO-UTP 100

# Redes de Área Local

## ■ Control Lógico del Enlace (LLC)

### ■ PDU

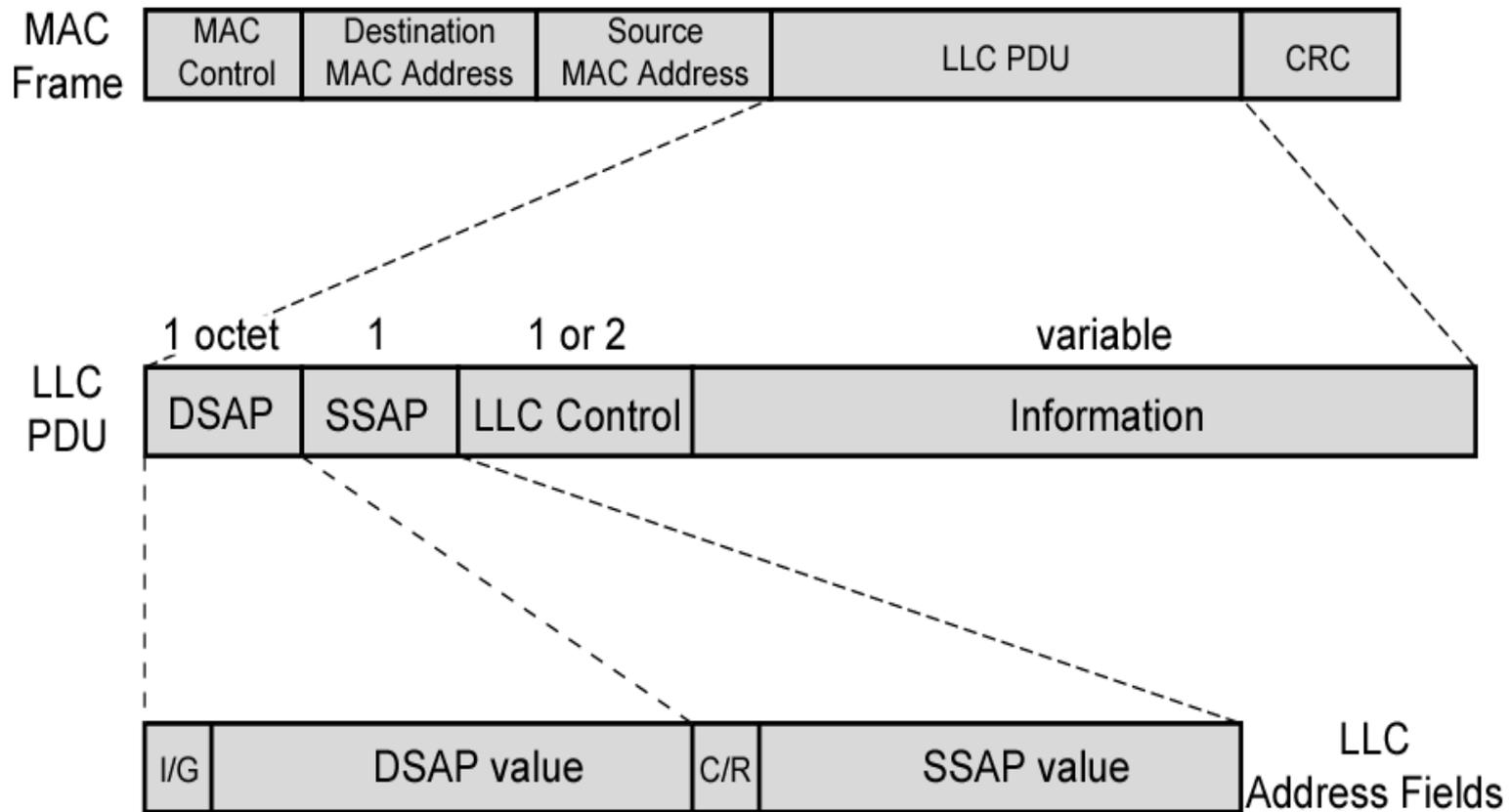
D-SAP (1)	S-SAP (1)	Ctrl LLC (1 o 2)	Carga
--------------	--------------	------------------------	-------

### ■ Servicios

- NO orientado a la conexión SIN confirmación
  - No hay control de flujo, ni administración de error, ni control de secuencia (tipo datagrama)
- NO orientado a la conexión CON confirmación
  - No se establece conexión pero se confirman los datagramas
- CON Conexión
  - Similar a HDLC, control de flujo y retransmisión de tramas. Ideal para ambientes con alta tasa de error

# Redes de Área Local

## ■ Formato de Trama (MAC)

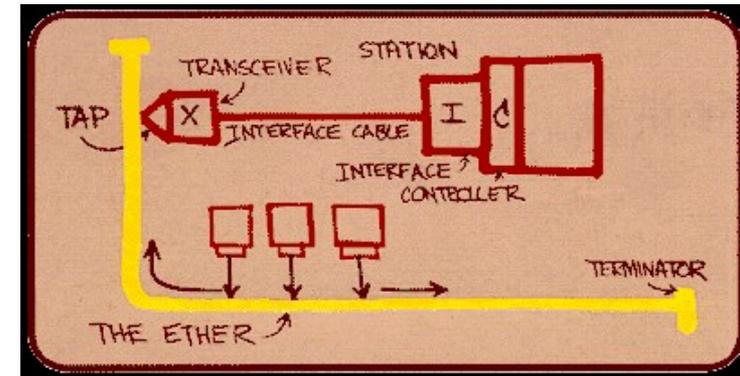


I/G = Individual/Group  
C/R = Command/Response

# Redes de Área Local

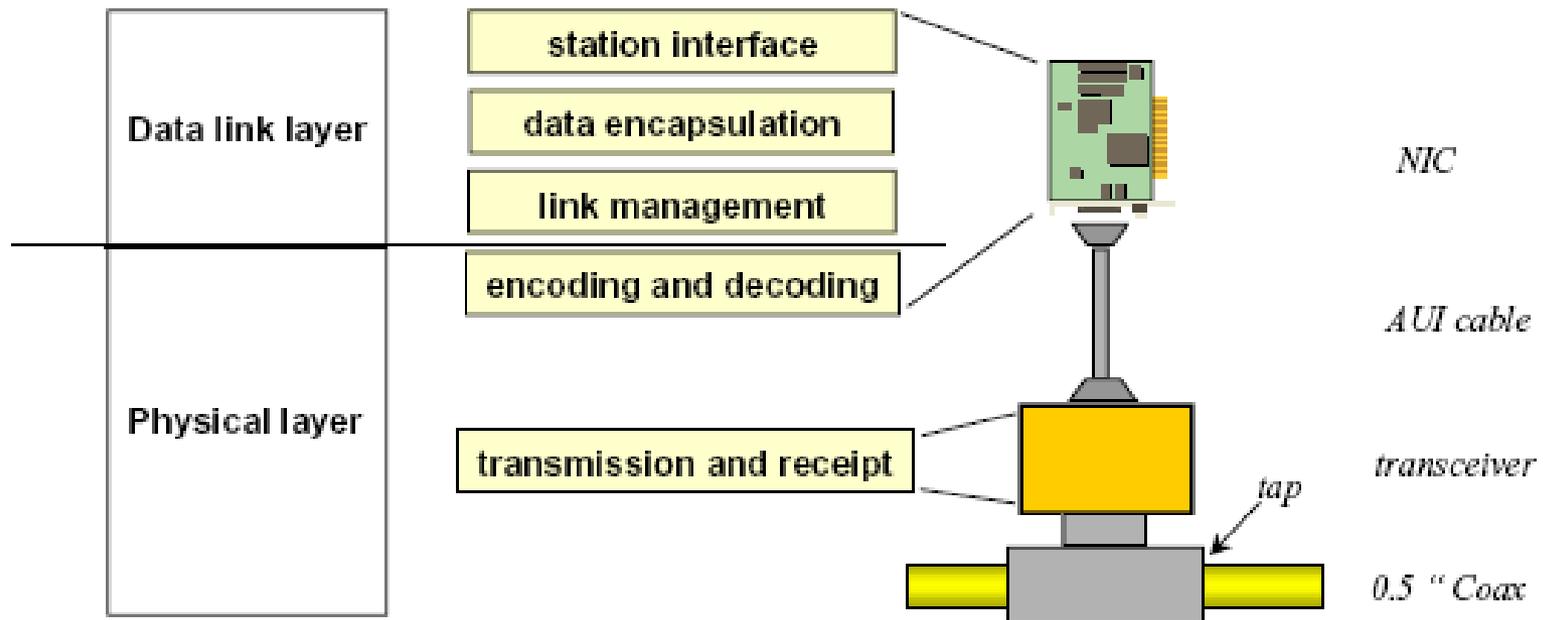
## ■ Ethernet

- Originalmente, desarrollada por Robert Metcalfe en el Xerox PARC a mediados de 1970
- Normalizada por IEEE como 802.3 (1985)
  - Ethernet Physical Layer
  - Ethernet Medium Access (MAC) Sublayer
  - CSMA/CD en modo 1-persistente
- Ethernet standard – 2 Mbps
- IEEE 802.3 standard – 10 Mbps
- IEEE 802.3u standard – 100Mbps Ethernet (Fast Ethernet)
- IEEE 802.3z standard – 1,000Mbps Ethernet (Giga Ethernet)



