

upna

Universidad Pública de Navarra
Nafarroako Unibertsitate Publikoa

PROGRAMACIÓN DE REDES
Área de Ingeniería Telemática

Conmutación Ethernet

Area de Ingeniería Telemática
<http://www.tlm.unavarra.es>

Programación de Redes
Grado en Ingeniería Informática, 3º

Temas de teoría

1. Introducción
2. Campus LAN
 - **Ethernet conmutada para LANs**
 - VLANs
 - Protección en LANs Ethernet
 - WLANs
3. Encaminamiento
4. Tecnologías de acceso y WAN

Objetivos

- Repasar el funcionamiento de los conmutadores Ethernet

upna

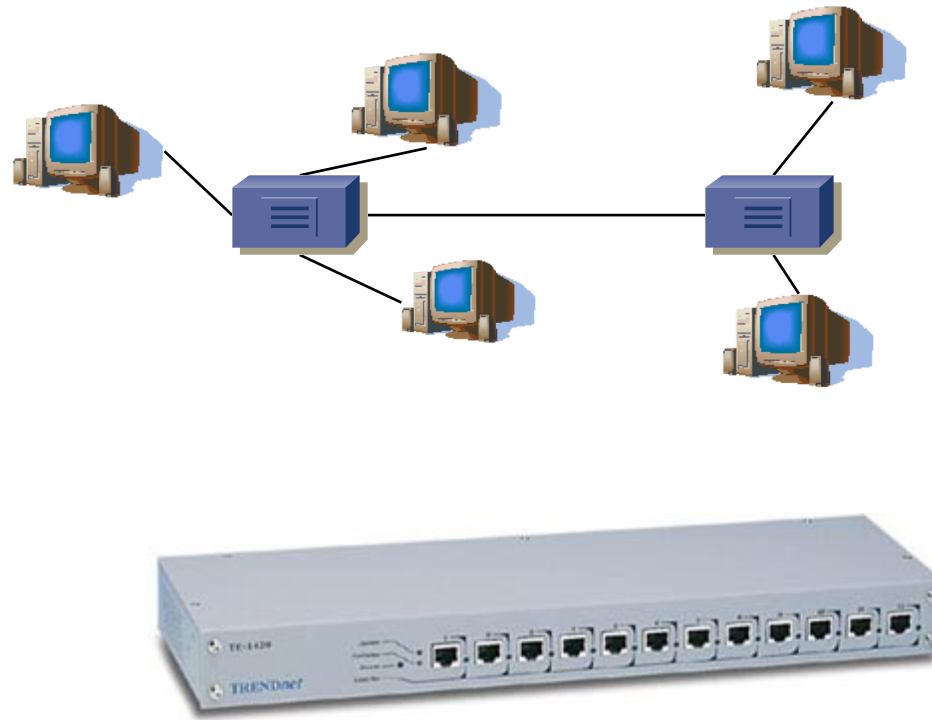
Universidad Pública de Navarra
Nafarroako Unibertsitate Publikoa

PROGRAMACIÓN DE REDES
Área de Ingeniería Telemática

Puentes y conmutadores

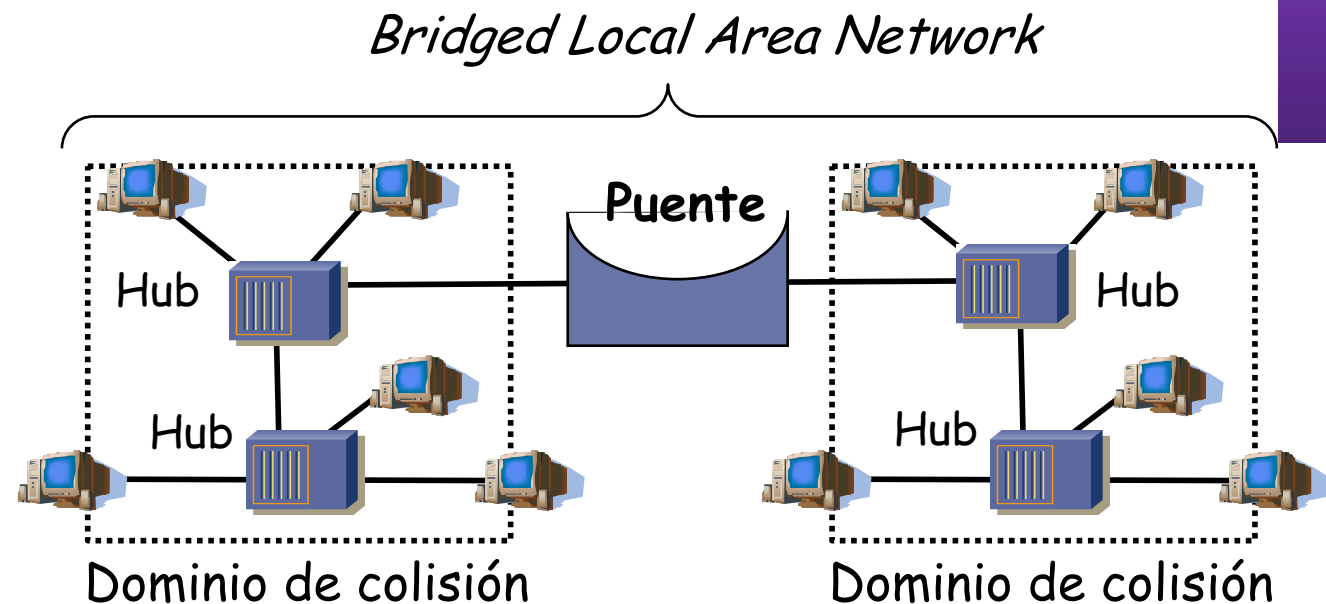
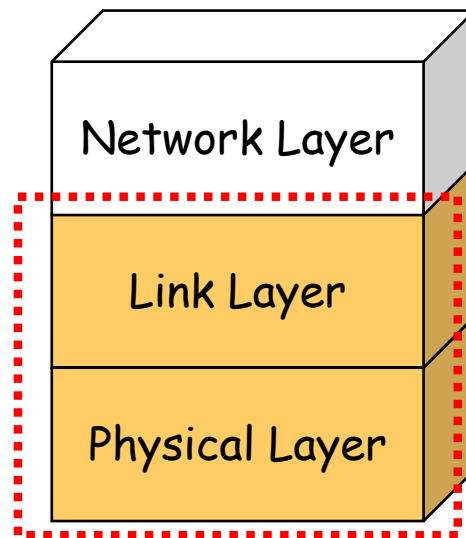
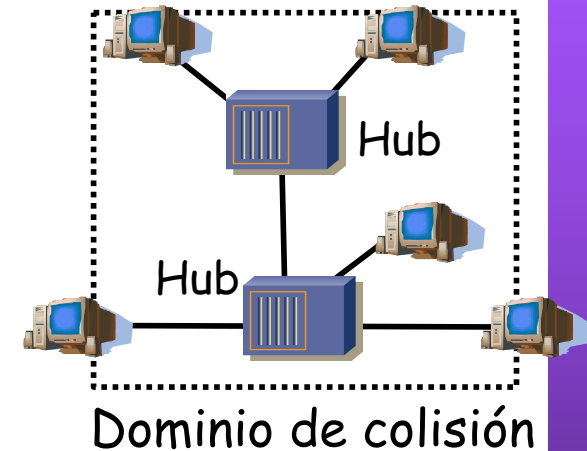
Hemos visto: Hubs/Repetidores

