tutoría Redes de Datos

Capítulo 2: Capa de enlace

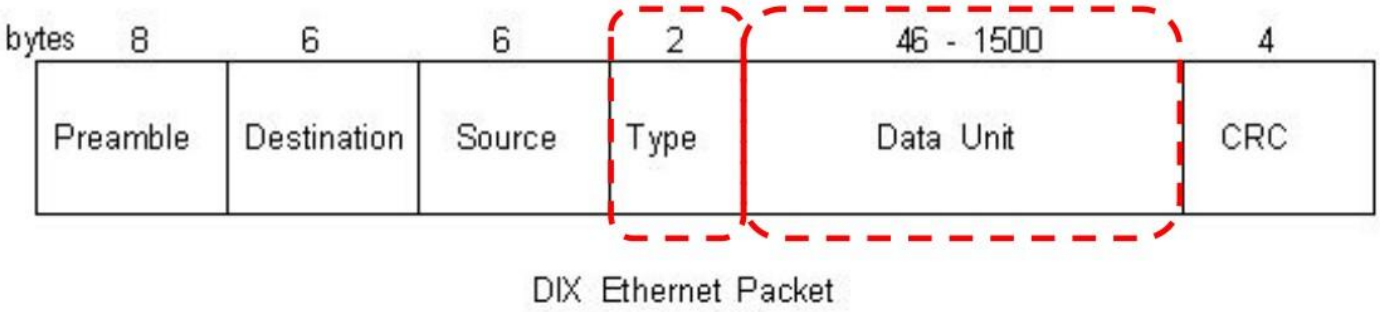
udp Escuela de Informática y Telecomunicaciones
FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS

Ph.D. Nicolás Boettcher

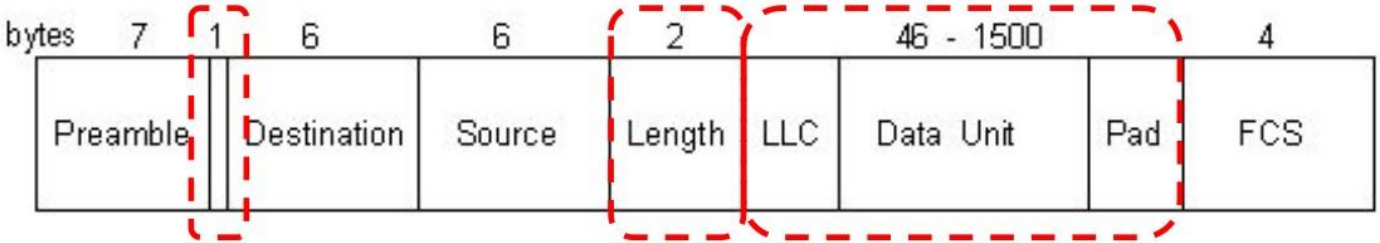
Historia de Ethernet

- Ethernet fue desarrollado por Xerox en los 70’s.
- Ethernet es la tecnología LAN más popular en la actualidad.
- En 1980, la IEEE definió el estándar 802.3.
- Al breve tiempo, Digital, Intel y Xerox (DIX) desarrollaron en conjunto una especificación v2.0 que es compatible con la norma 802.3
- Ethernet es conocido como un estándar de medio compartido. Dicho medio puede ser cable de cobre, coaxial, wireless, etc.

Trama Ethernet y IEEE 802.3



DIX Ethernet Packet

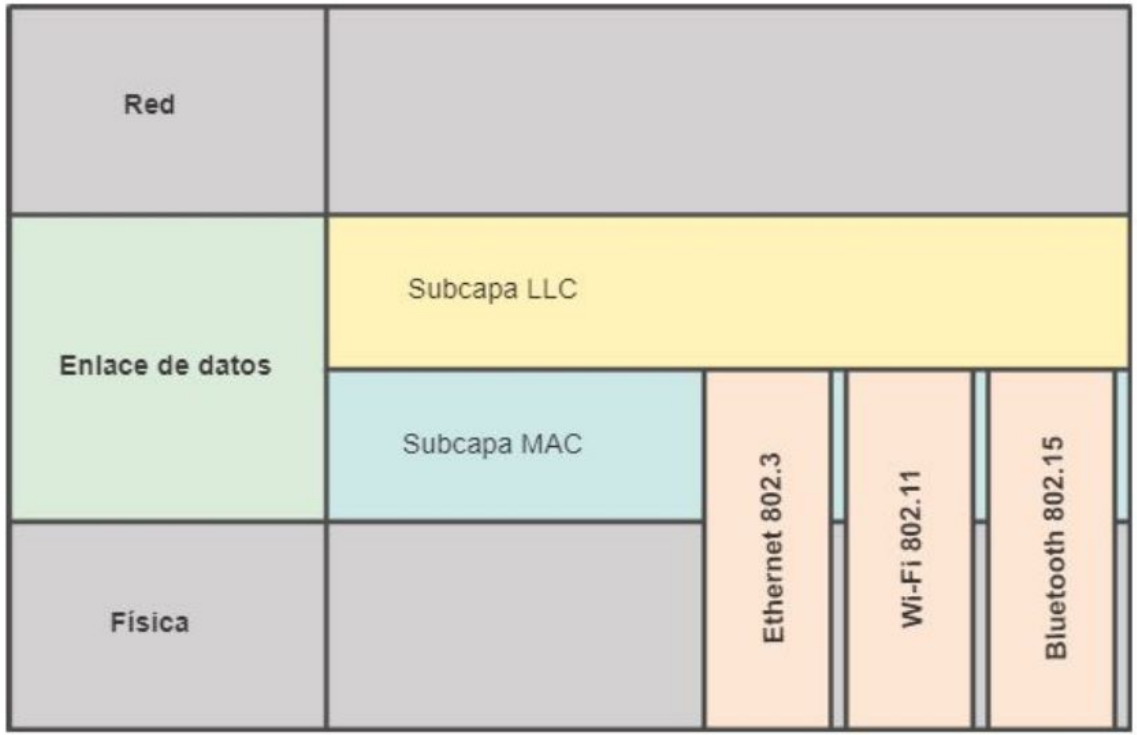


IEEE 802.3 Frame

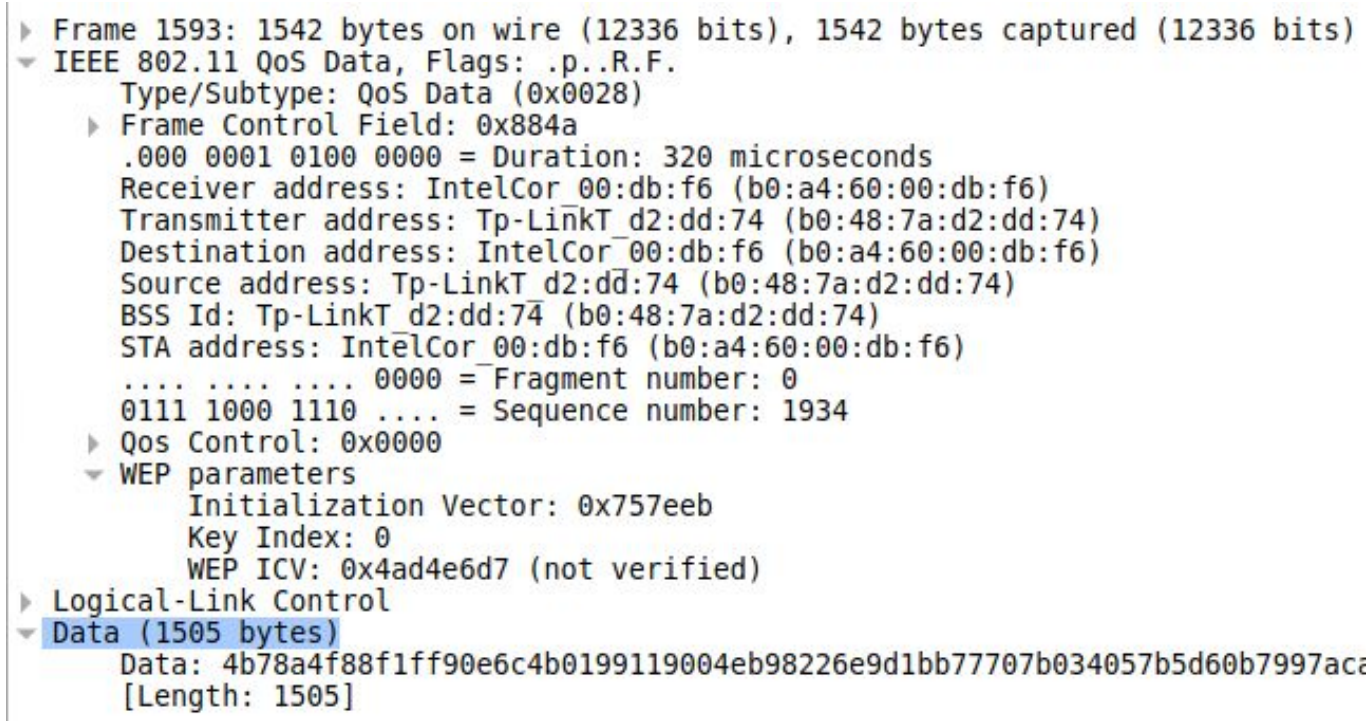
Standards for the Data Link Layer

ISO:	HDLC (High Level Data Link Control)
IEEE:	802.2 (LLC), 802.3 (Ethernet) 802.5 (Token Ring) 802.11(Wireless LAN)
ITU:	Q.922 (Frame Relay Standard) Q.921 (ISDN Data Link Standard) HDLC (High Level Data Link Control)
ANSI:	3T9.5 ADCCP (Advanced Data Communications Control Protocol)