# Redes de Área Local

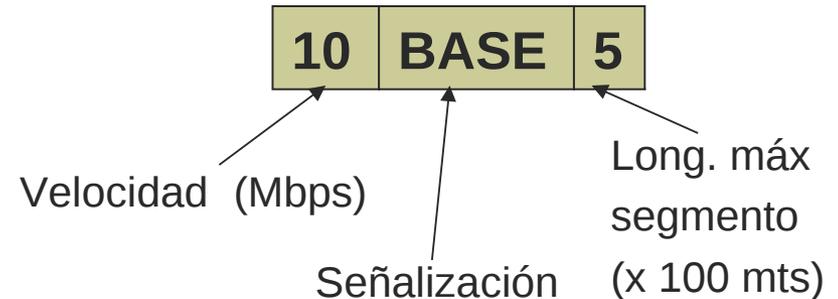
## ■ Arquitectura de Ethernet



# Redes de Área Local

## ■ Ethernet

- Varios estándares IEEE

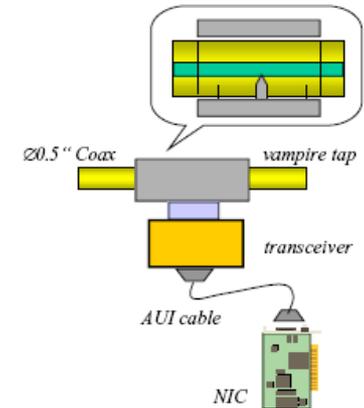
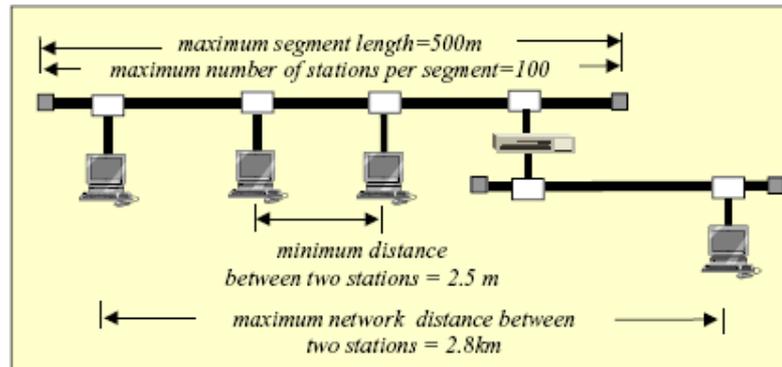


	<b>10B5</b>	<b>10B2</b>	<b>10BT</b>	<b>10BFO</b>	<b>100BTX</b>	<b>100BFX</b>
<b>Medio</b>	Coaxial 50	Coaxial 50	UTP	FO 850 nm	UTP	FO 850 nm
<b>Señalización</b>	B Base Manchester	B.Base Manchester	B.Base Manchester	Manchester SI/NO		4B5B
<b>Topología</b>	Bus	Bus	Estrella	Estrella	Estrella	Estrella
<b>Long. Max Segmento</b>	500	185	100	500/2000	100	100/400
<b>Nodos x segmento</b>	100	30	-	-	-	
<b>Diámetro Cable</b>	20 mm	0.5 mm	04/0.6 mm	62.5 micro 125 micro	04/0.6 mm	62.5 micro 125 micro

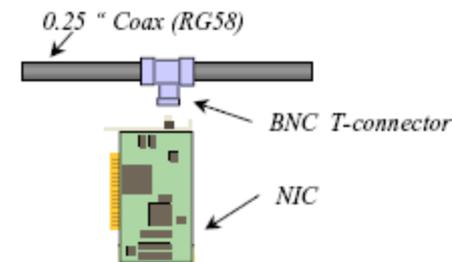
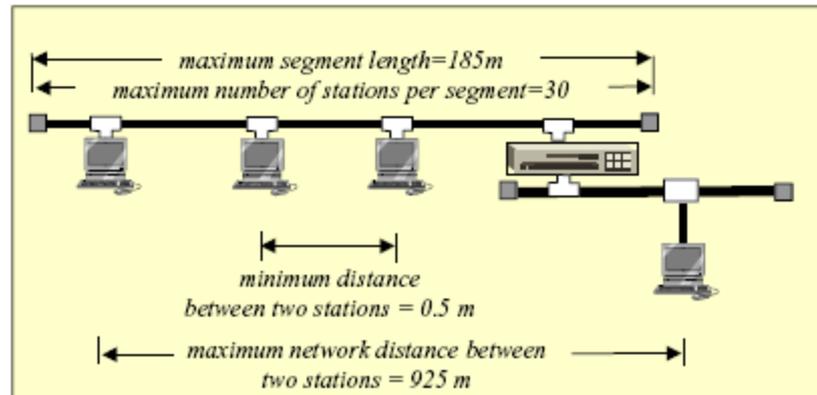
# Redes de Área Local

## ■ Ethernet

### ○ 10 Base 5



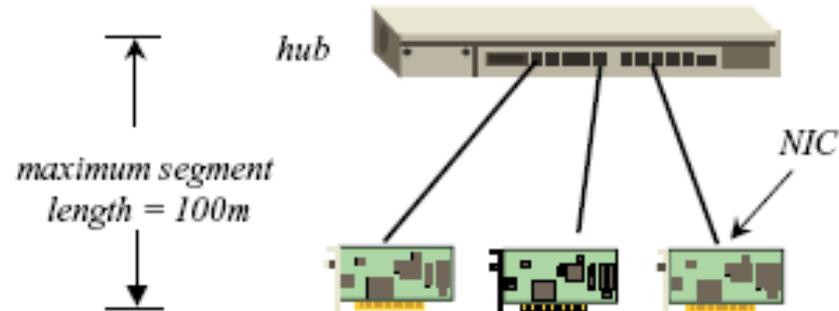
### ○ 10 Base 2



# Redes de Área Local

## ■ Ethernet

### ○ 10 Base T



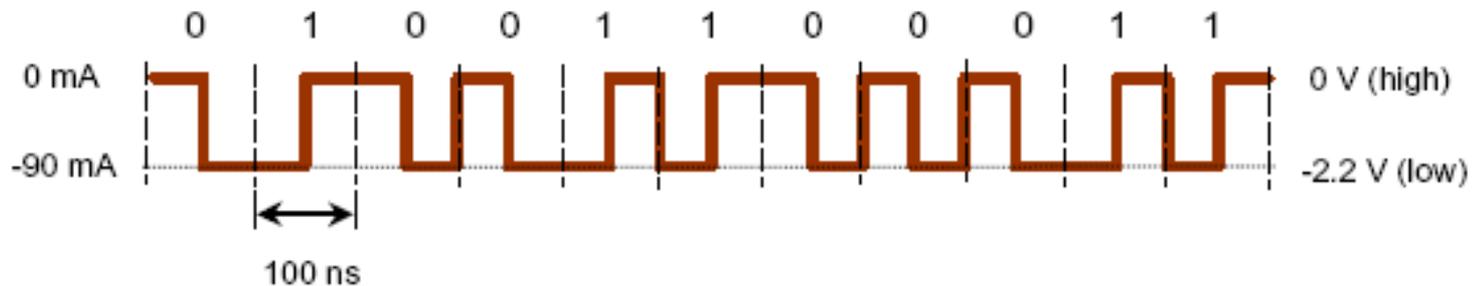
### ○ 10 Base F

- 10 Base FP – Estrella – Segmentos de 500 Mts
- 10 Base FL – Punto a Punto – Enlaces de hasta 2 Kms
- 10 Base FB – Punto a Punto – Enlaces de hasta 2 Kms c/15 repetidores en cascada