- Unir “segmentos” Ethernet formando un solo “dominio de colisión”
- Exceder los límites de distancia y número de hosts conectados



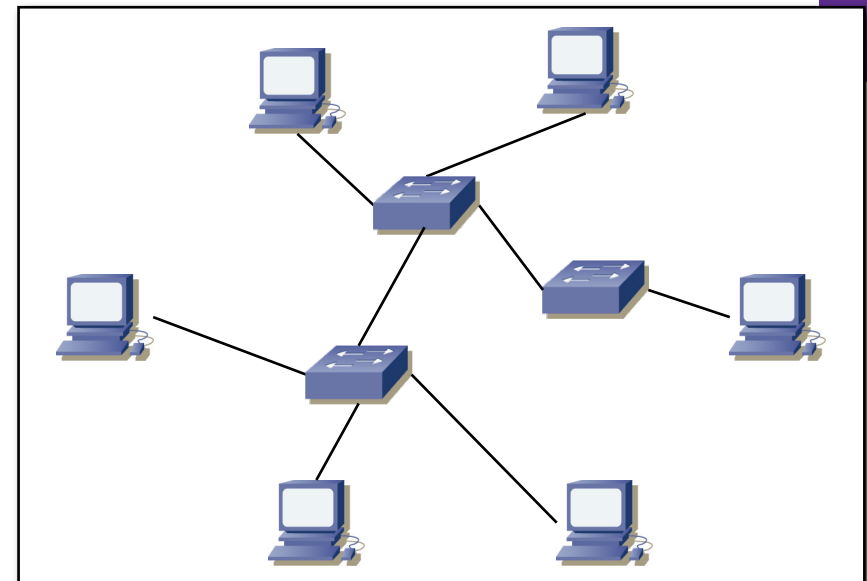
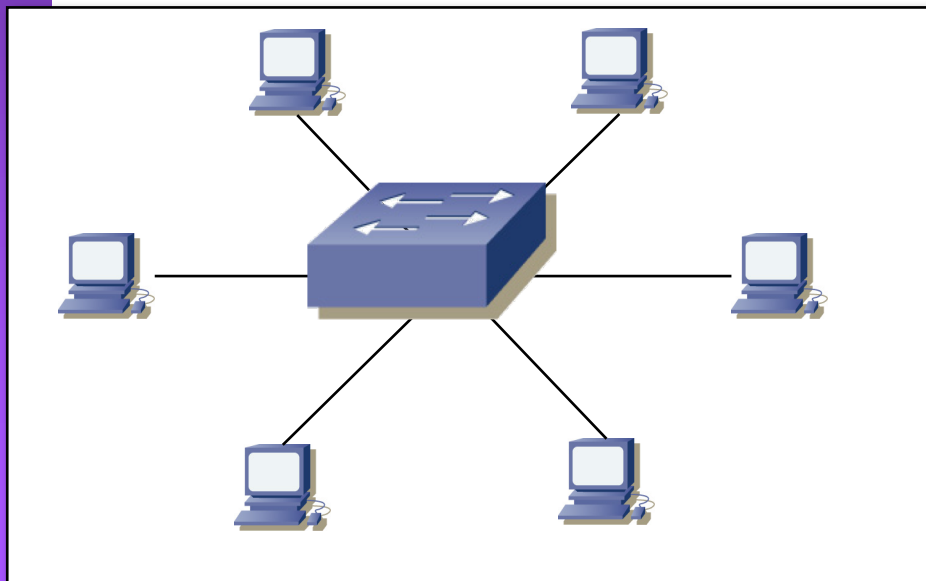
Puentes

- Repetidores unen segmentos Ethernet a nivel físico \Rightarrow un dominio de colisión
- Puentes unen segmentos Ethernet a nivel de enlace
- Idealmente de un dominio a otro reenvían solo las tramas dirigidas a estaciones del otro dominio