Media Access Control Layer



802.11 + LLC


Frame 1593: 1542 bytes on wire (12336 bits), 1542 bytes captured (12336 bits)
IEEE 802.11 QoS Data, Flags: .p..R.F.
Type/Subtype: QoS Data (0x0028)
Frame Control Field: 0x884a
.000 0001 0100 0000 = Duration: 320 microseconds
Receiver address: IntelCor_00:db:f6 (b0:a4:60:00:db:f6)
Transmitter address: Tp-LinkT_d2:dd:74 (b0:48:7a:d2:dd:74)
Destination address: IntelCor_00:db:f6 (b0:a4:60:00:db:f6)
Source address: Tp-LinkT_d2:dd:74 (b0:48:7a:d2:dd:74)
BSS Id: Tp-LinkT_d2:dd:74 (b0:48:7a:d2:dd:74)
STA address: IntelCor_00:db:f6 (b0:a4:60:00:db:f6)
.... 0000 = Fragment number: 0
0111 1000 1110 .... = Sequence number: 1934
Qos Control: 0x0000
WEP parameters
Initialization Vector: 0x757eeb
Key Index: 0
WEP ICV: 0x4ad4e6d7 (not verified)
Logical-Link Control
Data (1505 bytes)
Data: 4b78a4f88f1ff90e6c4b0199119004eb98226e9d1bb77707b034057b5d60b7997aca
[Length: 1505]

Capa de enlace de Red

- Ethernet es una tecnología de medio compartido, lo que significa que todos los dispositivos en la red deben escuchar las transmisiones y contener o negociar por la oportunidad o derecho a transmitir.
- Cuando un dispositivo determina que hubo una colisión, se procede con un **backoff**.
- La retransmisión se retarda basado en un algoritmo, y el largo de ese retardo es diferente para cada dispositivo en la red, con el fin de minimizar la posibilidad de una posterior colisión.
- En situaciones de tráfico intenso, repetidas colisiones pueden producirse y causar repetidos backoffs y poner más lenta la red.

¿Cómo evitamos esto?

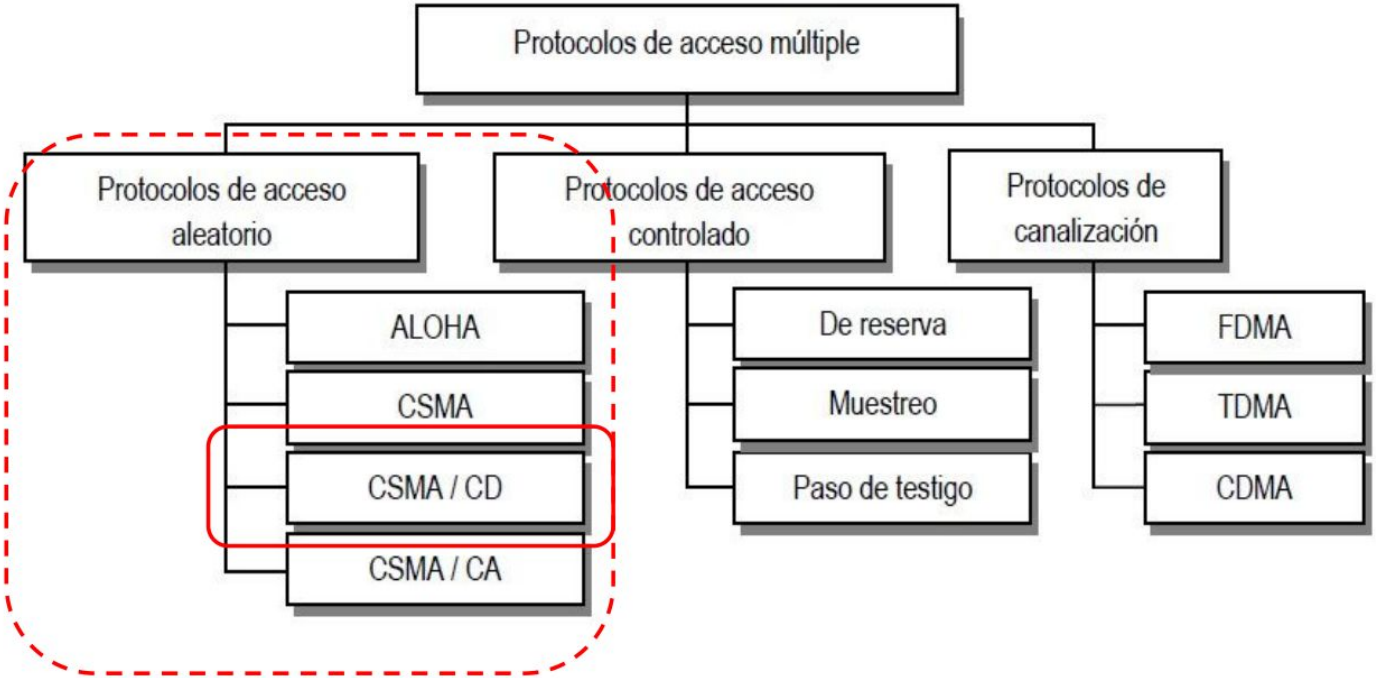
Subcapa MAC

Las redes pueden dividirse en dos categorías:

- Conexiones punto a punto
- Canales de difusión o broadcast.

En cualquier red de difusión, el asunto clave es la manera de determinar quién puede utilizar el canal cuando hay competencia por él.

Subcapa MAC


Protocolos de acceso múltiple
Protocolos de acceso aleatorio
Protocolos de acceso controlado
Protocolos de canalización
ALOHA
CSMA
CSMA / CD
CSMA / CA
De reserva
Muestreo
Paso de testigo
FDMA
TDMA
CDMA

Subcapa MAC

Colisiones

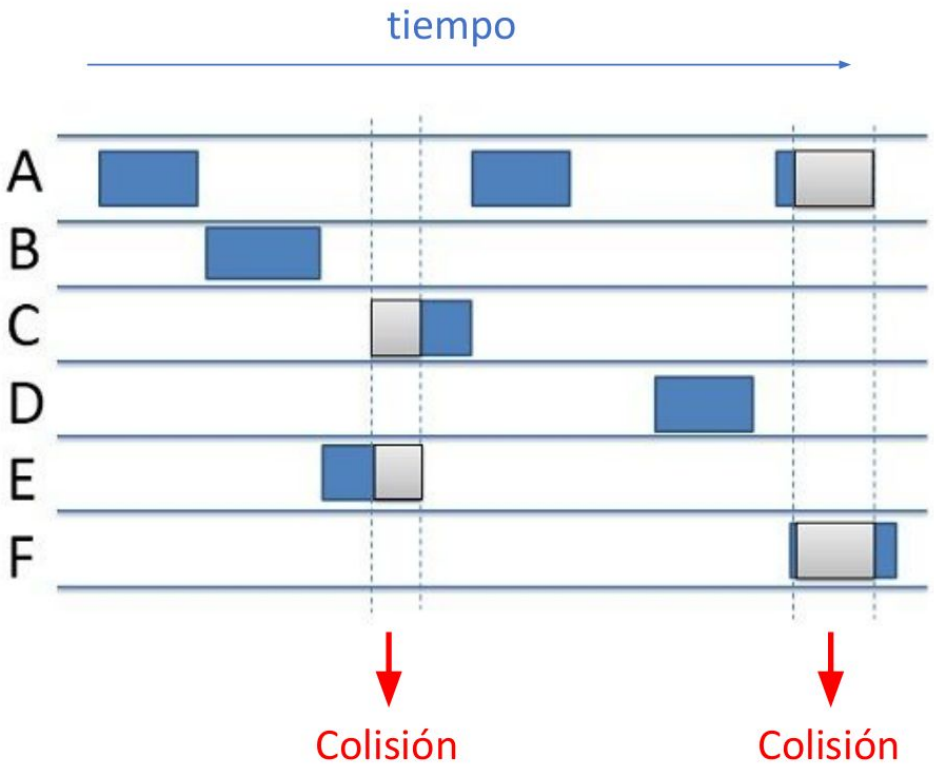
Para detectar si se va a producir una colisión, la estación comprueba si la señal transmitida es idéntica a la del medio de transmisión.

Si no fuera así, otra estación transmitiría al mismo tiempo, distorsionando así la señal del Bus.

¿Qué es un dominio de colisión?