# Redes de Área Local

## ■ Ethernet

### ○ Codificación Manchester



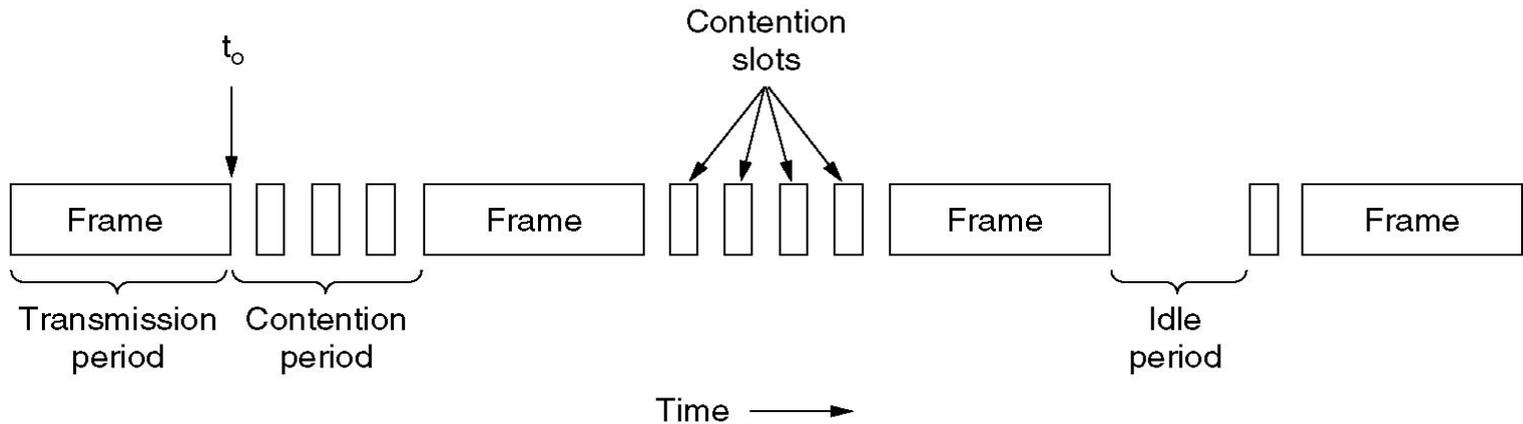
○ 0 – Alto-Bajo

○ 1 – Bajo-Alto

# Redes de Área Local

## ■ Ethernet

### ○ CSMA/CD



### ○ Tres estados

- **Contienda**
- **Transmisión**
- **Disponible**

# Redes de Área Local

## ■ Ethernet

### ○ Transmisión

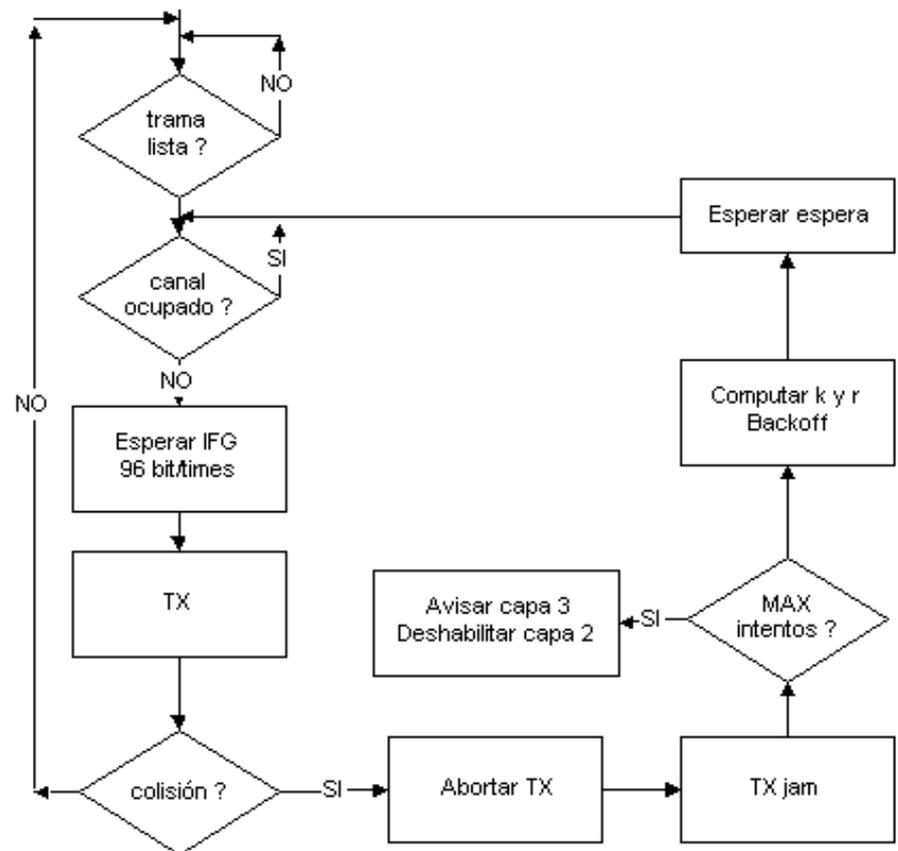
CARRIER SENSE MULTIPLE ACCESS/  
COLLISION DETECT

Utilizado en Ethernet y en 802.3

#### Algoritmo TX

#### Algoritmo de Backoff

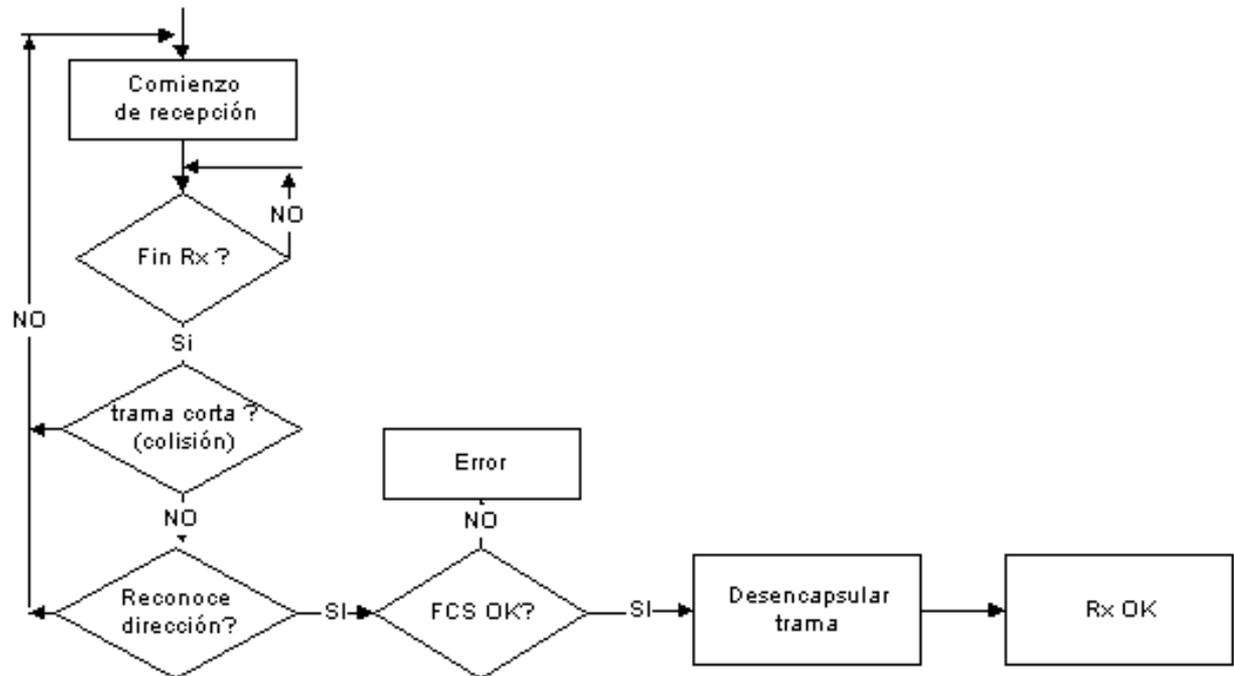
```
ranura_tiempo = 512 (microseg)
Si ++intentos <= 16 {
    k = minimo(intentos, 10)
    r = random(0, 2k-1)
    espera = r*ranura_tiempo
} else {
    informar_error_capa_3()
    deshabilitar_capa_2()
}
```



