



**Redes de Computadores**  
*Ingeniería Informática*  
*Universidad Complutense de Madrid*

## **TEMA 4 Control de Acceso al Medio**

---

**Profesor:** *Rubén Santiago*

**Despacho:** 332

**Tutorías:** MXV 10 - 12



**Traspase y material elaborado por el Profesor  
Rafael Moreno Vozmediano**

## **Parte III: Interconexión de Redes Ethernet**

---

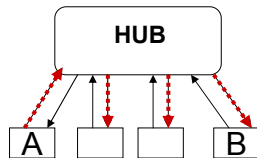
2

- **Introducción: Hubs y Switches**
- **Interconexión de Redes: Repetidores y Hubs**
- **Interconexión de Redes: Switches**
  - Repetidores
  - Hubs
  - Switches
- **Ejemplos de Topologías**
- **Rendimiento y Análisis de Topologías**

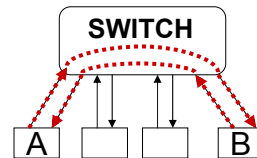
## Redes Ethernet, Fast Ethernet y Gigabit Ethernet <sup>3</sup>

### ■ Implementaciones físicas de redes Ethernet

#### ■ Hubs vs. Switches



- Dispositivo repetidor
- Retransmite (repite) la información por todas las salidas
- Existencia de colisiones (necesario CSMA/CD)
- Transmisión **half-duplex**
- Privacidad baja



- Dispositivo conmutador
- Retransmite la información únicamente por la salida adecuada
- Libre de colisiones (no es necesario CSMA/CD)
- Transmisión **full-duplex**
- Privacidad elevada

## Redes Ethernet, Fast Ethernet y Gigabit Ethernet <sup>4</sup>

### ■ Interconexión de redes Ethernet (1)

#### ■ Dominio de colisión

- Un *dominio de colisión* es un conjunto de máquinas de una red de tipo Ethernet que pueden producir colisiones entre sí.
- Cada vez que se produzca una colisión dentro de un dominio de colisión, afectará a todos los ordenadores conectados a ese dominio pero no a los ordenadores pertenecientes a otros dominios de colisión.
- Ejemplos
  - Todas las máquinas conectadas a un segmento Ethernet 10BASE2 forman un dominio de colisión
  - Todas las máquinas conectadas a un Hub Ethernet 10BASE-T forman un dominio de colisión
  - Cada rama de un *switch* 100BASE-TX constituye un dominio de colisiones distinto (las colisiones no se retransmiten por los puertos del switch).

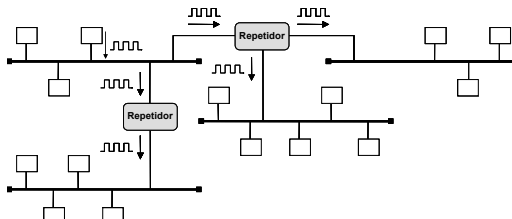
## Redes Ethernet, Fast Ethernet y Gigabit Ethernet

5

### ■ Interconexión de redes Ethernet (2)

#### ■ Interconexión de varios segmentos 10BASE2

- Se pueden unir varios segmentos 10BASE2 mediante **repetidores**
  - Esto permite ampliar el alcance de la red (limitada a 185 m)
- Un repetidor es un dispositivo de nivel físico
  - Cualquier señal que recibe por una de sus entradas, la regenera, la amplifica y la retransmite por el resto de salidas



- Limitaciones en el uso de repetidores
  - No pueden existir más de 4 repetidores en el camino entre dos estaciones cualesquiera (la longitud de la red puede alcanzar 925 m)
  - La red no puede contener lazos cerrados
- Dominio de colisión
  - Todos los segmentos unidos mediante repetidores forman un único dominio de colisión

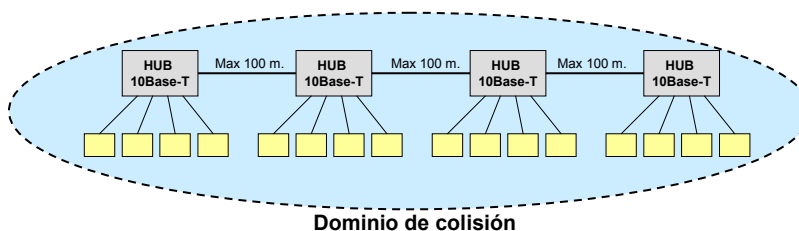
## Redes Ethernet, Fast Ethernet y Gigabit Ethernet