Un dominio de colisión es un segmento físico de una red en el que las estaciones comparten un medio de transmisión y pueden colisionar

Subcapa MAC



Carrier Sense Multiple Access (CSMA)

- CSMA indica que si el transmisor desea enviar datos pero detecta una transmisión en curso, este debe esperar para el envío de estos.
- Problema: Ya que varias estaciones pueden haber detectado la transmisión y estar a la espera para transmitir cuando el canal esté desocupado, pueden colisionar ya que todas ellas desean transmitir a la vez.
- Solución: Hacer que la espera para volver a transmitir después que el canal está desocupado sea aleatoria (con algún grado de probabilidad)

Carrier Sense Multiple Access / Collision Detection (CSMA/CD)

- El método CSMA no dice qué hacer en caso de que haya una colisión mientras el nodo está transmitiendo un mensaje.
- En CSMA/CD, la técnica consiste en escuchar el medio mientras se transmite.
- Si la señal escuchada es diferente a la que se transmite, se sabe que hay una colisión.
- Ante la presencia de colisión se pasa a una fase de contención

CSMA/CD

- Cuando un nodo transmisor reconoce una colisión, genera una señal de distorsión (**jamming**) causando que la colisión dure lo suficiente para que todos los nodos puedan reconocerla.
- Todos los nodos dejan de transmitir por un tiempo aleatorio, conocido como backoff time, antes de intentar retransmitir.
- El nodo intentará hasta 16 veces retransmitir antes de darse por vencido.
- Los relojes de los nodos definen el tiempo de backoff. Si dos tiempos son suficientemente diferentes, una estación logrará transmitir en el siguiente intento.
- El tiempo de backoff se duplica cada vez que se produce una colisión, hasta el décimo intento. De ahí y hasta el décimo sexto reintento, no aumenta el tiempo.

CSMA/CD

- Con el fin de asegurar que las estaciones detecten la colisión, el transmisor debe enviar a lo menos 64 bytes (largo mínimo aceptado en un segmento Ethernet).
- Si dos estaciones están en extremos opuestos, el transmisor debe esperar cierta cantidad de tiempo antes de detectar la colisión. Ese tiempo tiene que ser acotado.

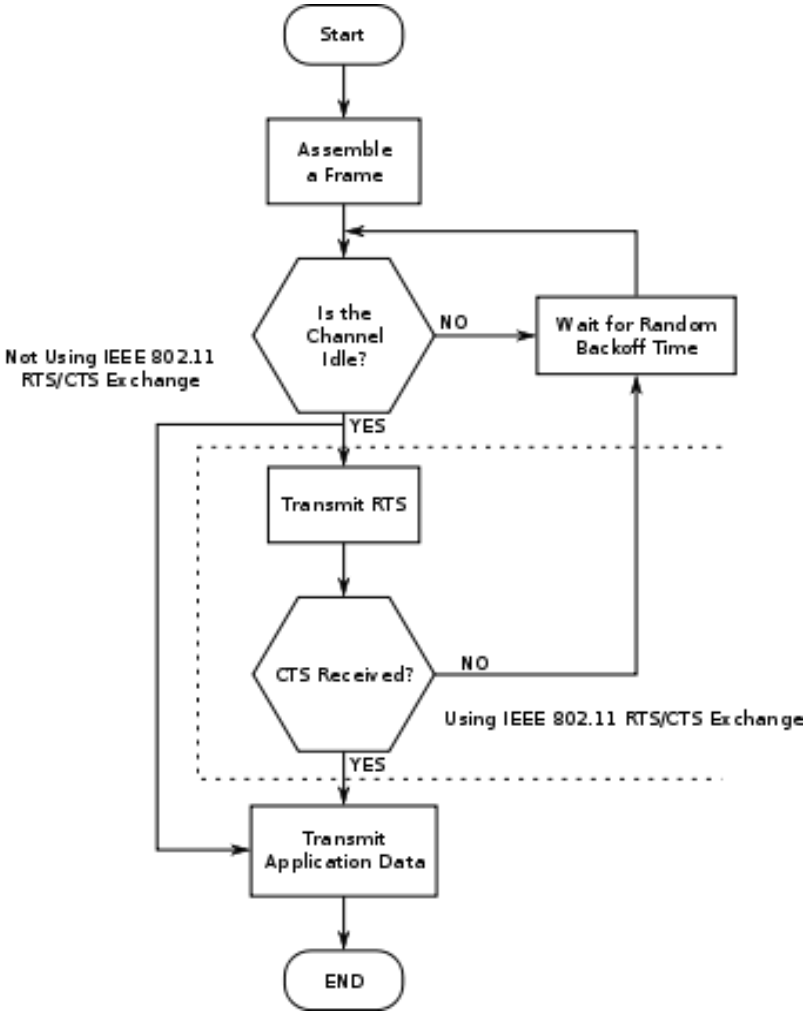
Ejemplo

- En una red 10Base5, el tiempo máximo de espera es 51.2μs (que es el tiempo que demora en llegar una señal para un frame de 512 bits).
- El algoritmo de espera se conoce como exponential backoff.
- En la primera ronda de espera, el transmisor esperará entre 0 y 51.2μs (aleatoriamente). En la segunda esperará entre 0 y 102.4μs. En la tercera esperará entre 0 y 204.8 μs y así sucesivamente.

CSMA/Collision Avoidance

- CSMA/CA difiere CSMA/CD en la naturaleza del medio.
- CSMA/CA es usado en redes WLAN 802.11.
- Las colisiones no pueden ser detectadas mientras se envía, por lo que la detección de colisiones no es posible.
- Existe el problema del nodo oculto.

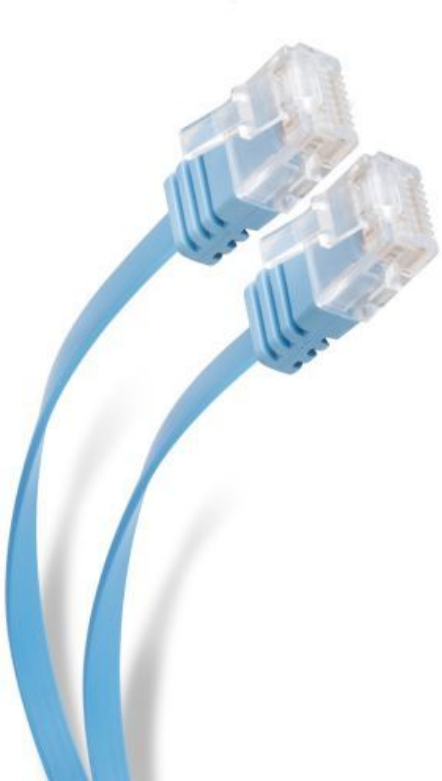
CSMA/CA


Start
Assemble a Frame
Is the Channel Idle?
NO
Wait for Random Backoff Time
Not Using IEEE 802.11 RTS/CTS Exchange
YES
Transmit RTS
CTS Received?
NO
Using IEEE 802.11 RTS/CTS Exchange
YES
Transmit Application Data
END

Algoritmo de retroceso exponencial binario

Utilizado para colisiones y en caso de no respuesta para no saturar el medio.

Time	Source	Destination	Protocol	Length	Info
0.000000000	192.168.31.178	200.14.84.67	TCP	74	45438 → 80 [SYN] Seq=0 Win=64240 Len=0 MSS=1460 SACK_PERM=1 TSv
1.028009804	192.168.31.178	200.14.84.67	TCP	74	[TCP Retransmission] [TCP Port numbers reused] 45438 → 80 [SYN]
2.016038569	192.168.31.178	200.14.84.67	TCP	74	[TCP Retransmission] [TCP Port numbers reused] 45438 → 80 [SYN]
4.063993706	192.168.31.178	200.14.84.67	TCP	74	[TCP Retransmission] [TCP Port numbers reused] 45438 → 80 [SYN]
8.191914949	192.168.31.178	200.14.84.67	TCP	74	[TCP Retransmission] [TCP Port numbers reused] 45438 → 80 [SYN]
16.127989623	192.168.31.178	200.14.84.67	TCP	74	[TCP Retransmission] [TCP Port numbers reused] 45438 → 80 [SYN]
33.024132815	192.168.31.178	200.14.84.67	TCP	74	[TCP Retransmission] [TCP Port numbers reused] 45438 → 80 [SYN]



Ethernet II

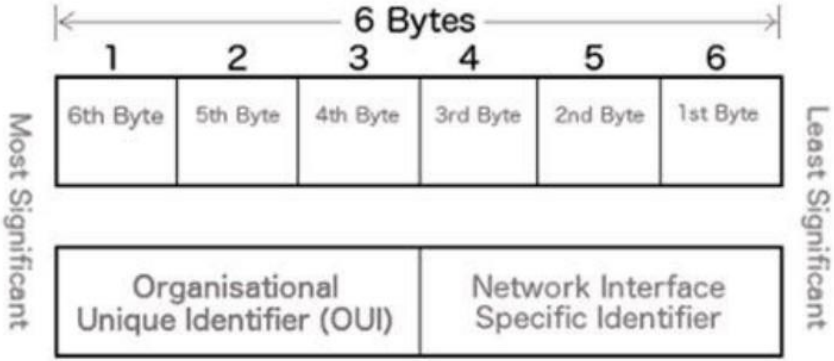
MAC Address

Compuesta por dos partes

- 24 bits llamados OUI: identifica quién es el fabricante del hardware
- 24 bits llamados NISI: número de serie que identifica al dispositivo fabricado

https://macvendors.com/

¿Existen solo 2^{24} equipos de un vendor?