# Redes de Área Local

- Ethernet
  - Recepción

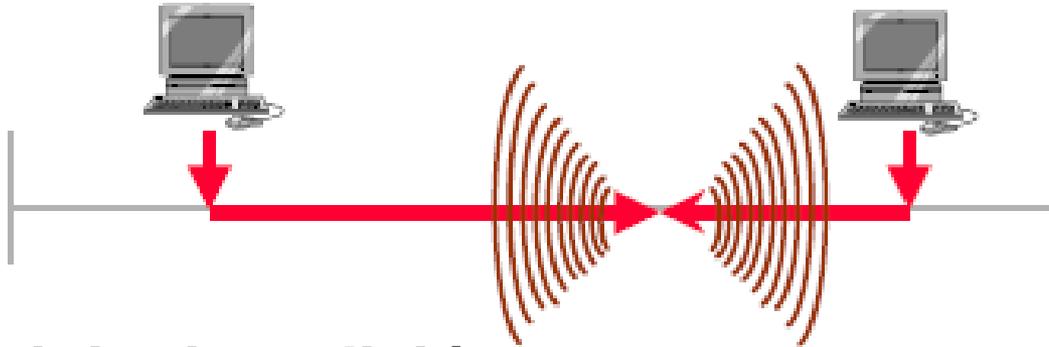
## Algoritmo RX



# Redes de Área Local

## ■ Ethernet

### ○ Colisión



### ○ Dominio de Colisión

### ○ ¿Cómo se detecta la colisión?

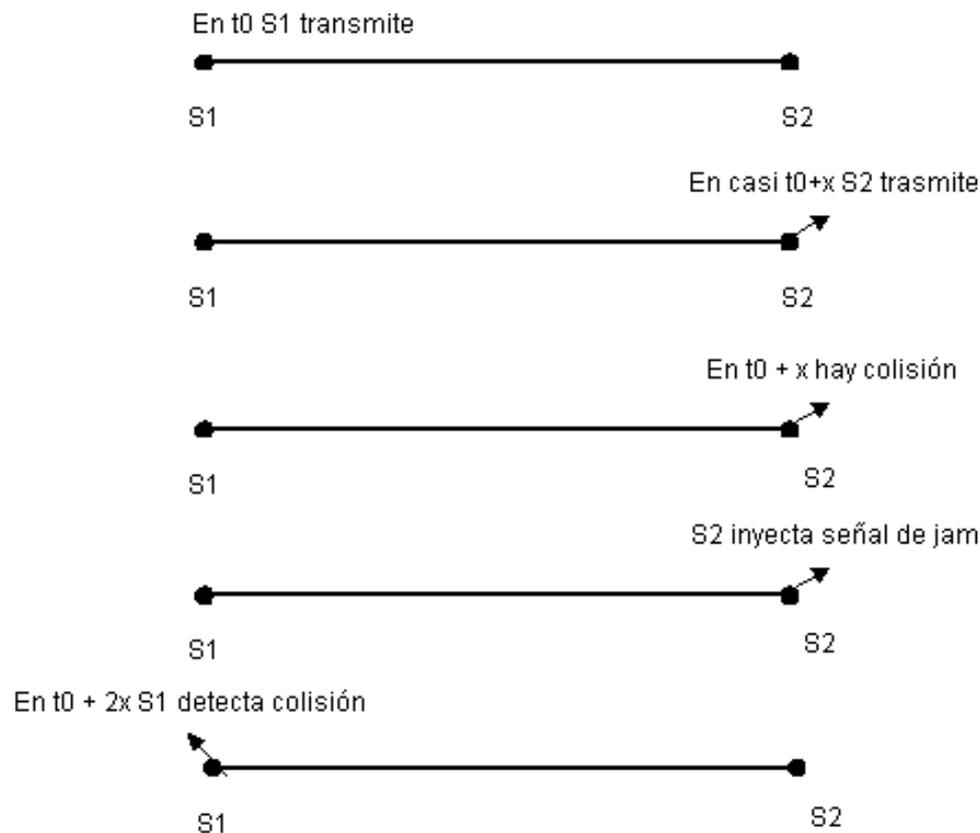
- Variación de tensión (intensidad de la señal mayor a la que se está transmitiendo)

### ○ ¿Qué hacen las estaciones que la detectan?

- Envían señal de JAM(32-48 bits): 10101010-10101010-...

# Redes de Área Local

## ■ Ethernet



Jam: 48 bits

Largo máximo del cable limitado por el largo de un frame mínimo

Slot time = 512 bits/time

Slot time = 51,2 microseg

Header 6+6+2+4 = 18 bytes

padding = 46 bytes

frame mínimo = 64 bytes

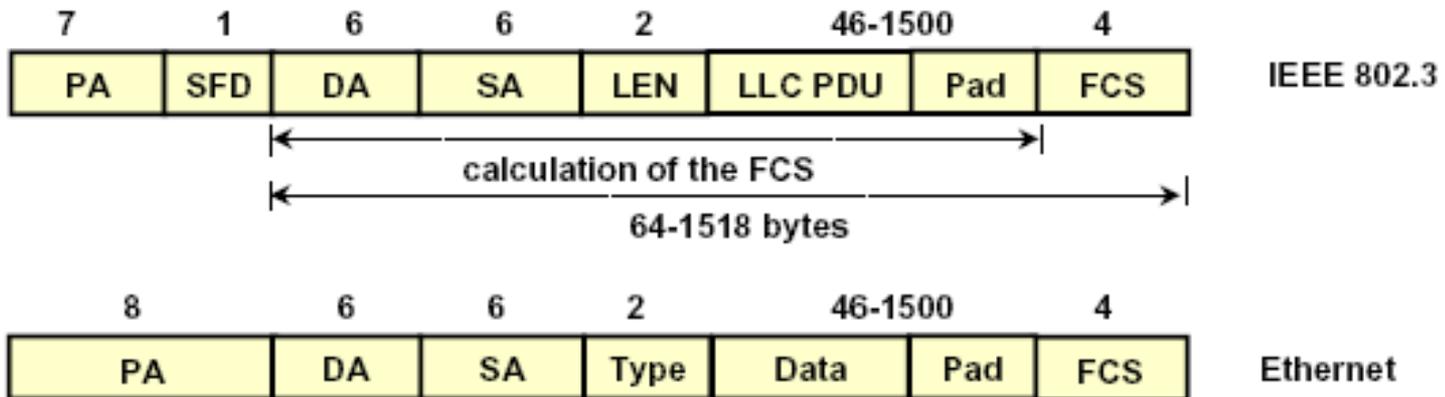
IFG = 12 bytes

Preámbulo = 8 bytes

# Redes de Área Local

## ■ Ethernet

### ○ Formato de Trama



PA : Preamble - 10101010s for synchronization

SFD : Start of Frame delimiter -- 10101011 to start frame

DA: Destination Address -- MAC address

SA: Source Address -- MAC address

LEN: Length -- Number of data bytes

Type: identify the higher -level protocol

LLC PDU+pad -- minimum 46 bytes, maximum 1500

FCS : Frame Check Sequence -- CRC-32

# Redes de Área Local

## ■ Ethernet

### ○ Esquemas de Direcciones

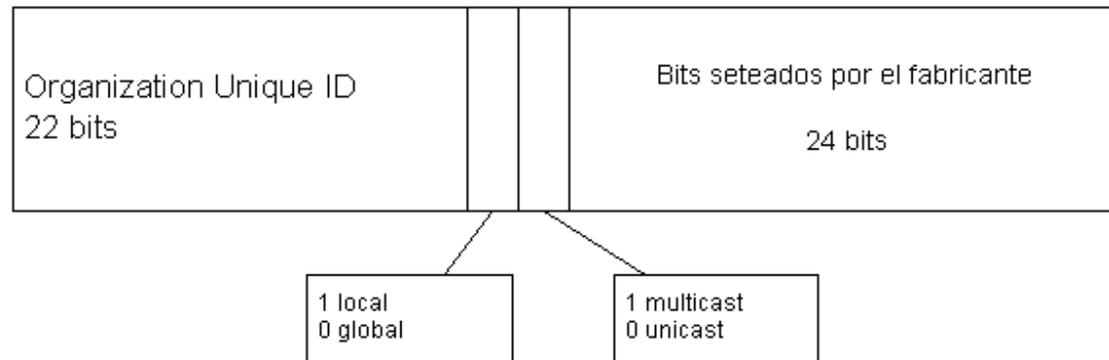
#### Formato de direcciones IEEE 802

48 bits - 00:C0:DF:20:01:42 (Kye Systems)