6

### ■ Interconexión de redes Ethernet (3)

#### ■ Interconexión de varios HUBs 10BASE-T

- Se pueden conectar varios hubs para ampliar el tamaño de la red.
  - La conexión entre dos hubs se realiza mediante un cable cruzado
  - La longitud máxima del cable es de 100 m.
- Limitaciones en la conexión de varios hubs en una red 10BASE-T
  - El número máximo de hubs que pueden existir en el camino entre dos estaciones cualesquiera es de 4
  - No pueden existir caminos que formen lazos cerrados.
- Dominio de colisión
  - Las estaciones de una red 10BASE-T formada por varios HUBs interconectados entre sí, forman un único dominio de colisión

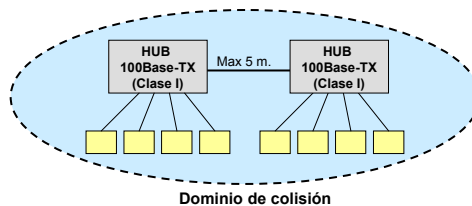


## Redes Ethernet, Fast Ethernet y Gigabit Ethernet <sup>7</sup>

### ■ Interconexión de redes Ethernet (4)

#### ■ Interconexión de varios HUBs 100BASE-TX

- Se pueden conectar un máximo de 2 hubs 100Base-TX (Clase I) para ampliar el tamaño de la red.
  - La longitud máxima del cable de unión es de 5 m.
- Dominio de colisión
  - Las estaciones de una red 100BASE-TX formada por varios HUBs interconectados entre sí, forman un único dominio de colisión



## Redes Ethernet, Fast Ethernet y Gigabit Ethernet <sup>8</sup>

### ■ Interconexión de redes Ethernet (5)

#### ■ Interconexión de redes Ethernet mediante switches

- Se pueden conectar varios switches para aumentar el tamaño de la red
  - La longitud del cable entre 2 switches 100BASE-TX es 100m.
- Limitaciones
  - No existe límite al número de switches que se pueden conectar entre sí
- Combinación de hubs y switches
  - Se pueden combinar hubs y switches de distintas velocidades (10, 100 y 1000 Mbps)

## Redes Ethernet, Fast Ethernet y Gigabit Ethernet <sup>9</sup>

### ■ Funcionamiento de los switches (1)

#### ■ Tipos de switches

##### ▪ Switch de almacenamiento y reenvío (*store-and-forward*)

- El switch acepta la trama, la almacena temporalmente y la reenvía hacia la salida adecuada
- Ventajas
  - Puede realizar la comprobación de errores y descartar tramas erróneas
  - Puede interconectar dispositivos de diferente velocidad (por ej. 10 y 100 Mbps) y adaptar fácilmente las distintas velocidades de transmisión
- Desventajas
  - Introduce retardos adicionales al tener que almacenar la trama completa

##### ▪ Switch de truncamiento (*cut-through*)

- El switch lee la dirección MAC de destino (que aparece en los primeros bits de la trama) e inmediatamente comienza a reenviar la trama por la salida adecuada
- Ventajas
  - Menores retardos, ya que no almacena la trama
- Desventajas
  - Puede reenviar tramas corruptas (erróneas)
  - Dificultad para interconectar dispositivos de distintas velocidades

## Redes Ethernet, Fast Ethernet y Gigabit Ethernet <sup>10</sup>

### ■ Funcionamiento de los switches (2)

#### ■ Auto-aprendizaje del switch

- Cada switch tiene una **tabla de conmutación** (switching table)
  - Almacena las direcciones MAC asociadas a cada puerto
  - Cada entrada de la tabla de conmutación contiene:
    - Dirección MAC
    - N° de puerto
    - Marca de tiempo
  - Las entradas antiguas (no usadas) son descartadas (TTL ~60 min)
- La tabla de conmutación se aprende de forma automática
  - El auto-aprendizaje se realiza a partir de las tramas recibidas por el switch
  - Cuando el switch recibe una trama con dirección origen MAC-X a través del puerto P
    - El switch añade a su tabla que la dirección MAC-X está asociada al puerto P
  - Durante el proceso de aprendizaje
    - Si el switch recibe una trama dirigida a la dirección MAC-Y y todavía no conoce el puerto asociado a esa dirección, entonces envía la trama por todas las salidas (broadcast)

## Redes Ethernet, Fast Ethernet y Gigabit Ethernet <sup>11</sup>

### ■ Proceso de autonegociación

#### ■ ¿Qué es la autonegociación?

- Cuando un computador con tarjeta Fast Ethernet (10/100 Mbps) o Gigabit Ethernet (10/100/1000 Mbps) se conecta a un hub o switch, se autoconfigura en el modo de transmisión más óptimo
  - Velocidad (10, 100 o 1000 Mbps)
  - Modo de transmisión (half-duplex o full duplex)
- La prioridad de la autonegociación es la siguiente