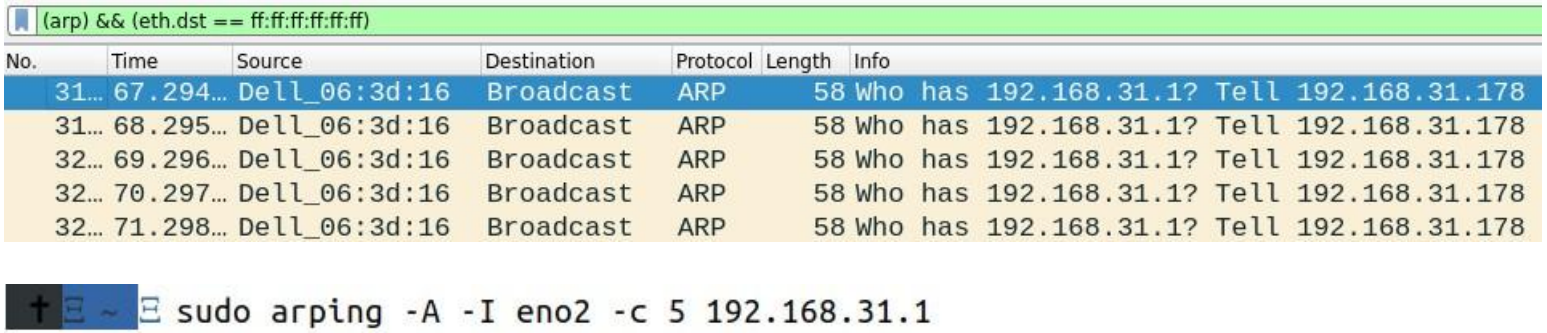


Direccionamiento Ethernet

- Cuando un host A desea comunicarse con un host B dentro de la misma subred, las direcciones MAC en la trama ethernet corresponden la MAC del host A para la MAC de origen y la MAC del host B para la MAC de destino.
- Cuando un host A desea comunicarse con un host B que está fuera de la subred, las direcciones MAC en la trama ethernet corresponden la MAC del host A para la MAC de origen y la MAC del default gateway para la MAC de destino.
- **SIEMPRE** la MAC de destino corresponde a un host que está en la misma subred que el host de origen

Direccionamiento Ethernet

- Existe una dirección MAC llamada dirección Broadcast que permite enviar una trama a todos los equipos en una subred, siempre y cuando no pasen a través de un router.
- La dirección Broadcast ethernet es FF:FF:FF:FF:FF:FF (todos los bits en 1)



Address Resolution Protocol

ARP

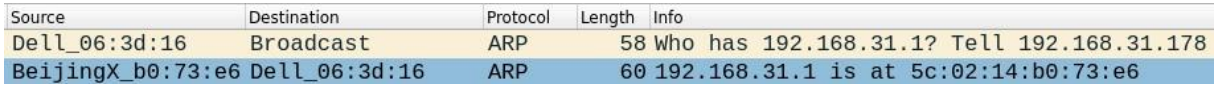
- Resuelve direcciones de capa superior a direcciones capa 2 y viceversa.
- Todos los computadores que sean alcanzables colocando la dirección de capa 2 de destino en el frame están dentro del dominio de broadcast.
- Para almacenar las direcciones de capa 2 de los computadores del dominio de broadcast, el computador usa la tabla ARP.

Tabla ARP

- Se puede llenar por monitoreo de tramas en el medio
- Se puede llenar por medio de una respuesta ARP
- Tabla contiene entradas 1-1 entre IP y MAC
- Entradas (memoria caché) tienen un tiempo de vida, depende de SO

Gen ARP Traffic

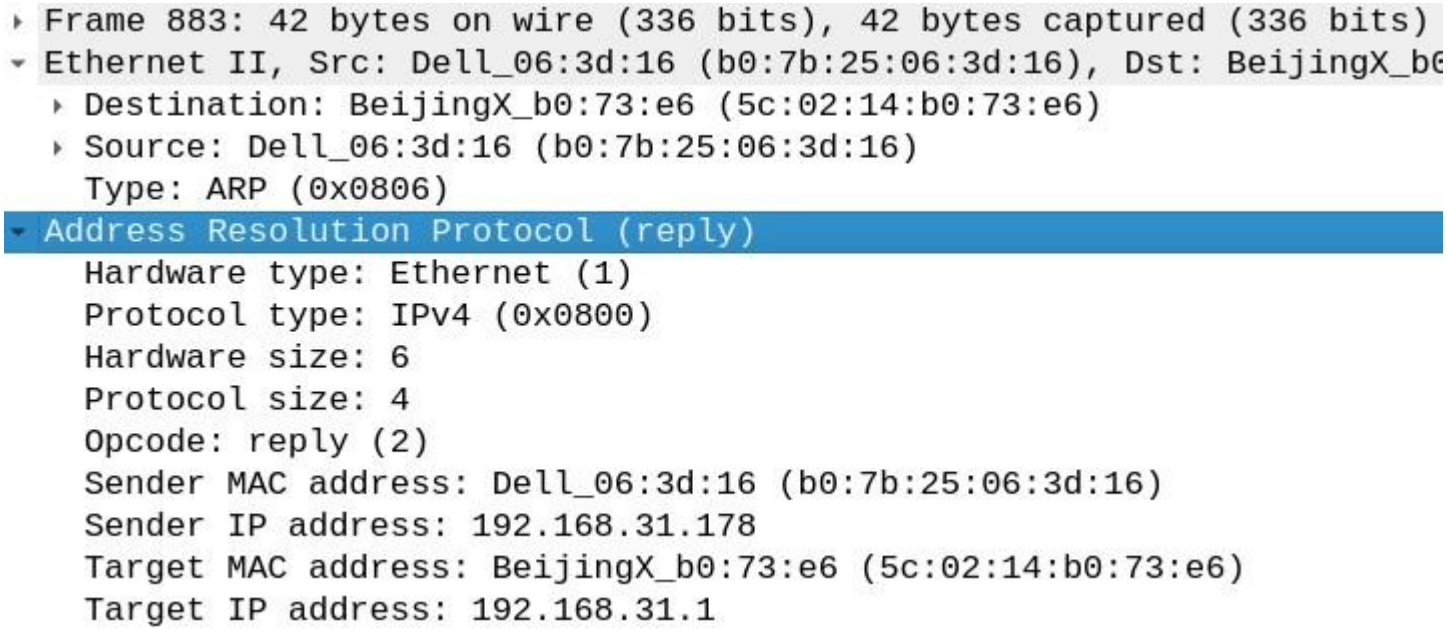
sudo arping -D -I ${interfaz} -c 1 ${IP_otro_equipo}



Source	Destination	Protocol	Length	Info
Dell_06:3d:16	Broadcast	ARP	58	Who has 192.168.31.1? Tell 192.168.31.178
BeijingX_b0:73:e6	Dell_06:3d:16	ARP	60	192.168.31.1 is at 5c:02:14:b0:73:e6

- Permite detectar equipos a nivel de capa de enlace
- ¿Se supone que el tamaño mínimo de un paquete es 60 bytes o no?

Paquete ARP


Frame 883: 42 bytes on wire (336 bits), 42 bytes captured (336 bits)
Ethernet II, Src: Dell_06:3d:16 (b0:7b:25:06:3d:16), Dst: BeijingX_b0
Destination: BeijingX_b0:73:e6 (5c:02:14:b0:73:e6)
Source: Dell_06:3d:16 (b0:7b:25:06:3d:16)
Type: ARP (0x0806)
Address Resolution Protocol (reply)
Hardware type: Ethernet (1)
Protocol type: IPv4 (0x0800)
Hardware size: 6
Protocol size: 4
Opcode: reply (2)
Sender MAC address: Dell_06:3d:16 (b0:7b:25:06:3d:16)
Sender IP address: 192.168.31.178
Target MAC address: BeijingX_b0:73:e6 (5c:02:14:b0:73:e6)
Target IP address: 192.168.31.1

ARP Padding

```
▸ Frame 2408: 60 bytes on wire (480 bits), 60 bytes captured (480 bits)
▾ Ethernet II, Src: Netgear_[redacted], Dst: Dell_4f:[redacted]
  ▸ Destination: Dell [redacted]
  ▸ Source: Netgear_[redacted]
    Type: ARP (0x0806)
    Padding: 000000000000000000000000000000d140b15
```

Patrones de tráfico

517	370.029129	Elitegro_66:c4:9c	AskeyCom_f7:c6:8c	42	ARP	Who has 192.168.1.1? Tell 192.168.1.10
518	370.029419	AskeyCom_f7:c6:8c	Elitegro_66:c4:9c	60	ARP	192.168.1.1 is at 00:24:d2:f7:c6:8c
551	408.529642	Elitegro_66:c4:9c	AskeyCom_f7:c6:8c	42	ARP	Who has 192.168.1.1? Tell 192.168.1.10
552	408.530032	AskeyCom_f7:c6:8c	Elitegro_66:c4:9c	60	ARP	192.168.1.1 is at 00:24:d2:f7:c6:8c
631	472.036756	Elitegro_66:c4:9c	AskeyCom_f7:c6:8c	42	ARP	Who has 192.168.1.1? Tell 192.168.1.10
632	472.037067	AskeyCom_f7:c6:8c	Elitegro_66:c4:9c	60	ARP	192.168.1.1 is at 00:24:d2:f7:c6:8c
713	542.563971	Elitegro_66:c4:9c	Broadcast	42	ARP	Who has 192.168.1.1? Tell 192.
714	542.564302	AskeyCom_f7:c6:8c	Elitegro_66:c4:9c	60	ARP	192.168.1.1 is at 00:24:d2:f7:c
800	592.031040	Elitegro_66:c4:9c	AskeyCom_f7:c6:8c	42	ARP	Who has 192.168.1.1? Tell 192.
801	592.031394	AskeyCom_f7:c6:8c	Elitegro_66:c4:9c	60	ARP	192.168.1.1 is at 00:24:d2:f7:c