Multicast = un grupo (1er bit on)

Broadcast = todas las estaciones (ff:ff:ff:ff:ff:ff)

Local = 2do bit on



#### Ejemplo:

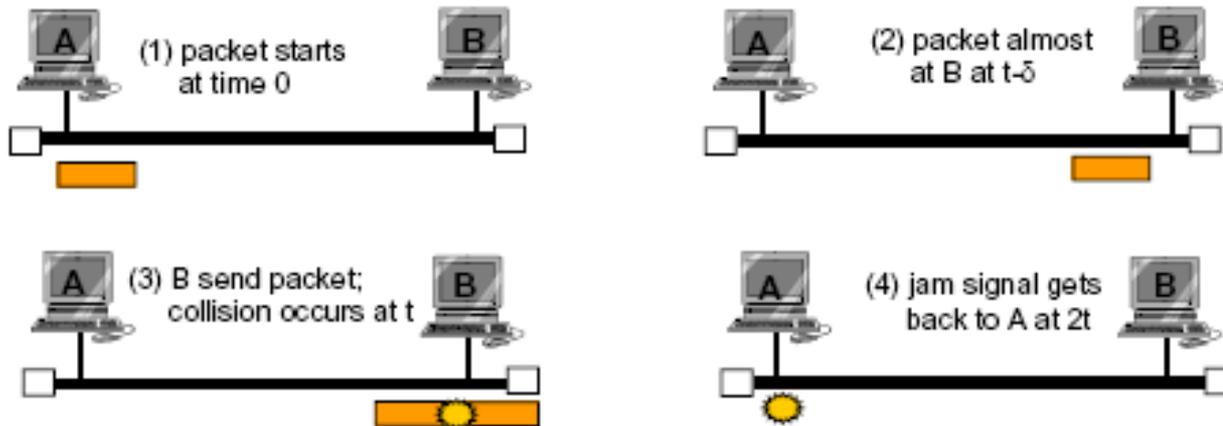
<u>ID</u>	<u>ORG</u>
00-00-00	- XEROX
00-00-1A	- AMD
00-01-02	- 3COM
AA-00-04	- DEC

# Redes de Área Local

## ■ Ethernet

### ○ Longitud mínima de trama

- La trama de longitud mínima debe ser lo suficientemente larga para detectar una colisión antes de que termine su Tx
- Situación: Suponiendo A y B en los extremos del cable



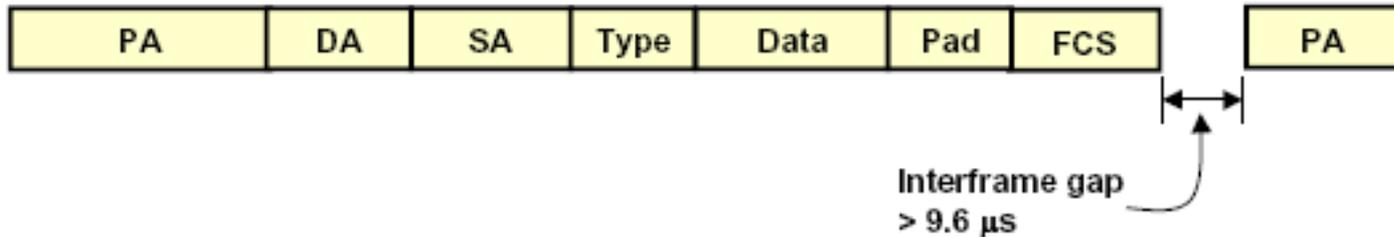
- 54 bytes  $\rightarrow$   $54 \times 8 = 432 \text{ bits}$   $\rightarrow$   $432 \text{ bits} / 10 \text{ Mb/s} = 43.2 \mu\text{s}$  (512 bits  $\rightarrow$  51.2  $\mu\text{s}$ )
- Sino: Colisión tardía (generalmente, por configuración fuera de norma)

# Redes de Área Local

## ■ Ethernet

### ○ Tiempo entre tramas sucesivas

- Intervalo obligatorio de 9.6 microsegundos entre 2 tramas: Interframe Gap (permite que otras estaciones puedan transmitir en ese período)



# Redes de Área Local

## ■ Ethernet

### Algunas cuentas

#### MAXIMO troughput para 1 solo nodo

IFG	12 bytes
Preámbulo	8
DD	6
DO	6
T/L	2
Carga(min)	46
FCS	4
<b>TOTAL</b>	<b>84 bytes</b>

Máximo nro de frames por seg =  
 $10.000.000\text{bps}/(84 \cdot 8) = 14.880 \text{ frames/seg}$

Con carga máxima  
 $10.000.000\text{bps}/(1538 \cdot 8) = 812 \text{ frames/seg}$

#### Bytes transportados

Con carga mínima 46 bytes

$14.880 \cdot 46 = 681780 \text{ bytes}$

Con carga máxima

$812 \cdot 1500 \cdot 8 = 1.218.000 \text{ bytes}$

# Redes de Área Local

## ■ Ethernet

### Algunas cuentas

**Situación:** *Un nodo A transmite frames de 100 bytes a un ritmo de 10 frames por segundo, otro nodo B, transmite frames de 1000 bytes a una tasa de 2 frames por segundo*

**Porcentaje de utilización de la LAN** (Nota: Se asume que no existen colisiones)

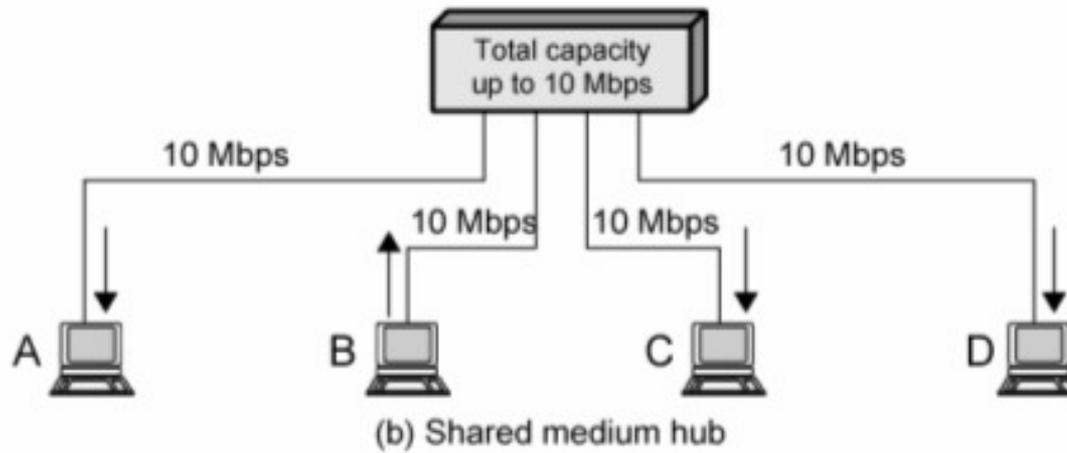
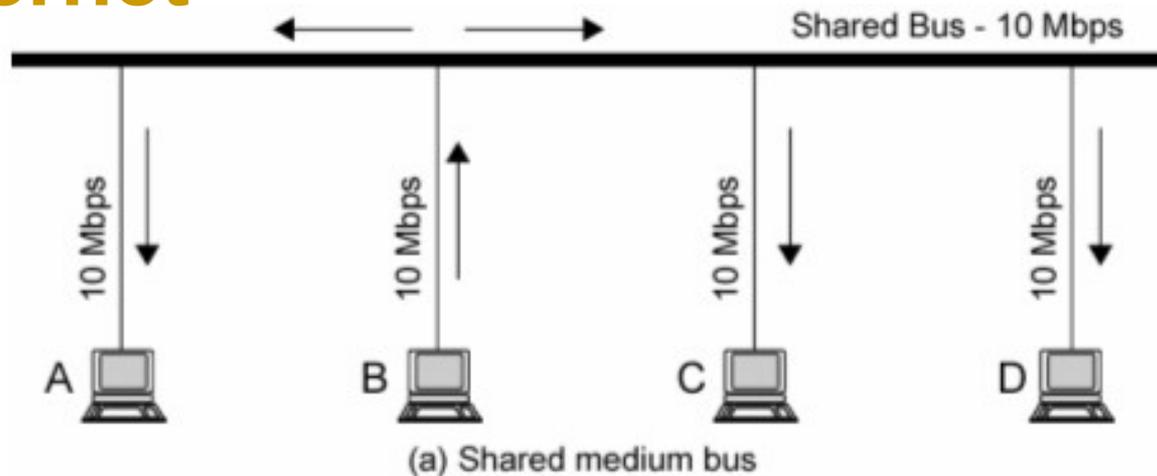
	<b>A</b>	<b>B</b>
IFG	12 bytes	12 bytes
Preámbulo	8	8
DD	6	6
DO	6	6
T/L	2	2
Carga(min)	100	1000
FCS	4	4
<b>TOTAL</b>	<b>138 bytes</b>	<b>1038 bytes</b>