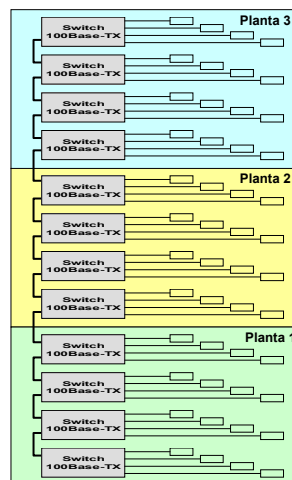
Prioridades de autonegociación		
A	1000BASE-T	full duplex
B	1000BASE-T	half duplex
C	100BASE-T2	full duplex
D	100BASE-TX	full duplex
E	100BASE-T2	half duplex
F	100BASE-T4	half duplex
G	100BASE-TX	half duplex
H	10BASE-T	full duplex
I	10BASE-T	half duplex

## Redes Ethernet, Fast Ethernet y Gigabit Ethernet <sup>12</sup>

### ■ Interconexión de redes Ethernet (6)

#### ■ Interconexión de redes Ethernet mediante switches

- Ejemplo 1: Cableado en un edificio

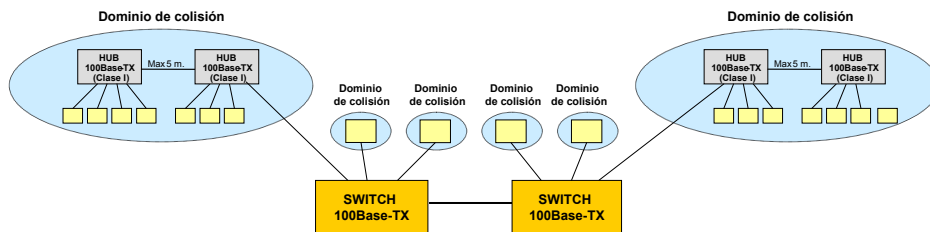


## Redes Ethernet, Fast Ethernet y Gigabit Ethernet <sup>13</sup>

### ■ Interconexión de redes Ethernet (7)

#### ■ Interconexión de redes Ethernet mediante switches

- Ejemplo 2
- Combinación de Hubs y Switches 100BASE-TX



Tema 4. Redes de área local (LAN): las subcapas MAC y LLC; redes LAN Ethernet.

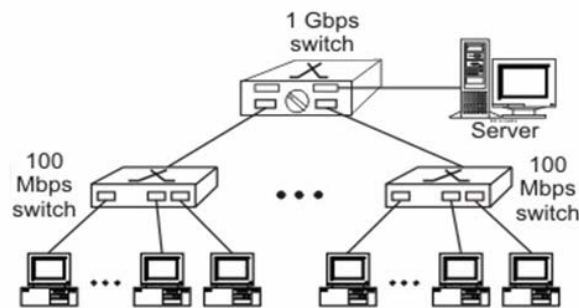
Profesor: Rafael Moreno Vozmediano

## Redes Ethernet, Fast Ethernet y Gigabit Ethernet <sup>14</sup>

### ■ Interconexión de redes Ethernet (8)

#### ■ Interconexión de redes Ethernet mediante switches

- Ejemplo 3
- Switches de distinta velocidad para conectar un servidor con gran demanda de ancho de banda



Tema 4. Redes de área local (LAN): las subcapas MAC y LLC; redes LAN Ethernet.

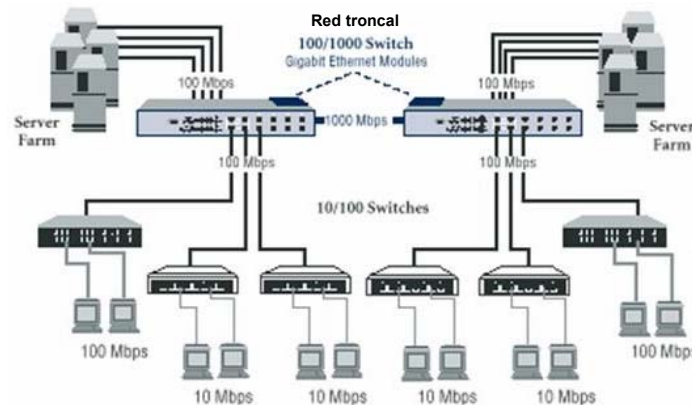
Profesor: Rafael Moreno Vozmediano

## Redes Ethernet, Fast Ethernet y Gigabit Ethernet <sup>15</sup>

### ■ Interconexión de redes Ethernet (9)

#### ■ Interconexión de redes Ethernet mediante switches

- Ejemplo 2
  - Switches de distinta velocidad para formar una red troncal de alta velocidad



Tema 4. Redes de área local (LAN): las subcapas MAC y LLC; redes LAN Ethernet.