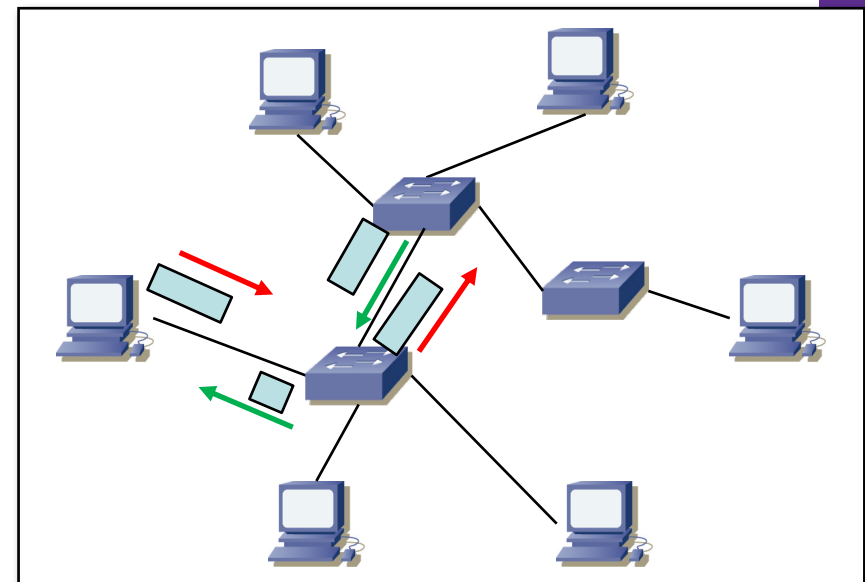
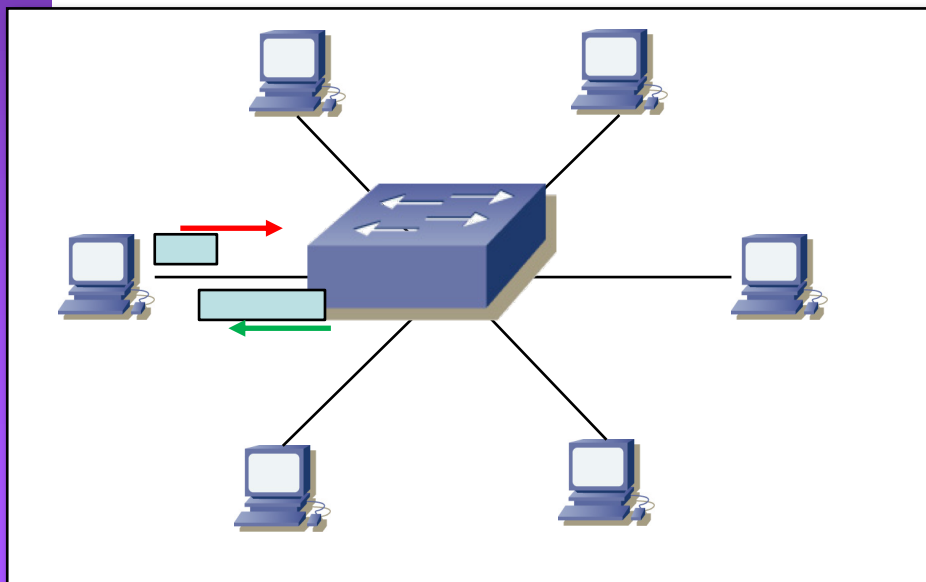
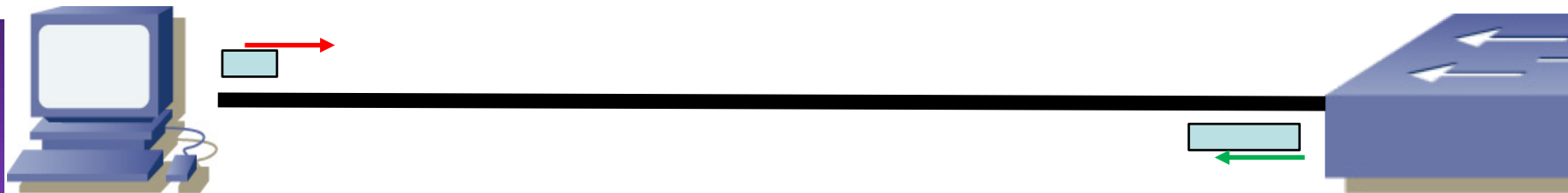
Conmutadores

- **Conmutador Ethernet** (*switch, switching-hub*) es un **punto**
- Los primeros puentes tenían pocos puertos (2) y reenviaban por software
- Un switch es un puente con múltiples puertos
- Eso puede permitir un puerto por estación
- Si no lo permite (demasiadas estaciones) podemos hacer una topología de interconexión de puentes (...)
- Cada enlace es un dominio de colisión independiente (si es half-dúplex)
- Los enlaces pueden ser *Full-Duplex*, con lo que no hay dominios de colisión (...)