Bits transmitidos por segundo =  $((138 \cdot 8) \cdot 10) + ((1038 \cdot 8) \cdot 2) = 27648$  bps

Porcentaje de utilización =  $(27648 / 10000000) \cdot 100 = 0.28\%$

# Redes de Área Local

## ■ Ethernet



# Redes de Área Local

## ■ Puentes para LANs

### ■ Motivación

- Interoperabilidad: Se dispone de redes locales basadas en *medios físicos y subcapas de acceso diferentes*.
- Distancia: Se necesita cubrir una distancia mayor que la que puede cubrirse con una tecnología.
- Número de computadoras: Se quiere *conectar más equipos* que los que se permiten en una red local.
- Reducción de congestión: Si existe una elevada cantidad de tráfico, principalmente de carácter local, se puede *dividir la red* en varias mediante puentes (envío de tramas en paralelo)
- Seguridad: En una red local cualquier computadora funcionando en *modo promiscuo* puede capturar todas las tramas que circulan. La división en varios segmentos evita en cierta medida esta situación.

# Redes de Área Local

## ■ Puentes para LANs

### ■ Tipos

#### ■ Puentes transparentes

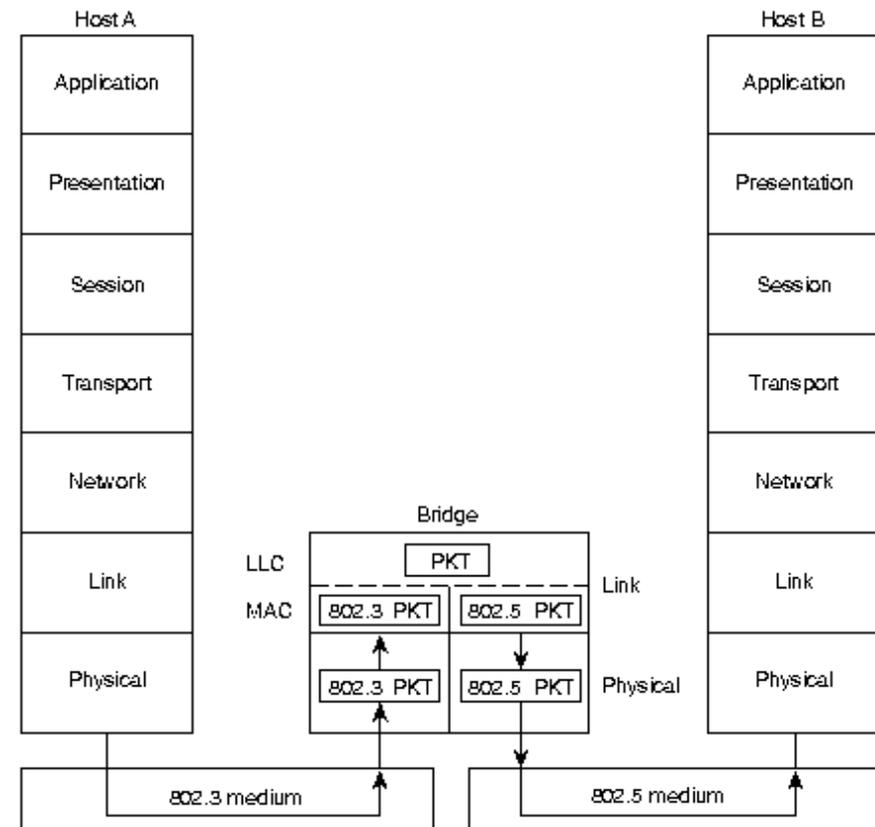
- Se usan en el ambiente Ethernet
- Generalmente, conocidos como switch

#### ■ Puentes Remotos

- Permiten interconectar redes remotas como una única LAN

#### ■ Puentes de traducción (translational bridges)

- Permiten interconectar redes con distintos protocolos MAC de forma transparente.
- Ejemplo, Ethernet y Token Ring

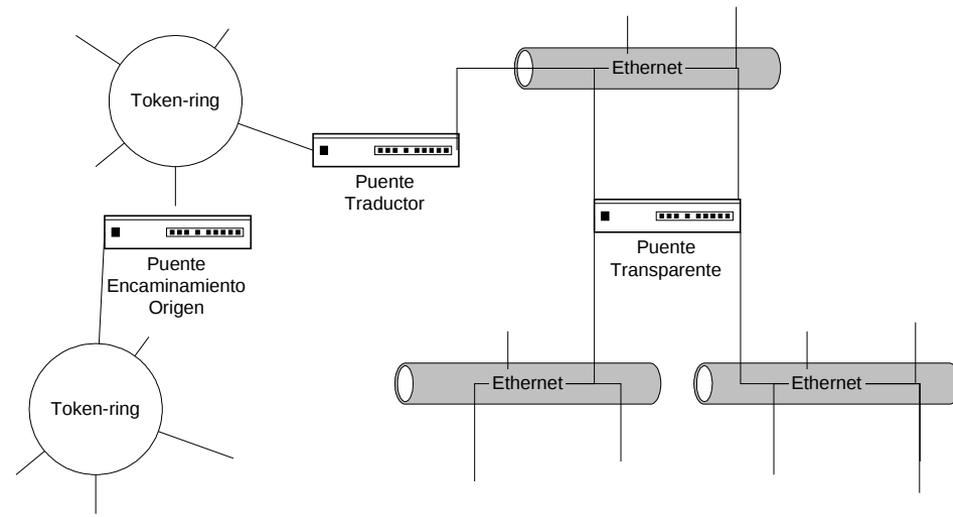


# Redes de Área Local

## ■ Puentes para LANs

### ■ Puentes de traducción – Problemas

- Reformateo de la trama
- Campos inexistentes (Por ejemplo, prioridad y reserva en TR)
- Acuse de recibo (bits A y C del campo Status en TR)
- Formato de las direcciones MAC (bit order)
- Diferente tamaño máximo de trama
  - Ethernet 1500 bytes
  - Token Ring
    - 5000 bytes a 4 Mbps
    - 20000 bytes a 16 Mbps.