No.	Time	Source	Destination	length	Protocol	Info
26	96.763487	Dell_25:ca:25	DigitalE_00:0a:04	42	ARP	Who has 192.168.1.129? Tell 192.168.1.108
27	96.763720	DigitalE_00:0a:04	Dell_25:ca:25	60	ARP	192.168.1.129 is at aa:00:04:00:0a:04
101	392.011470	Dell_25:ca:25	Broadcast	42	ARP	Who has 192.168.1.129? Tell 192.168.1.108
102	392.011939	DigitalE_00:0a:04	Dell_25:ca:25	60	ARP	192.168.1.129 is at aa:00:04:00:0a:04
176	699.227491	Dell_25:ca:25	DigitalE_00:0a:04	42	ARP	Who has 192.168.1.129? Tell 192.168.1.108
177	699.227753	DigitalE_00:0a:04	Dell_25:ca:25	60	ARP	192.168.1.129 is at aa:00:04:00:0a:04
254	1001.467488	Dell_25:ca:25	DigitalE_00:0a:04	42	ARP	Who has 192.168.1.129? Tell 192.16
255	1001.467849	DigitalE_00:0a:04	Dell_25:ca:25	60	ARP	192.168.1.129 is at aa:00:04:00:

ARP gen by VTR router

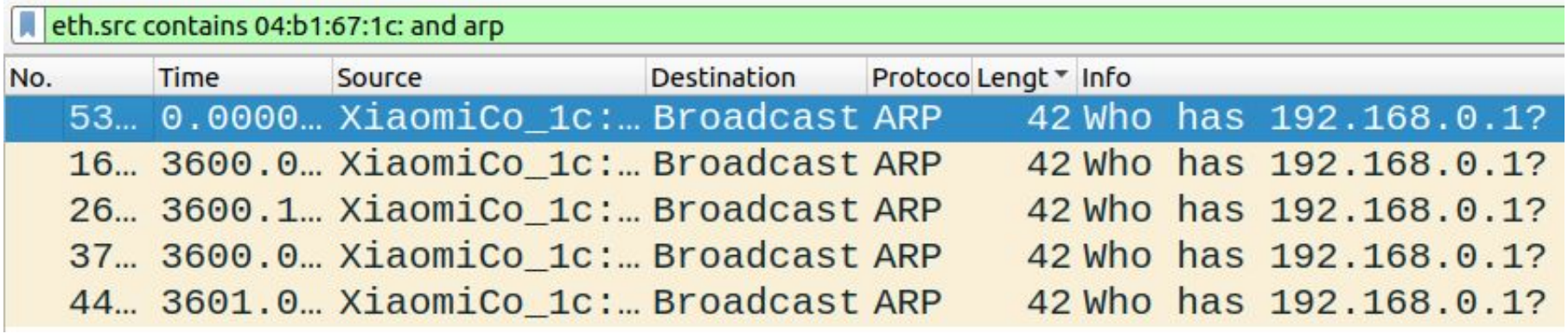
No.	Time	Source	Destination	Protocol	Length	Info
90	10.013769561	CiscoSpv_20:cb:25	Broadcast	ARP	60	Who has 192.168.0.64? Tell 192.168.0.1
91	0.001977068	CiscoSpv_20:cb:25	Broadcast	ARP	60	Who has 192.168.0.65? Tell 192.168.0.1
92	0.000025742	CiscoSpv_20:cb:25	Broadcast	ARP	60	Who has 192.168.0.66? Tell 192.168.0.1
93	0.002167553	CiscoSpv_20:cb:25	Broadcast	ARP	60	Who has 192.168.0.67? Tell 192.168.0.1
94	0.000022431	CiscoSpv_20:cb:25	Broadcast	ARP	60	Who has 192.168.0.68? Tell 192.168.0.1
95	0.002072581	CiscoSpv_20:cb:25	Broadcast	ARP	60	Who has 192.168.0.69? Tell 192.168.0.1
96	0.000024758	CiscoSpv_20:cb:25	Broadcast	ARP	60	Who has 192.168.0.70? Tell 192.168.0.1
97	0.002459151	CiscoSpv_20:cb:25	Broadcast	ARP	60	Who has 192.168.0.71? Tell 192.168.0.1
98	0.000025304	CiscoSpv_20:cb:25	Broadcast	ARP	60	Who has 192.168.0.72? Tell 192.168.0.1
99	0.001146295	CiscoSpv_20:cb:25	Broadcast	ARP	60	Who has 192.168.0.73? Tell 192.168.0.1
100	0.004946067	CiscoSpv_20:cb:25	Broadcast	ARP	60	Who has 192.168.0.74? Tell 192.168.0.1
101	0.002225997	CiscoSpv_20:cb:25	Broadcast	ARP	60	Who has 192.168.0.75? Tell 192.168.0.1
102	0.000023446	CiscoSpv_20:cb:25	Broadcast	ARP	60	Who has 192.168.0.76? Tell 192.168.0.1
103	0.000806335	CiscoSpv_20:cb:25	Broadcast	ARP	60	Who has 192.168.0.77? Tell 192.168.0.1
104	0.002449001	CiscoSpv_20:cb:25	Broadcast	ARP	60	Who has 192.168.0.78? Tell 192.168.0.1
105	0.000025490	CiscoSpv_20:cb:25	Broadcast	ARP	60	Who has 192.168.0.79? Tell 192.168.0.1
106	9.912572423	CiscoSpv_20:cb:25	Broadcast	ARP	60	Who has 192.168.0.96? Tell 192.168.0.1

Xiaomi Router AX3200

(arp) && (eth.src == 5c:02:14:b0:73:e7)

No.	Time	Source	Destination	Protocol	Length	Info
	182.25435…	BeijingX_b0:7…	Dell_06:3d…	ARP	60	Who has 192.168.31.
	212.23860…	BeijingX_b0:7…	Dell_06:3d…	ARP	60	Who has 192.168.31.
	242.25484…	BeijingX_b0:7…	Dell_06:3d…	ARP	60	Who has 192.168.31.
	272.01508…	BeijingX_b0:7…	Dell_06:3d…	ARP	60	Who has 192.168.31.
	302.03129…	BeijingX_b0:7…	Dell_06:3d…	ARP	60	Who has 192.168.31.
	332.04757…	BeijingX_b0:7…	Dell_06:3d…	ARP	60	Who has 192.168.31.
	362.04779…	BeijingX_b0:7…	Dell_06:3d…	ARP	60	Who has 192.168.31.

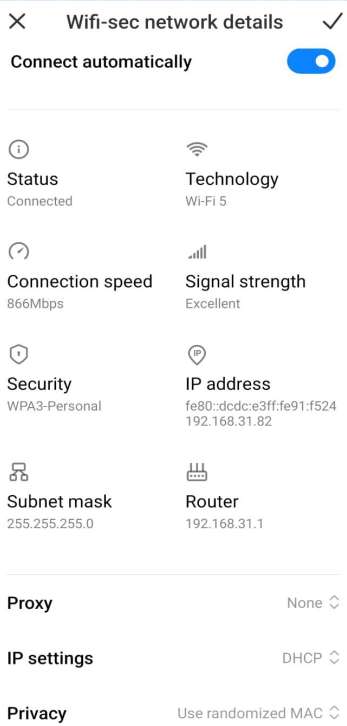
ARP gen by Android



Who is the vendor?

No.	Time	Source	Destination	Protocol	Length	Info
	455.99630…	192.168.31.82	224.0.0.251	MDNS	157	Standard query 0x0000 ANY {"nm":"POCO X3 Pro",
	456.24603…	192.168.31.82	224.0.0.251	MDNS	157	Standard query 0x0000 ANY
	456.49536…	192.168.31.82	224.0.0.251	MDNS	157	Standard query 0x0000 ANY

```
▸ Frame 194194: 157 bytes on wire (1256 bits), 157 bytes captured (1256 bits)
▾ Ethernet II, Src: de:dc:e3:91:f5:24 (de:dc:e3:91:f5:24), Dst: IPv4mcast_fb
  ▸ Destination: IPv4mcast_fb (01:00:5e:00:00:fb)
  ▸ Source: de:dc:e3:91:f5:24 (de:dc:e3:91:f5:24)
    Type: IPv4 (0x0800)
```



ARP Static

sudo arp -s 192.168.1.69 00:0c:29:c0:h4:34

```
arp -ven -i enp0s31f6
Address                  HWtype  HWaddress           Flags Mask            Iface
192.168.1.1              ether   2c:b0:              C                     enp0s31f6
192.168.1.69             ether   00:0c:              CM                    enp0s31f6
```

C = Este tipo de entrada se ve cuando las entradas son **C**ompletadas dinámicamente por el protocolo arp.