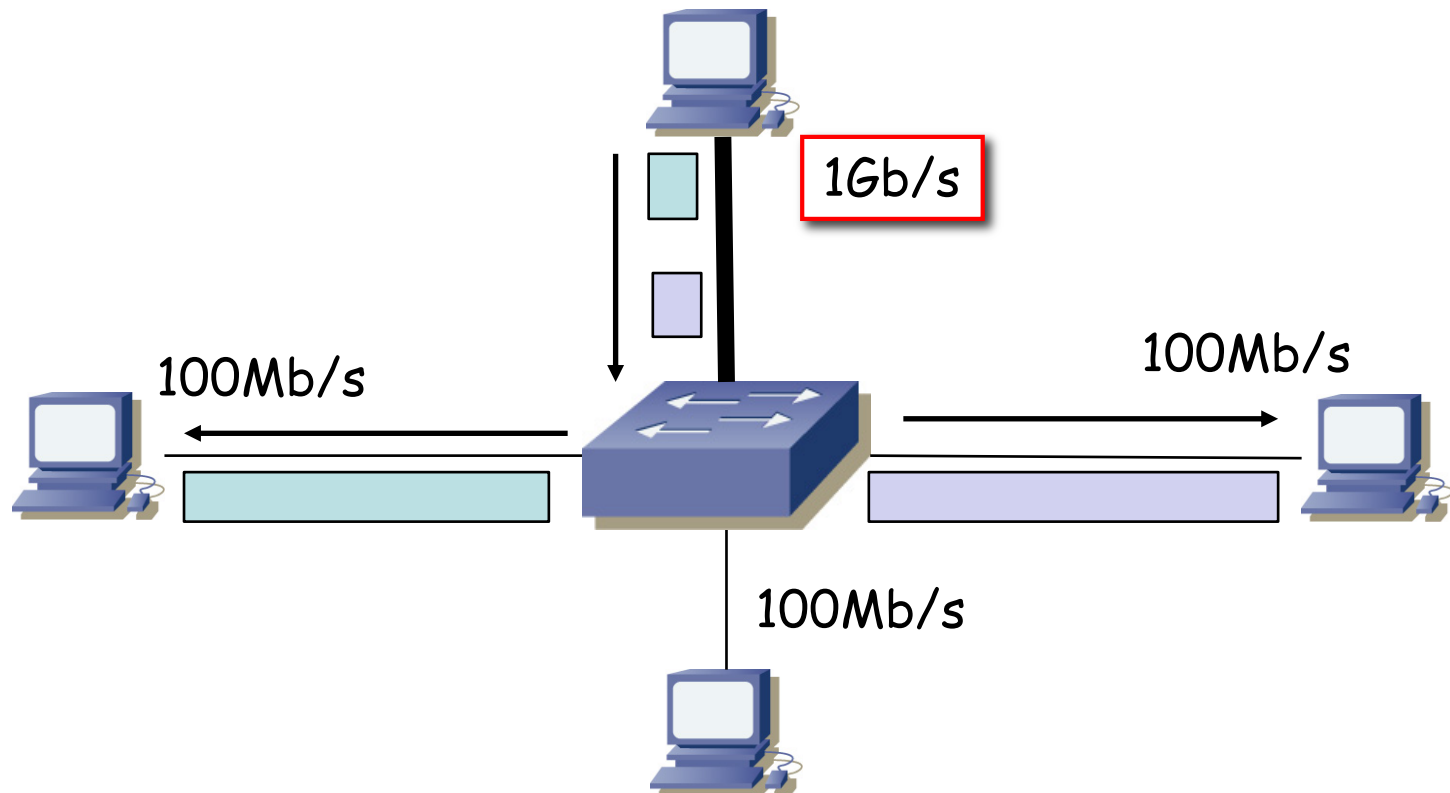
Conmutadores y *full-duplex*

- Envío de host a switch es posible simultáneamente a envío de switch a host
- No puede haber colisiones, no es necesario CSMA/CD, se desactiva
- Enlaces entre switches, igual (un switch no sabe si al otro lado hay un host)
- Cada enlace a X Mb/s puede sostener esa tasa en cada sentido



Conmutación asimétrica

- Los switches permiten diferentes velocidades en los puertos
- Hacen almacenamiento y reenvío
- Un paquete se recibe completamente a memoria y se puede transmitir después a una velocidad diferente
- Esto implica un tiempo de transmisión diferente
- Esto es imposible en un hub



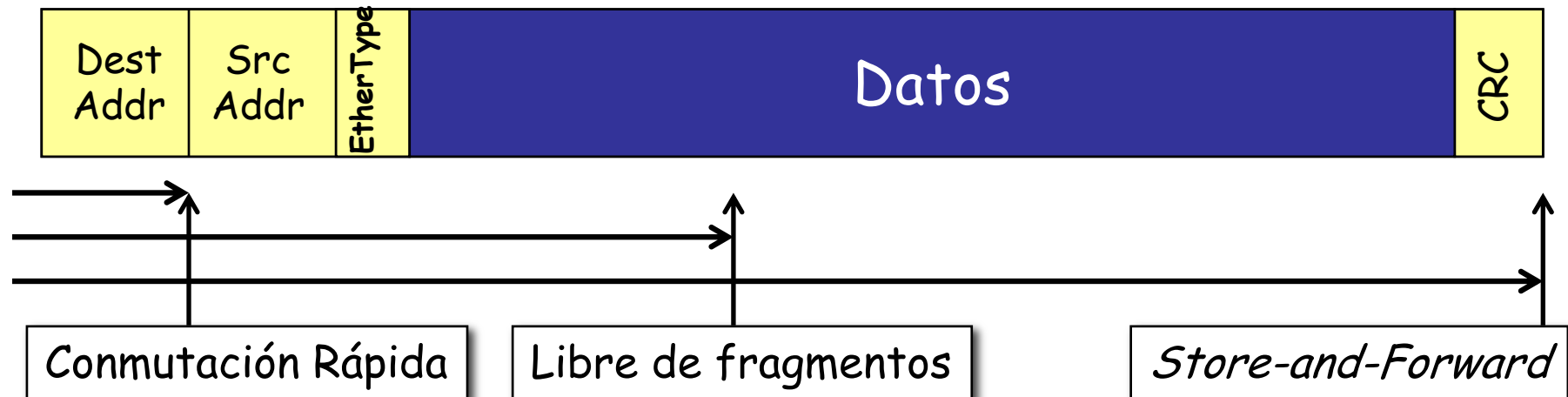
Técnicas de conmutación

Store-and-forward

- Espera a recibir toda la trama
- Mayor latencia

Cut-through

- Una vez procesada la MAC destino
- Menor latencia
- Más errores
- Tipos:
 - Rápida (...)
 - Libre de fragmentos



Conmutadores



16 slots x 36 puertos/slot = 576 puertos



93cm



upna

Universidad Pública de Navarra
Nafarroako Unibertsitate Publikoa

PROGRAMACIÓN DE REDES
Área de Ingeniería Telemática



Learning Bridge

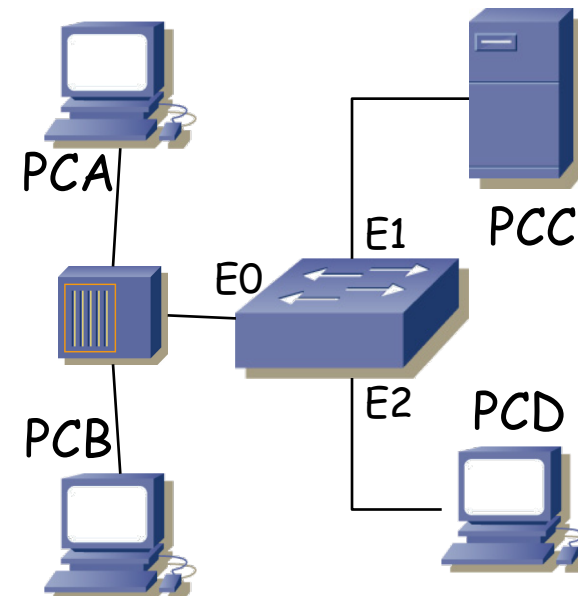


Learning Bridge

Lista de direcciones MAC asociada a cada puerto

- También llamada “Base de datos de filtrado” (*Filtering Database*)
- Cuando recibe una trama por un puerto:
 - Apunta la dirección MAC origen asociándola en la tabla a ese puerto
 - Si la MAC destino es de broadcast hace inundación (*flooding*) o
 - Si la MAC destino no está en la base de datos de filtrado hace inundación o
 - Si la MAC destino está en la base de datos de filtrado envía por el puerto indicado salvo que sea el mismo puerto por el que la recibió