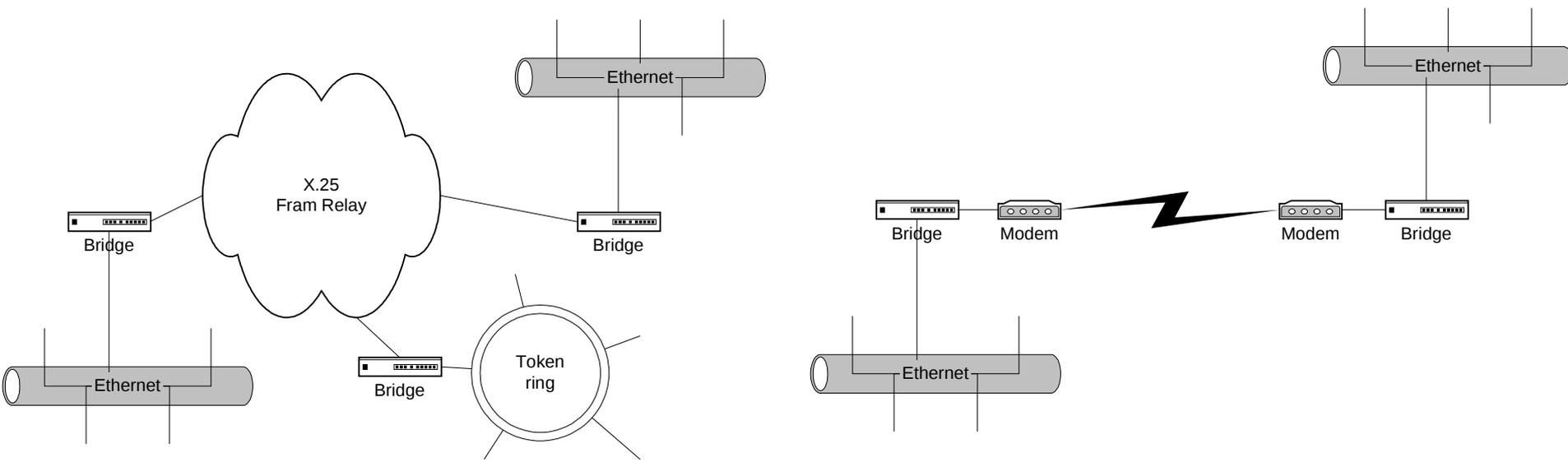


# Redes de Área Local

## ■ Puentes para LANs

### ■ Puentes Remotos

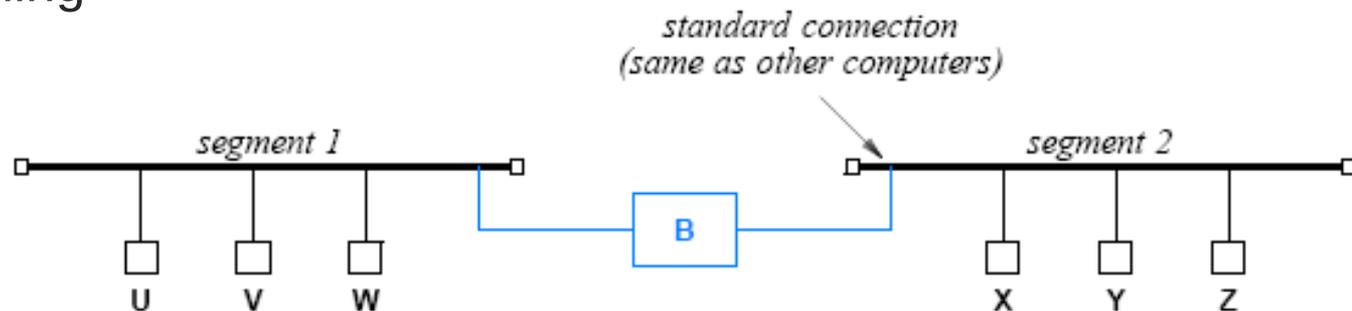
- Básicamente, funcionan de la misma forma que los puentes locales, salvo que 1 puerto está vinculado a un enlace WAN dedicado (típicamente, entre 128 Kbps y 2048 Mbps)
- También es posible unir los puentes remotos por redes tipo ATM, X.25, Frame Relay.



# Redes de Área Local

## ■ Algoritmo de Bridge

- Los puentes “escuchan” en todos sus puertos en mod promiscuo
- Observan las direcciones de cada trama y arman tablas con las de cada segmento
- Reenvían (forward) solo si es necesario
- “Address Learning”
- Ejemplo:



Event	Segment 1 List	Segment 2 List
Bridge boots	-	-
U sends to V	U	-
V sends to U	U, V	-
Z broadcasts	U, V	Z
Y sends to V	U, V	Z, Y
Y sends to X	U, V	Z, Y
X sends to W	U, V	Z, Y, X
W sends to Z	U, V, W	Z, Y, X

# Redes de Área Local

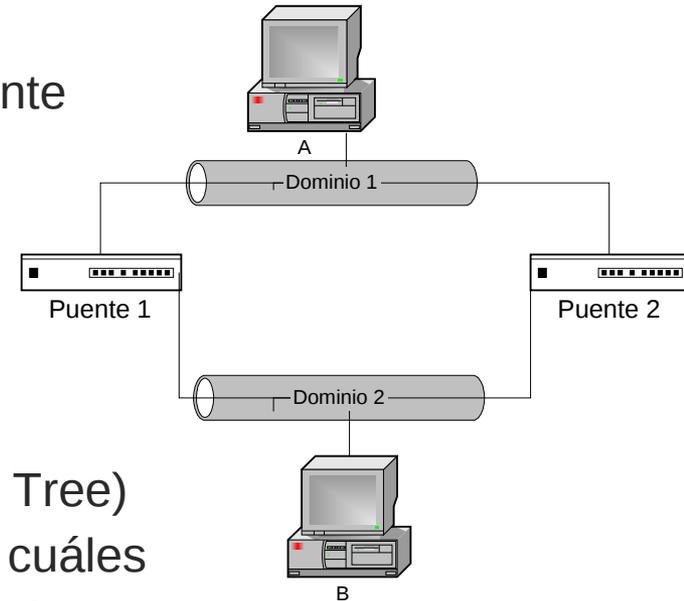
## ■ Algoritmo de Árbol de Expansión

### ■ Problemática

- Pueden existir loops en redes unidas mediante puentes
- Entonces, caminos múltiples

### ■ Solución

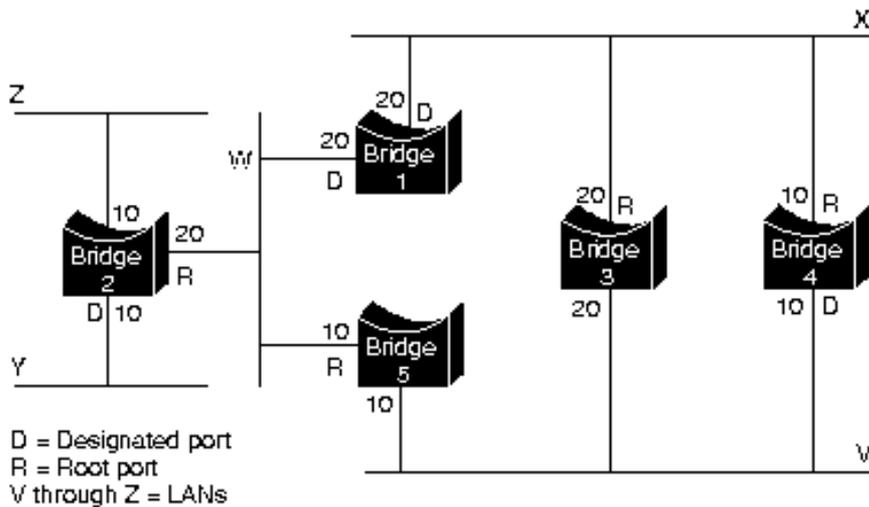
- Protocolo de Árbol de Expansión (Spanning Tree)
- Los puentes ejecutan el protocolo y definen cuáles puertos utilizarán para el tráfico, bloqueando los que generan ciclos.
- Se forma un árbol lógico
- Se mantiene de forma dinámica