M = Este indicador indica que las entradas se han introducido/añadido **M**anualmente en la memoria.

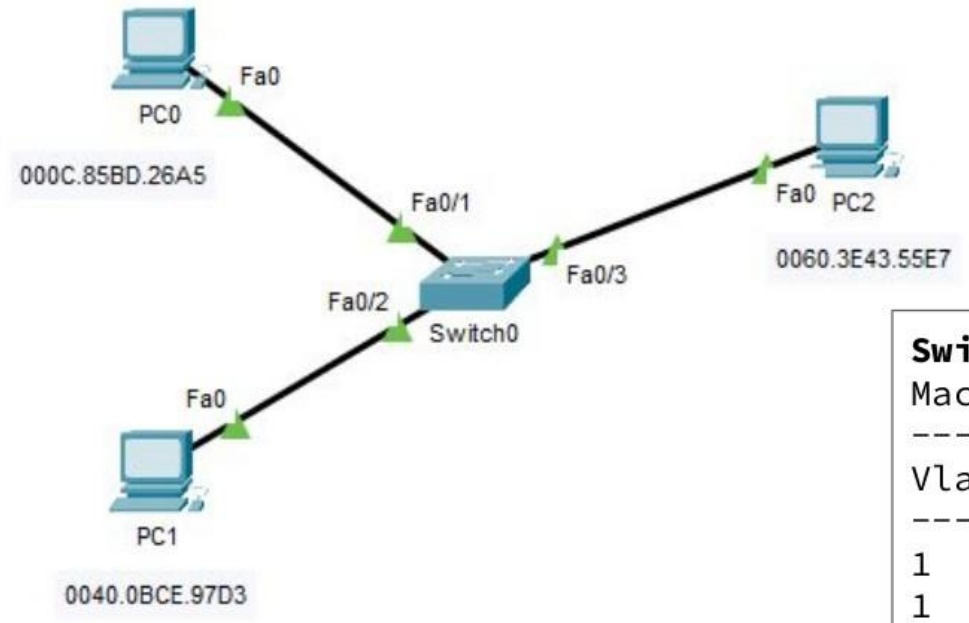
P = Significa **P**ublicar. Le dice al host que responda a los paquetes que son ARP request y ARP response.

Conmutación

Conmutación

- Proceso por el cual un switch transporta una trama desde un puerto de entrada (asociado al nodo transmisor) hacia un puerto de salida (asociado al nodo receptor).
- Para saber por cual puerto debe ser conmutada la trama, el switch utiliza la tabla Content Addressable Memory (CAM). Una tabla CAM tiene la asociación entre la MAC address y el puerto en el switch al cual está conectado cada nodo.
- Basado en la dirección MAC de destino.
- También llamado Layer 2 Forwarding

Tabla Content Addressable Memory (CAM)




```
Switch#show mac-address-table
Mac Address Table
-----------------------------------
Vlan Mac_Address TypePorts
-----------------------------------
1    000c.85bd.26a5 DYNAMIC Fa0/1
1    0040.0bce.97d3 DYNAMIC Fa0/2
1    0060.3e43.55e7 DYNAMIC Fa0/3
```

Problemáticas actuales en una red

¿Qué se espera de una red?

- Tolerancia a fallos: alta disponibilidad de la red
- Autonomía: auto-reparación
- Rendimiento: no loops, no duplicación

¿Como se logra?

- Redundancia, resiliencia
- Topología mesh
- Virtualización
- Maximizar aprovechamiento de infraestructura

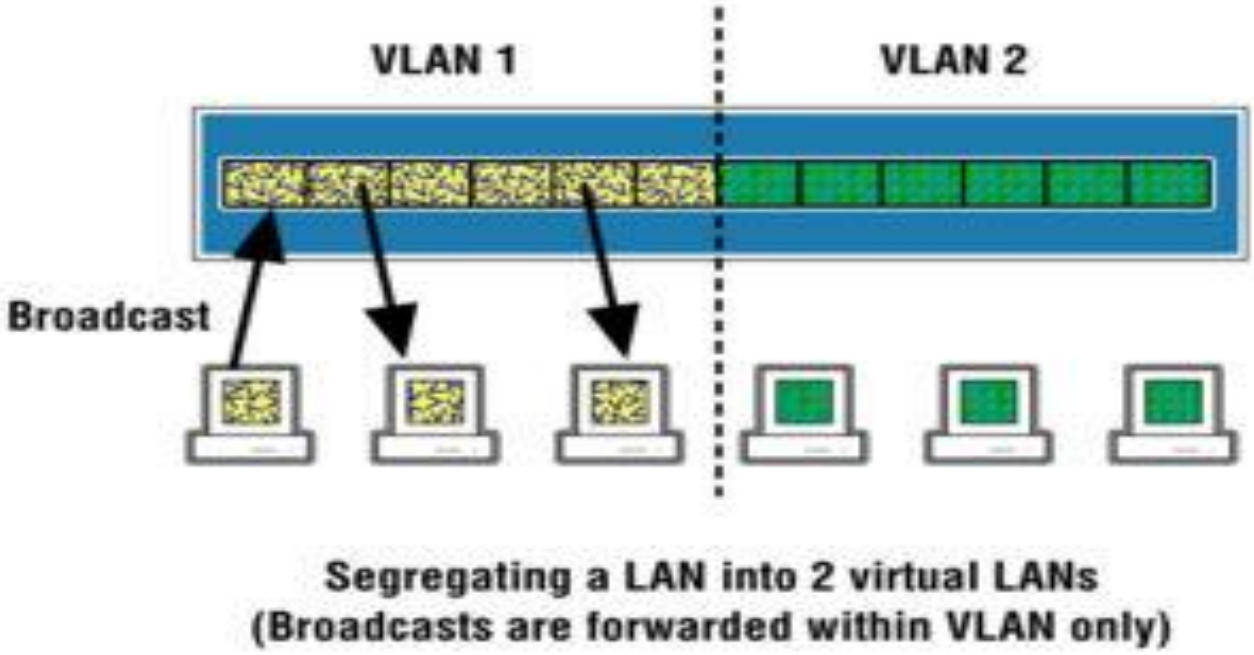
VLAN

Una VLAN (Red de área local virtual o LAN virtual) es una red de área local que agrupa un conjunto de equipos de manera lógica y no física.

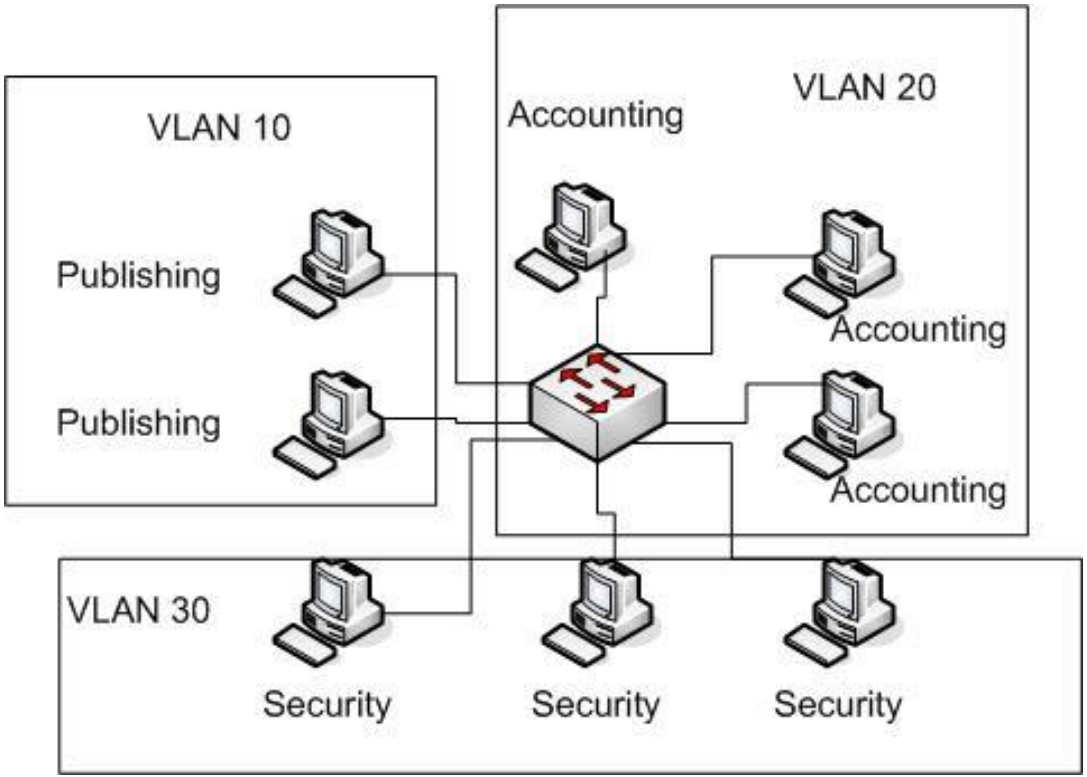
La VLAN permite definir una nueva red por encima de la red física y, por lo tanto, ofrece las siguientes ventajas:

- Mayor flexibilidad en la administración y en los cambios de la red, ya que la arquitectura puede cambiarse usando los parámetros de los conmutadores.
- Aumento de la seguridad, ya que la información se encapsula en un nivel adicional y posiblemente se analiza.
- Disminución en la transmisión de tráfico en la red.