| If | MAC |
|----|--------------------|
| E0 | MAC _{PCA} |
| E1 | MAC _{PCC} |
| | |

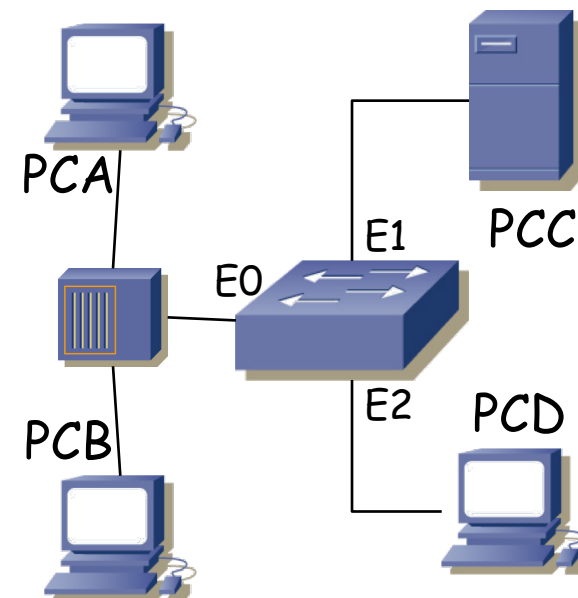


Learning Bridge

Aging:

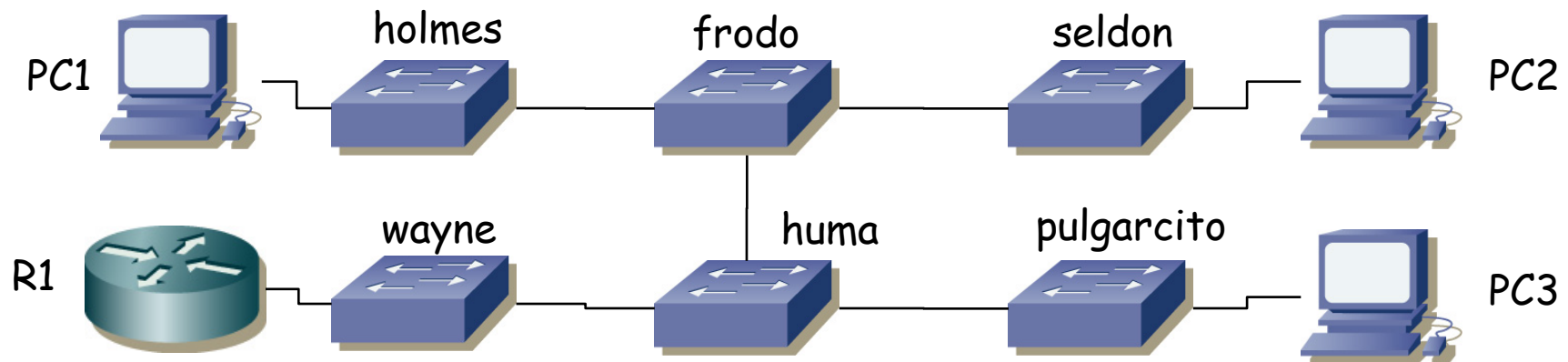
- Las entradas en la tabla “envejecen”
- Se renueva el contador al recibir una trama de esa estación
- Si caduca se elimina la entrada
- Cambio de tarjeta
- Reemplazamiento de host
- ¡ Memoria finita !

| If | MAC |
|----|--------------------|
| E0 | MAC _{PCA} |
| E1 | MAC _{PCC} |
| | |

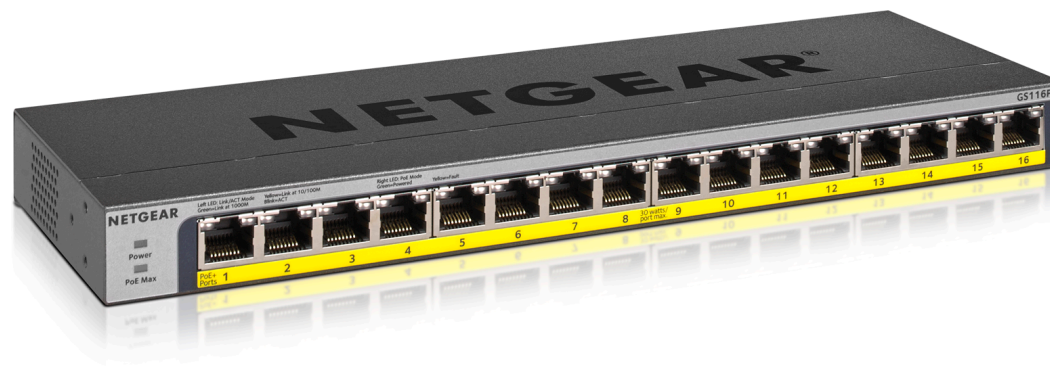


Ejemplo

- Máquinas con tablas vacías
- Veamos qué sucede ante cada una de estas tramas:
 - PC1 envía trama: src MAC PC1, dst MAC broadcast
 - PC1 envía trama: src MAC PC1, dst MAC PC2
 - PC1 envía trama: src MAC PC1, dst MAC PC2 (igual que la anterior)
 - PC2 envía trama: src MAC PC2, dst MAC PC3
 - PC1 envía trama: src MAC PC1, dst MAC PC3
 - PC1 envía trama: src MAC PC1, dst MAC PC2
 - PC3 envía trama: src MAC PC3, dst MAC PC2



Datasheet: Conmutador no gestionable



NETGEAR GS105, GS108

- <https://www.downloads.netgear.com/files/GDC/datasheet/en/JGS516v2-JGS524v2.pdf>



Take Gigabit to the Desktop

- 16 or 24 ports deliver up to 2000Mbps of dedicated, non-blocking bandwidth per port
- Instant Plug-N-Play connectivity with Auto-negotiation and Auto MDI/MDI-X
- Easily combine new or existing 10-, 100- and 1000Mbps devices within your network
- 802.1p QoS support for prioritizing voice and video in the network
- Jumbo Frame Support up to 9KB