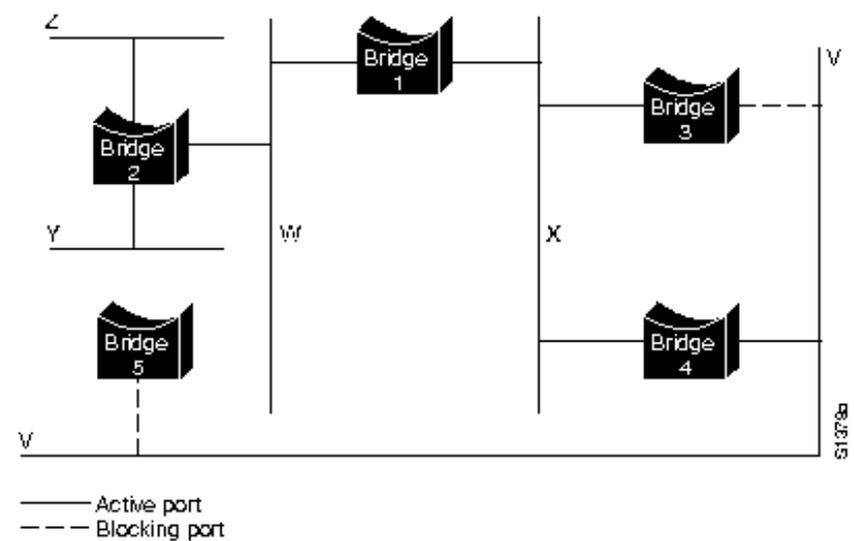
# Redes de Área Local

## ■ Algoritmo de Árbol de Expansión

Original



Luego de ejecutar STA



# Redes de Área Local Inalámbricas

- ¿Qué es una “Wireless LAN”?
- LAN que utiliza señales de RF para transmitir por el “aire”
- La energía se irradia en todas las direcciones (antenas)
- Se utilizan potencias “bajas” => Distancias cortas
- Ejemplos:
  - Airport (Apple)
  - AirLAN (Solectek)
  - 802.11 (IEEE)
  - y Bluetooth?
- Wireless <> Móvil
- ¿Qué es WIFI?



# Redes de Área Local Inalámbricas

## ■ Ventajas de las WLAN

- Facilidad de instalación
- Reducción de costos de instalación y mantenimiento
- Escalabilidad, ya que el agregado de estaciones es casi inmediato.
- Facil reconfiguración de la topología
- Estética (¿?)

## ■ Posibles usos

- Pequeños grupos de trabajo (o ad-hoc)
- Edificios de difícil cableado o imposibles de cablear
- Entornos altamente dinámicos o móviles (ferias, congresos)
- Situaciones de emergencias o de rápido montaje y desmontaje

# Redes de Área Local Inalámbricas

## ■ Elementos

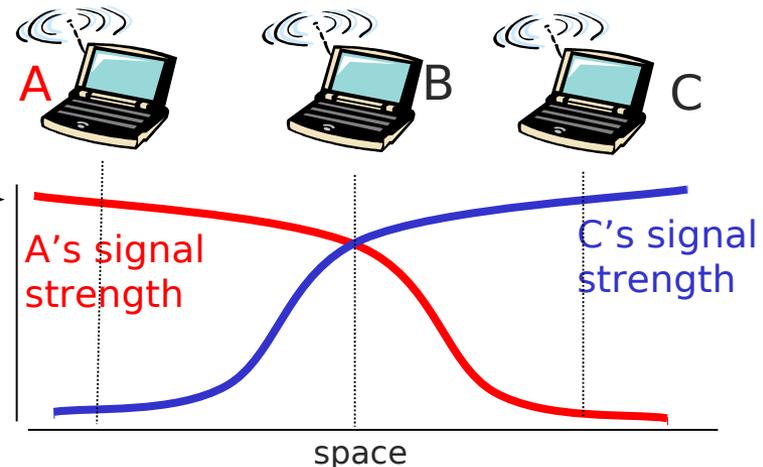
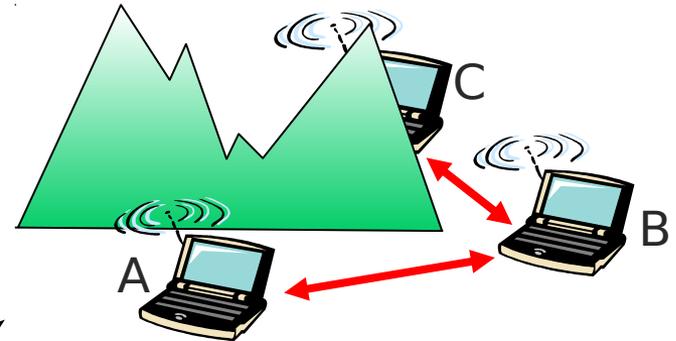
- Estación Base (Access-Point)
- Nodos wireless

## ■ Modos

- Ad-Hoc
- Infraestructura

## ■ Cuestiones

- Problema del nodo oculto
- “Desvanecimiento” de la señal



# Redes de Área Local Inalámbricas

- **IEEE 802.11**
  - Como Ethernet, utiliza CSMA
    - Acceso aleatorio
    - Sensado de portadora
  - A diferencia de Ethernet
    - No hay detección de colisión (no se pueden detectar)
    - Acuse de recibo
- **Objetivo**
  - Evitar las colisiones => CSMA/CA (Collision Avoidance)

# Redes de Área Local Inalámbricas

## ■ IEEE 802.11 CSMA/CA

### ○ Emisor

Si canal ocioso por DIFS =>

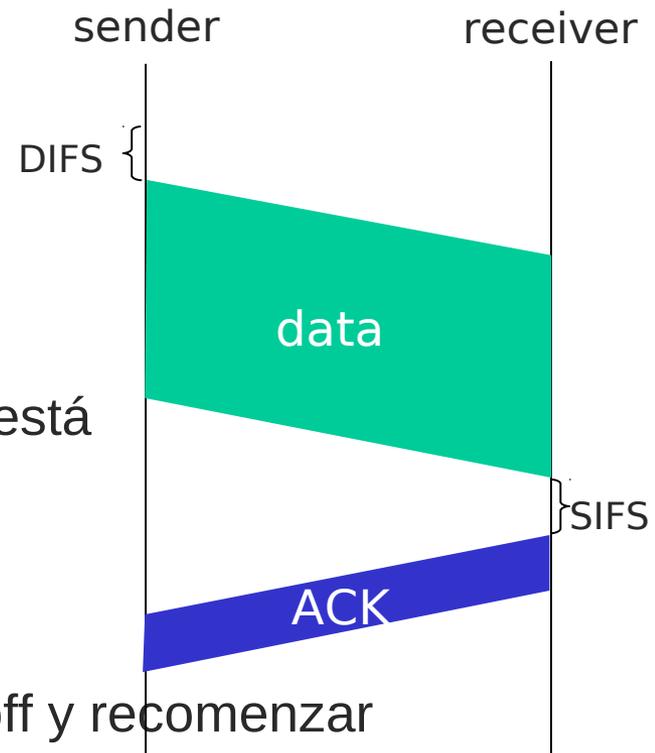
Transmite trama completa (siin CD)

Si canal ocupado:

- Comenzar tiempo de backoff
- Cuenta regresiva mientras el canal está ocioso
- Cuando expira el timer, transmite
- Si no recibe el ACK
  - Incrementa el intervalo de backoff y recomenzar

### ○ Receptor

- Si recibe la trama OK => Transmite ACK luego de SIFS



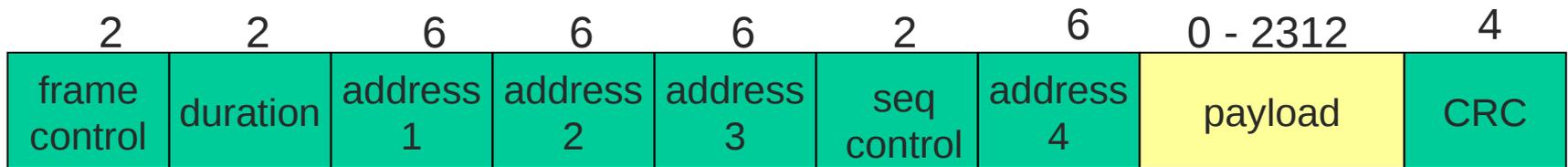
# Redes de Área Local Inalámbricas

## ■ RTS/CTS

- **Idea:** permitir que el emisor “reserve” el canal (no acceso aleatorio) para evitar las colisiones
- Emisor:
  - Transmite un mensaje “request-to-send” al AP usando CSMA
  - AP envía un CTS (clear-to-send) mediante broadcast en respuesta al RTS
  - Emisor transmite mientras las otras estaciones esperan
- El RTS es un mensaje muy pequeño que se usa para “reservar” el canal y evitar las colisiones completamente.

# Redes de Área Local Inalámbricas

## ■ Trama



**Address 1:** MAC address of wireless host or AP to receive this frame

**Address 2:** MAC address of wireless host or AP transmitting this frame

**Address 3:** MAC address of router interface to which AP is attached

**Address 3:** used only in ad hoc mode