Esquema


VLAN 1
VLAN 2
Broadcast
Segregating a LAN into 2 virtual LANs
(Broadcasts are forwarded within VLAN only)

Segmentos de red



Vlan 1 por default

```
Switch#show vlan

VLAN Name                                Status    Ports
---- ----------------------------------- --------- -------------------------------
1    default                             active    Fa0/1, Fa0/2, Fa0/3, Fa0/4
                                                   Fa0/5, Fa0/6, Fa0/7, Fa0/8
                                                   Fa0/9, Fa0/10, Fa0/11, Fa0/12
                                                   Fa0/13, Fa0/14, Fa0/15, Fa0/16
                                                   Fa0/17, Fa0/18, Fa0/19, Fa0/20
                                                   Fa0/21, Fa0/22, Fa0/23, Fa0/24
                                                   Gig1/1, Gig1/2
1002 fddi-default                        act/unsup
1003 token-ring-default                  act/unsup
1004 fddinet-default                     act/unsup
1005 trnet-default                       act/unsup

VLAN Type  SAID       MTU   Parent RingNo BridgeNo Stp  BrdgMode Trans1 Trans2
---- ----- ---------- ----- ------ ------ -------- ---- -------- ------ ------
1    enet  100001     1500  -      -      -        -    -        0      0
1002 fddi  101002     1500  -      -      -        -    -        0      0
1003 tr    101003     1500  -      -      -        -    -        0      0
1004 fdnet 101004     1500  -      -      -        ieee -        0      0
1005 trnet 101005     1500  -      -      -        ibm  -        0      0
 --More--
```

Tabla MAC

```
Switch#show mac-address-table
          Mac Address Table
-------------------------------------------

Vlan    Mac Address       Type        Ports
----    -----------       --------    -----

   1    000b.be97.7d18    DYNAMIC     Fa0/24
  10    000b.be97.7d18    DYNAMIC     Fa0/24
  20    000b.be97.7d18    DYNAMIC     Fa0/24
```

Enlace troncal

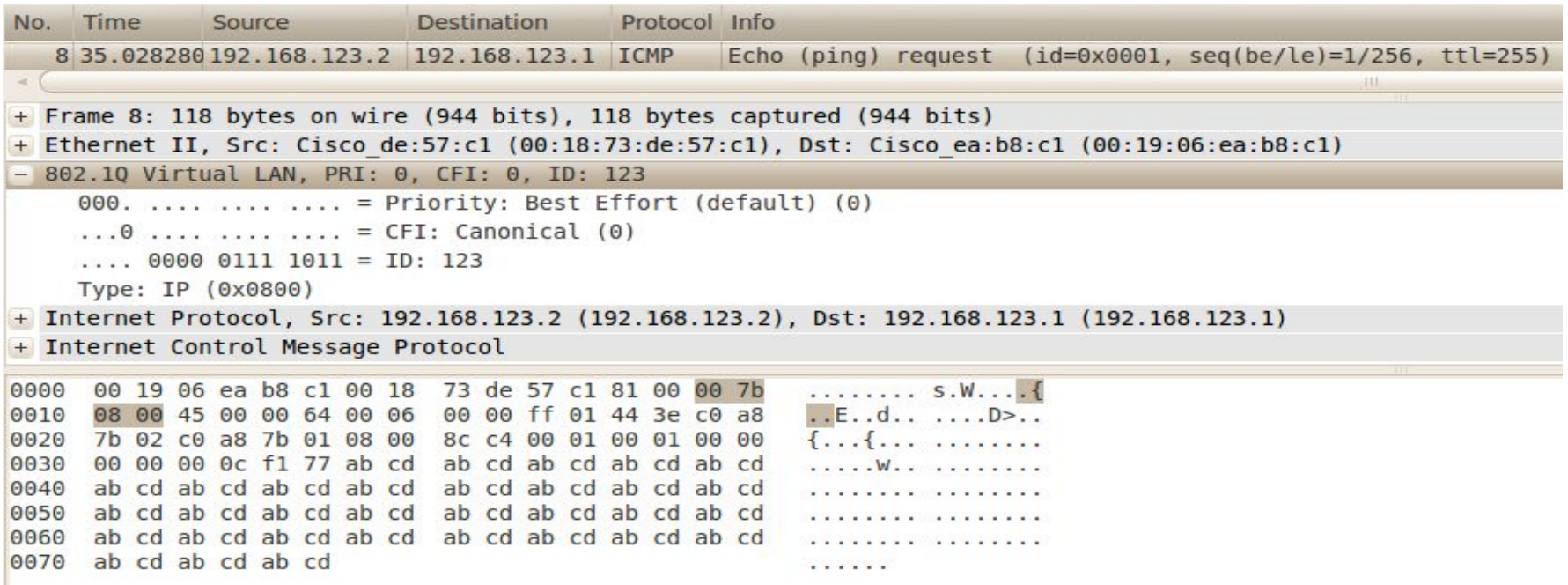
En una red conmutada, un enlace troncal es un enlace punto a punto que admite varias VLAN.

El enlace troncal agrupa múltiples enlaces virtuales en un enlace físico. Esto permite que el tráfico de varias VLAN viaje a través de un solo cable entre los switches.

VLAN Trunking Protocol (VTP)

- El protocolo IEEE 802.1Q, también conocido como dot1Q, permite desarrollar un mecanismo que permita a múltiples redes compartir de forma transparente el mismo medio físico, sin problemas de interferencia entre ellas (Trunking).
- Dot1q define el protocolo de encapsulamiento usado para implementar este mecanismo en redes Ethernet.

Header 802.1q



VLAN Trunk

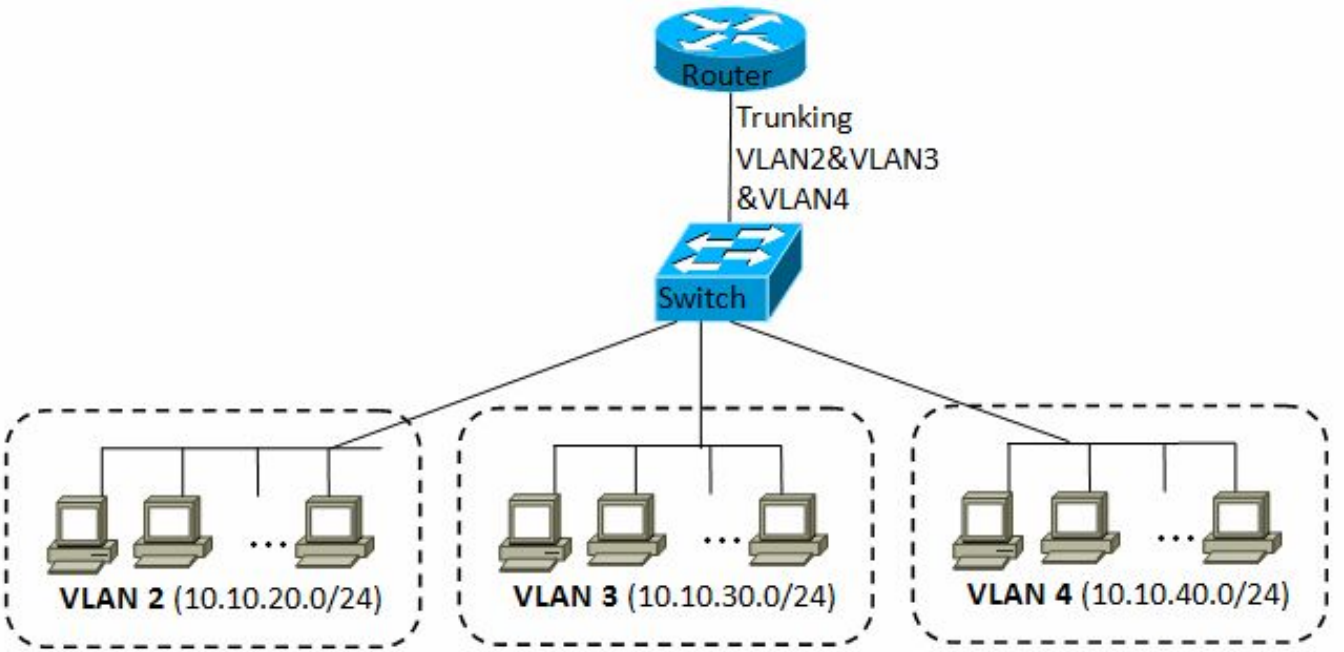
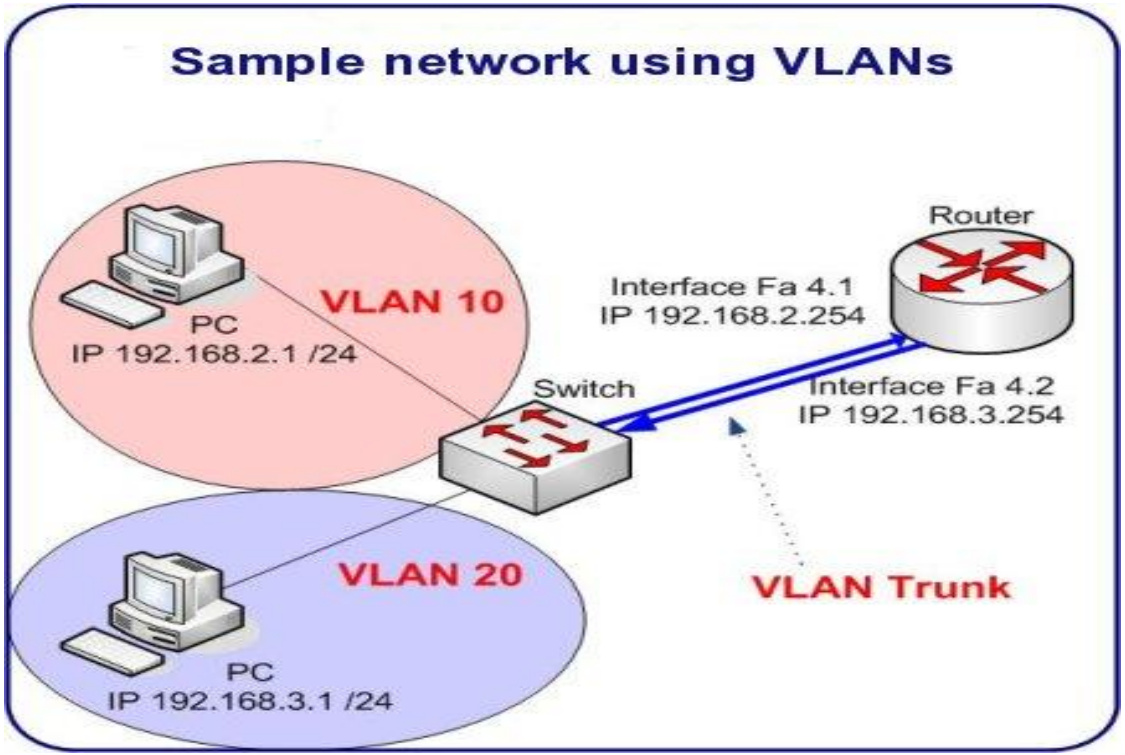