Features

- Each port delivers up to 2000Mbps of network speed (full duplex)
- Fast, auto-switching and auto-sensing 10/100/1000Mbps Ethernet connection
- 16 or 24 switched ports provide bandwidth for PCs, servers or switches
- Auto Uplink™ automatically adjusts for straight-through or crossover cables
- Plug and play—begins working as soon as it is powered on
- Integrates 10-, 100- and 1000Mbps devices into your network
- Compact size for desktop or for mounting in a standard 19-inch rack
- Secure, durable metal housing includes a Kensington locking slot for theft prevention
- Backed by a NETGEAR Lifetime Warranty*
- Honors TOS/802.1p prioritization
- Up to 50% lower power consumption**
- Auto power-down mode saves energy when port is unused
- Auto green mode detects cable length and adjusts power usage to save energy
- Packaging manufactured with at least 80% recycled materials

Network Ports

- JGS516: 16 10/100/1000Mbps Ethernet RJ-45 ports
- JGS524: 24 10/100/1000Mbps Ethernet RJ-45 ports

Performance Specifications

Switching bandwidth

- JGS516: 32Gbps
- JGS524: 48Gbps

Forwarding Rate

- 10 Mbps port: 14,880 frames/sec
- 100 Mbps port: 148,800 frames/sec
- 1000 Mbps port: 1,488,000 frames/sec

Latency (using 64 byte packets)

- 10Mbps: 35µs (max)
- 100Mbps: 30µs (max)
- 1000Mbps: 15µs (max)

RAM buffer

- 256KB

MAC address database

- 8K

Mean time between failures (MTBF)

- JGS516: 441,123 hours
- JGS524: 238,872 hours

Power Consumption

- Power cord: 100-240V; 50-60Hz; plug is localized to country of sale
- JGS516: 11.8W max
- JGS524: 17.9W max

Standards Compliance

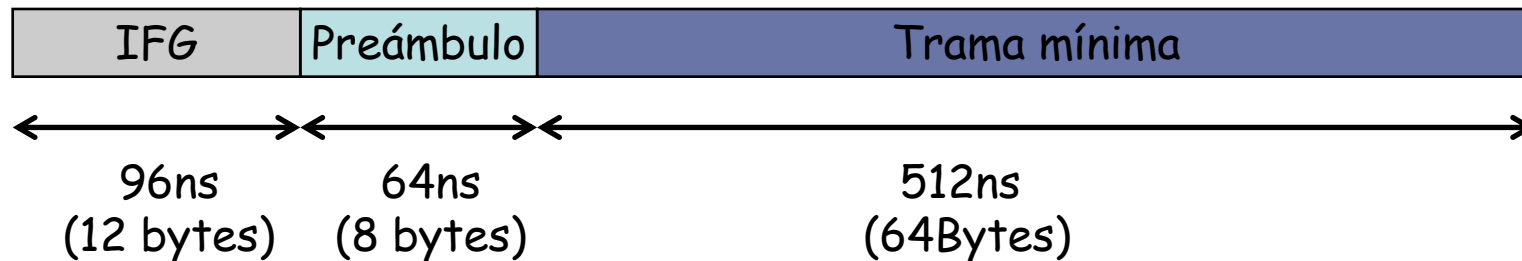
- IEEE 802.3i 10BASE-T Ethernet
- IEEE 802.3u 100BASE-TX Fast Ethernet
- IEEE 802.3ab 1000BASE-T Gigabit Ethernet
- IEEE 802.3x flow control
- IEEE 802.3 CAMA/CD
- IEEE 802.3az Energy Efficient Ethernet
- Jumbo frame support (up to 9KB)

Frame rate 1000Mb/s

- ¿Máximo número de tramas por segundo?

Forwarding Rate

- 10 Mbps port: 14,880 frames/sec
- 100 Mbps port: 148,800 frames/sec
- 1000 Mbps port: 1,488,000 frames/sec



$$\frac{1}{\text{IFG} + \text{Preámbulo} + \text{Trama mínima}} \approx 1.488.095 \text{ pps}$$

Tiempo entre dos frames (caso peor) = $1/1.488.095 = 672 \text{ ns}$

Forwarding/switching performance

Switching bandwidth/capacity

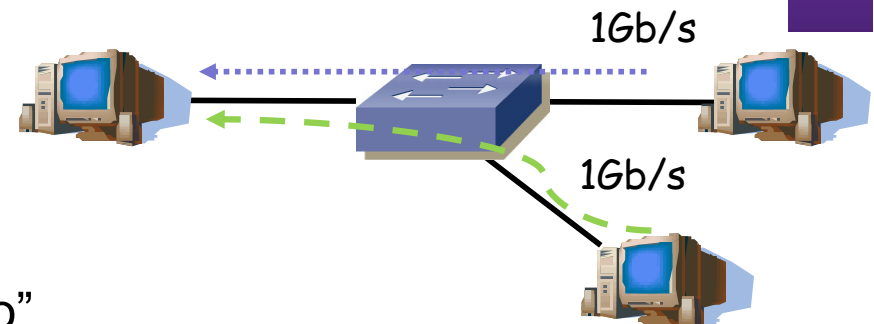
- Idealmente Número de puertos x Tasa del puerto x 2 (full-dúplex)
- 16 puertos x 1Gb/s x 2 = 32 Gb/s
- 24 puertos x 1Gb/s x 2 = 48 Gb/s

| Switching bandwidth | |
|---------------------|----------------------|
| • JGS516: | 32Gbps |
| • JGS524: | 48Gbps |
| Forwarding Rate | |
| • 10 Mbps port: | 14,880 frames/sec |
| • 100 Mbps port: | 148,800 frames/sec |
| • 1000 Mbps port: | 1,488,000 frames/sec |

Forwarding rate

- Peor caso tramas de 64 bytes
- Núm.puertos x Tramas por puerto
- 16 puertos x 1.488 Mt/s = 23.8 Mt/s
- 24 puertos x 1.488 Mt/s = 35.71 Mt/s

- Hacen referencia a “bloqueo interno”
- Sigue pudiendo haber “bloqueo externo”
- Es decir, que lleguen a un puerto más bit/s de los que puede enviar
- Buffers



Buffer

- Memoria para almacenar paquetes por el store&forward
- Permite adaptación de velocidades entre puerto de entrada y salida
- Permite absorber ráfagas, por ejemplo paquetes que llegan simultáneamente y van a mismo puerto de salida
- Ejemplo (caso peor):
 - $256\text{KB} / 1518 \text{ bytes/trama} = 172 \text{ tramas}$
 - Switch de 24 puertos: $172 / 24 = 7 \text{ tramas/puerto}$
 - El reparto de memoria puede ser fijo, compartido, adaptativo, etc.