Profesor: Rafael Moreno Vozmediano

## Redes Ethernet, Fast Ethernet y Gigabit Ethernet <sup>16</sup>

### ■ Modelos de validación de topologías CSMA/CD

#### ■ Modelo 1: Uso de valores máximos estándar para cada tipo de segmento y de combinación

- Distancia máxima entre concentradores Clase II = 5m.
- Long. max segmentos de cobre = 100 m.
- Long max. segmentos de fibra = 412 m.

#### ■ Modelo 2: Cálculo de los retardos reales a partir de los datos disponibles

- Retardos de cada clase de concentrador y de las NIC.
- Retardo de cada segmento en función del tipo de medio y de su longitud: retardo aproximado ida y vuelta de 1,11  $\mu$ s por cada 100 m. (sup. Vpropagación = 0,6 c = 180.000 km/s )

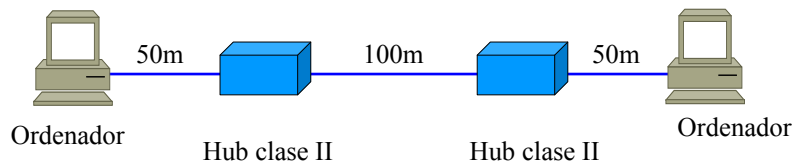
Tema 4. Redes de área local (LAN): las subcapas MAC y LLC; redes LAN Ethernet.

Profesor: Rafael Moreno Vozmediano



## Redes Ethernet, Fast Ethernet y Gigabit Ethernet <sup>17</sup>

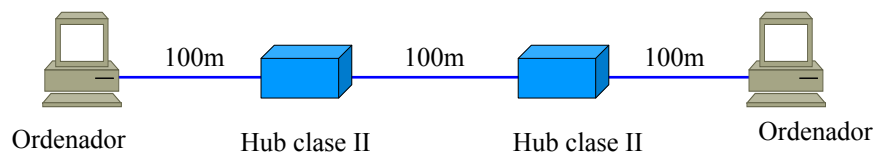
### ■ Modelo 2: topología CSMA/CD válida



Componente	Retardo ( $\mu$ s)	Retardo (bits)
2 tarjetas 100BASE-TX	1,00	100
2 repetidores clase II	1,84	184
200 m cable UTP-5	2,22	222
<b>TOTAL</b>	<b>5,06</b>	<b>506</b>

## Redes Ethernet, Fast Ethernet y Gigabit Ethernet <sup>18</sup>

### ■ Modelo 2: topología CSMA/CD inválida



Componente	Retardo ( $\mu$ s)	Retardo (bits)
2 tarjetas 100BASE-TX	1,00	100
2 repetidores clase II	1,84	184
300 m cable UTP-5	3,37	337
<b>TOTAL</b>	<b>6,21</b>	<b>621</b>

## Redes Ethernet, Fast Ethernet y Gigabit Ethernet<sup>19</sup>

### ■ Rendimiento de Redes Ethernet

#### ■ Rendimiento vs velocidad

- A igual topología física la distancia en bits aumenta - y el rendimiento baja- con la velocidad.
- Ejemplo: dos estaciones conectadas a un hub con 100 m de cable cada una:

Velocidad	Distancia	Riesgo colisión (trama 530 bytes)
10 Mb/s	25 bytes	4% (25/530)
100 Mb/s	39 bytes	7% (39/530)
1000 Mb/s	457 bytes	86% (457/530)

## Redes Ethernet, Fast Ethernet y Gigabit Ethernet<sup>20</sup>

### ■ Rendimiento de Redes Ethernet

#### ■ Rendimiento: % de uso útil de la red.

- **Aumentando tamaño de tramas:** con 64 bytes riesgo de colisión el 100% del tiempo, con 1518 solo el 4% (primeros 64).
- **Minimizando distancias,** especialmente entre servidores (que generan más tráfico); si la distancia es menor el riesgo de colisión será menor.
- **Reduciendo número de estaciones** en cada dominio de colisiones; a menos estaciones, menos colisiones. (p.e., pueden sustituirse hubs por switches).