Latency (using 64 byte packets)

- 10Mbps: 35 μ s (max)
- 100Mbps: 30 μ s (max)
- 1000Mbps: 15 μ s (max)

RAM buffer

- 256KB

MAC address database

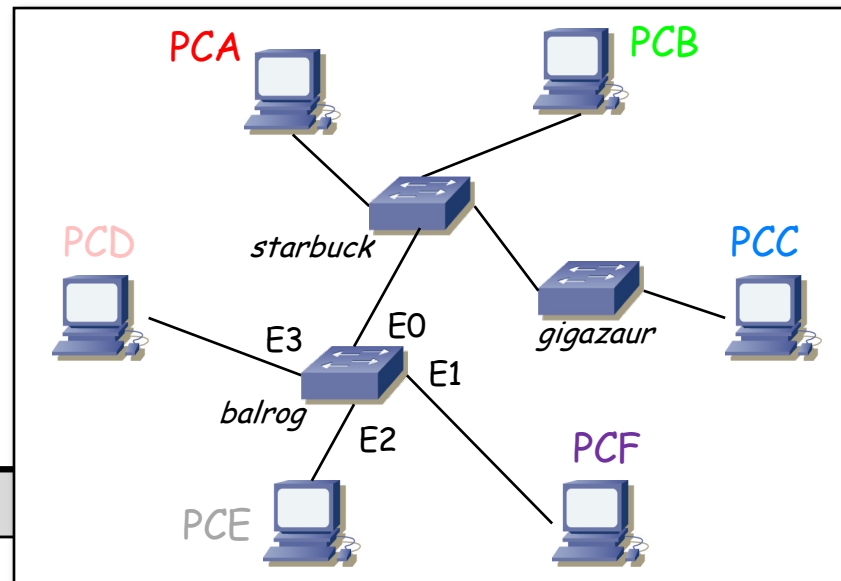
- 8K

Mean time between failures (MTBF)

- JGS516: 441,123 hours
- JGS524: 238,872 hours

BD de filtrado

- Memoria (una CAM) para aprender direcciones MAC
- No solo aprende las direcciones de los host directamente conectados
- Aprende de todos los hosts en el mismo dominio de broadcast

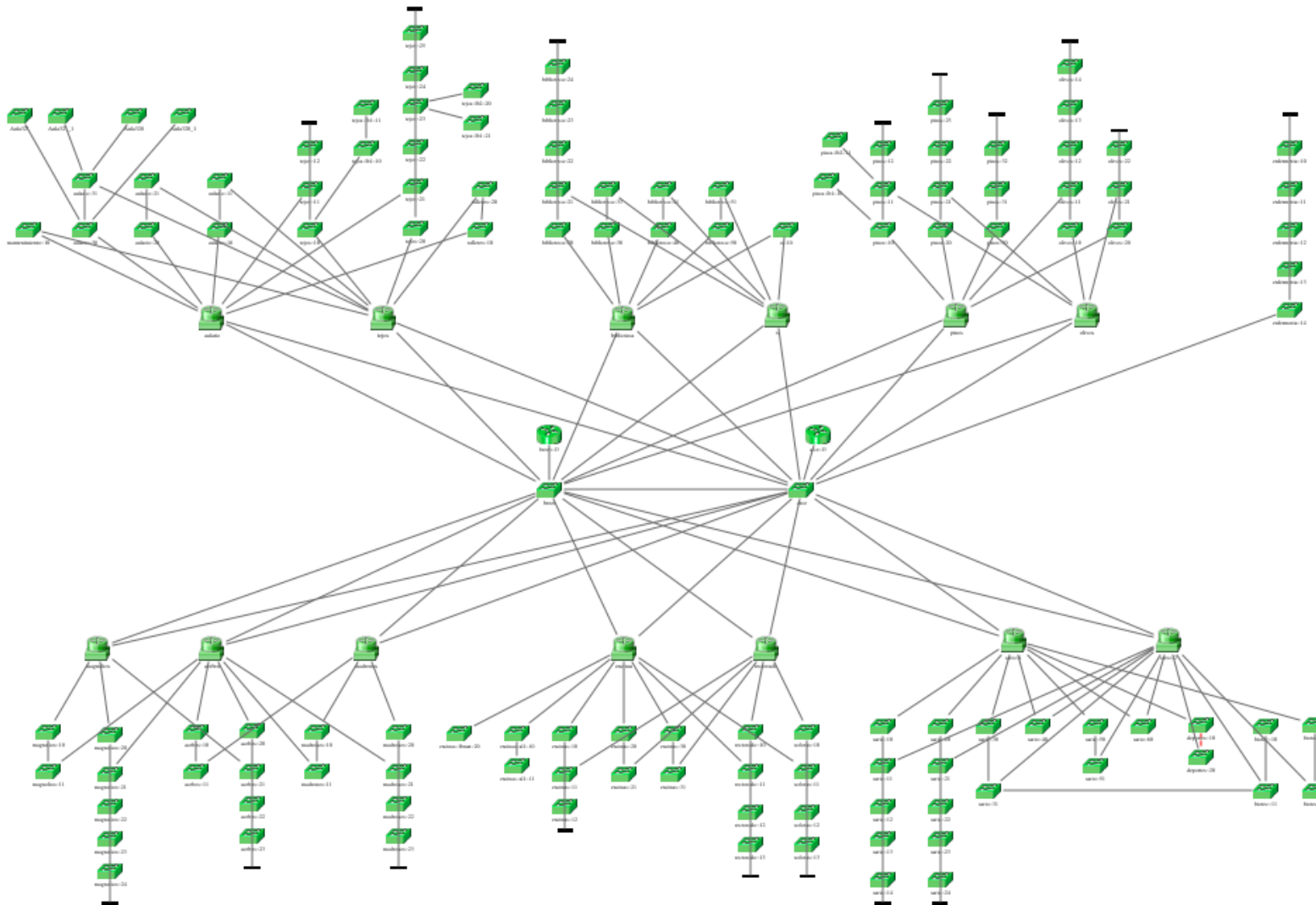


| If | MAC |
|----|--------------------|
| E0 | MAC _{PCC} |
| E1 | MAC _{PCF} |
| E2 | MAC _{PCE} |
| E0 | MAC _{PCB} |
| E3 | MAC _{PCD} |

| |
|------------------------------------------|
| • 100Mbps: 35μs (max) |
| • 10Mbps: 30μs (max) |
| • 1000Mbps: 15μs (max) |
| • 256KB |
| MAC address database |
| • 8K |
| Mean time between failures (MTBF) |
| • JGS516: 441,123 hours |
| • JGS524: 238,872 hours |

BD de filtrado

- Switches (¡no hosts!) en la LAN de la UPNA hace 10 años



Resumen

- Puentes/conmutadores separan dominios de colisión
- Permiten *full-duplex*
- Pueden tener puertos de diferentes velocidades
- Aprenden solos cómo llegar a cada NIC

upna

Universidad Pública de Navarra
Nafarroako Unibertsitate Publikoa

PROGRAMACIÓN DE REDES
Área de Ingeniería Telemática

Cisco Packet Tracer

Cisco Packet Tracer

- <https://skillsforall.com/catalog>

The screenshot displays the Cisco Skills For All website interface. The top navigation bar includes the Cisco logo and 'Networking Academy' branding. A user profile for 'Daniel Estudiante' is visible in the top right corner. The main content area is titled 'Recursos de aprendizaje' (Learning Resources) and features a sidebar with a course progress indicator. The course 'Introducción a Cisco Packet Tracer' is highlighted, with steps including 'Introducción a Cisco Packet Tracer', 'Descargue y use Cisco Packet Tracer', 'Creación de una red Cisco Packet Tracer', and 'Introducción al examen final del curso Cisco Packet Tracer'. The main content area provides instructions for downloading and installing Packet Tracer, listing links for macOS 64bit, Ubuntu 64bit, and Windows 64bit. It also includes system requirements and links to virtual machine files for Intel/AMD and ARM CPUs.

Introducción a Cisco Packet Tracer
Introducción a Cisco Packet Tracer

Introducción a Cisco Packet Tracer

Descargue y use Cisco Packet Tracer

Creación de una red Cisco Packet Tracer

Introducción al examen final del curso Cisco Packet Tracer

Recursos de aprendizaje

Para obtener e instalar su copia de Cisco Packet Tracer, siga estos sencillos pasos:

Paso 1. Descargue la versión de Packet Tracer que necesite.

- [Packet Tracer 8.2.0 MacOS 64bit](#)
- [Packet Tracer 8.2.0 Ubuntu 64bit](#)
- [Packet Tracer 8.2.0 Windows 64bit](#)

Paso 2. Inicie el programa de instalación de Packet Tracer.

Paso 3. Inicie Cisco Packet Tracer seleccionando el icono apropiado.

Paso 4. Cuando se le solicite, haga clic en el botón verde Skills For All para autenticarse.

Paso 5. Se iniciará Cisco Packet Tracer y estará listo para explorar sus funciones.

Si necesita más orientación, siga las [Instrucciones de descarga e instalación de Cisco Packet Tracer](#).

Requisitos del sistema:

Computadora con Windows (8.1, 10, 11), MacOS (10.14 or Mas nueva) or Ubuntu 20.04 LTS sistema operativo, amd64(x86-64) CPU, 4 GB de gratis RAM, 1.4 GB de espacio libre en disco

Rastreador de paquetes de Cisco

Cisco Packet Tracer, una innovadora herramienta de simulación de configuración de redes, lo ayuda a perfeccionar sus habilidades de configuración de redes desde su escritorio. Use Packet Tracer para experimentar mientras construye, administra y asegura infraestructuras.

Descargue el archivo de la máquina virtual y siga las instrucciones de configuración del curso.

- [CyberSecurity Essentials Virtual Machine for Intel or AMD CPUs](#)
- [CyberSecurity Essentials Virtual Machine for ARM CPUs \(Apple M1/M2\)](#)

Requisitos del sistema:

Cisco Packet Tracer

- <https://skillsforall.com/catalog>

The screenshot displays the Cisco Packet Tracer interface. The main workspace shows a network topology with the following components:

- Home Router-PT-AC Wireless Router0**: Connected to **Laptop-PT Laptop0** via a wireless link.
- 2960-24TT Switch0**: Connected to **PC-PT PC0**, **PC-PT PC1**, **PC-PT PC2**, and **Home Router-PT-AC Wireless Router0**.
- 2960-24TT Switch1**: Connected to **PC-PT PC3** and **Home Router-PT-AC Wireless Router0**.
- Server-PT Server0**: Connected to **2960-24TT Switch1**.

The **Simulation Panel** on the right shows an **Event List** table:

| Vis. | Time(sec) | Last Device |
|------|-----------|------------------|
| | 1.139 | Wireless Router0 |
| | 1.141 | -- |
| | 1.141 | -- |
| | 1.142 | -- |
| | 1.143 | -- |
| | 1.160 | -- |
| | 1.194 | -- |
| | 2.070 | -- |
| | 2.071 | Switch0 |
| | 2.071 | Switch0 |
| | 2.071 | Switch0 |
| | 2.071 | Switch0 |
| | 2.071 | Switch0 |
| | 2.072 | Switch1 |
| | 2.072 | Switch1 |

Below the event list, there are **Play Controls** (stop, play, next) and a progress bar. The **Event List Filters - Visible Events** section lists various protocols like ACL Filter, ARP, BGP, Bluetooth, CAPWAP, CDP, DHCP, DHCPv6, DNS, DTP, EAPOL, EIGRP, EIGRPv6, FTP, H.323, HSRP, HSRPv6, HTTP, HTTPS, ICMP, ICMPv6, IPsec, ISAKMP, IoT, IoT TCP, LACP, LLDP, Meraki, NDP, NETFLOW, NTP, OSPF, OSPFv6, PaGp, POP3, PPP, PPPoE, PTP, RADIUS, REP, RIP, RIPng, RTP, SCOP, SMTP, SNMP, SSH, STP, SYSLOG, TACACS, TCP, TFTP, Telnet, UDP, USB, VTP.

The bottom of the interface features a **PLAY CONTROLS** bar with a timer at 00:03:01.673, and a **Simulation** panel with buttons for **Event List**, **Realtime**, and **Simulation**. A **Scenario 0** dropdown menu is also visible.