Figure 12.5. 802.1Q trunk between the router and the switch

Virtual Interfaces



Creating VlanID

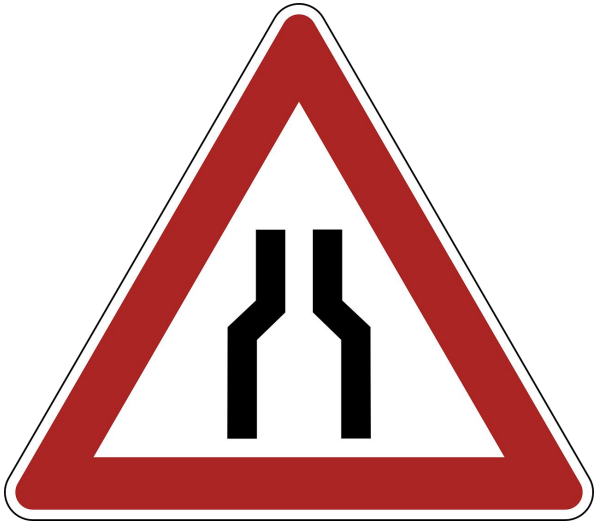
```
Sydney(config)#interface FastEthernet 0/0.1
Sydney(config-subif)#description Management VLAN1
Sydney(config-subif)#encapsulation dot1q 1
Sydney(config-subif)#ip address 192.168.1.1
255.255.255.0
Sydney(config)#interface FastEthernet 0/0.2
Sydney(config-subif)#description Accounting VLAN 20
Sydney(config-subif)#encapsulation dot1q 20
Sydney(config-subif)#ip address 192.168.2.1
255.255.255.0
Sydney(config)#interface FastEthernet 0/0.3
Sydney(config-subif)#description Sales VLAN 30
Sydney(config-subif)#encapsulation dot1q 30
Sydney(config-subif)#ip address 192.168.3.1
255.255.255.0
```

```
[redacted] sudo vconfig add enp0s31f6 2
Added VLAN with VID == 2 to IF -:enp0s31f6:-
[redacted] sudo ifconfig enp0s31f6.2 up
[redacted] ifconfig
enp0s31f6: flags=4099<UP,BROADCAST,MULTICAST>  mtu 1500
        ether e4:b9:7a:4f:57:f4  txqueuelen 1000  (Ethernet)
        RX packets 0  bytes 0 (0.0 B)
        RX errors 0  dropped 0  overruns 0  frame 0
        TX packets 0  bytes 0 (0.0 B)
        TX errors 0  dropped 0 overruns 0  carrier 0  collisions 0
        device interrupt 16  memory 0xec200000-ec220000

enp0s31f6.2: flags=4099<UP,BROADCAST,MULTICAST>  mtu 1500
        ether e4:b9:7a:4f:57:f4  txqueuelen 1000  (Ethernet)
        RX packets 0  bytes 0 (0.0 B)
        RX errors 0  dropped 0  overruns 0  frame 0
        TX packets 0  bytes 0 (0.0 B)
        TX errors 0  dropped 0 overruns 0  carrier 0  collisions 0
```

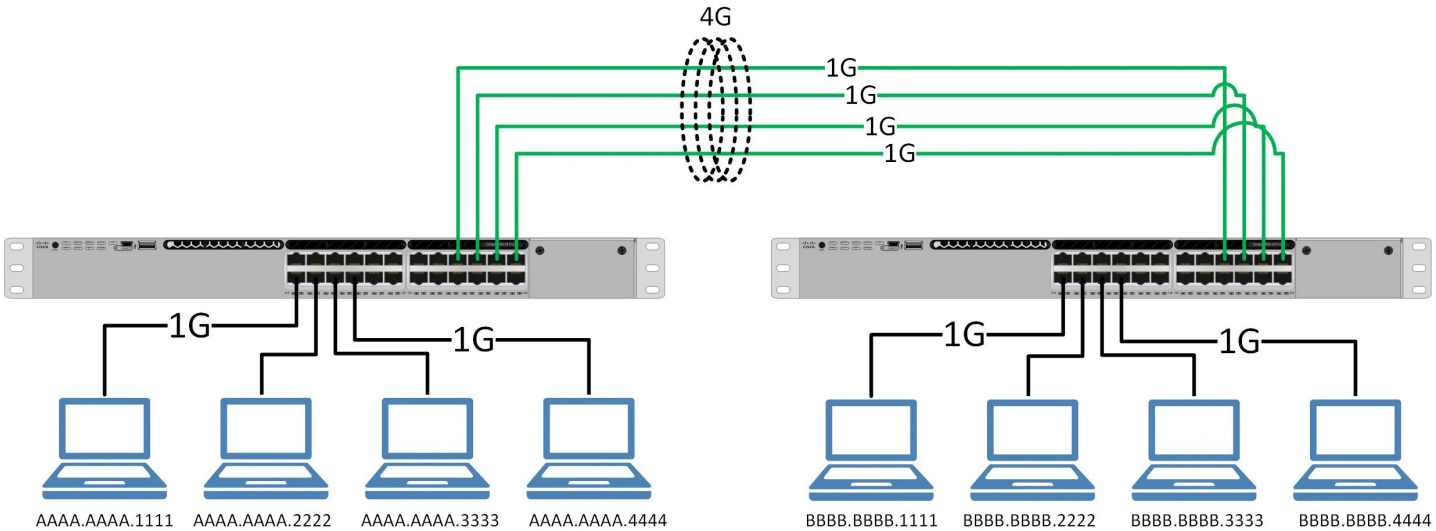
Bottleneck problem

¿Qué solución se les ocurre para evitar que la comunicación entre switches sea un cuello de botella?



Link-Aggregation

Consiste en utilizar múltiples cables de red en paralelo para aumentar la velocidad del enlace y para incrementar la redundancia para proveer una alta disponibilidad.

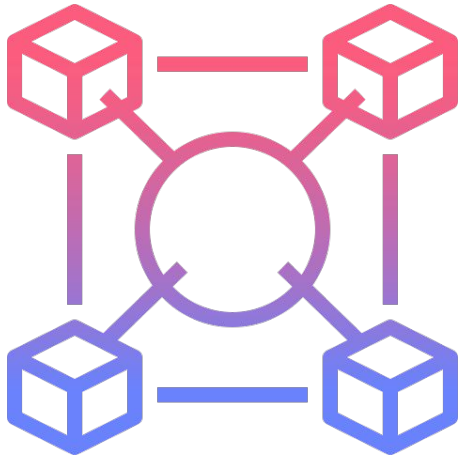


¿Redundancia de protocolos? Interoperabilidad

Port Aggregation Protocol (PAgP): Protocolo propietario de Cisco.

Link Aggregation Control Protocol (LACP): IEEE 802.3ad

```
Switch1(config-if-range)#channel-protocol ?
  lacp  Prepare interface for LACP protocol
  pagp  Prepare interface for PAgP protocol
```



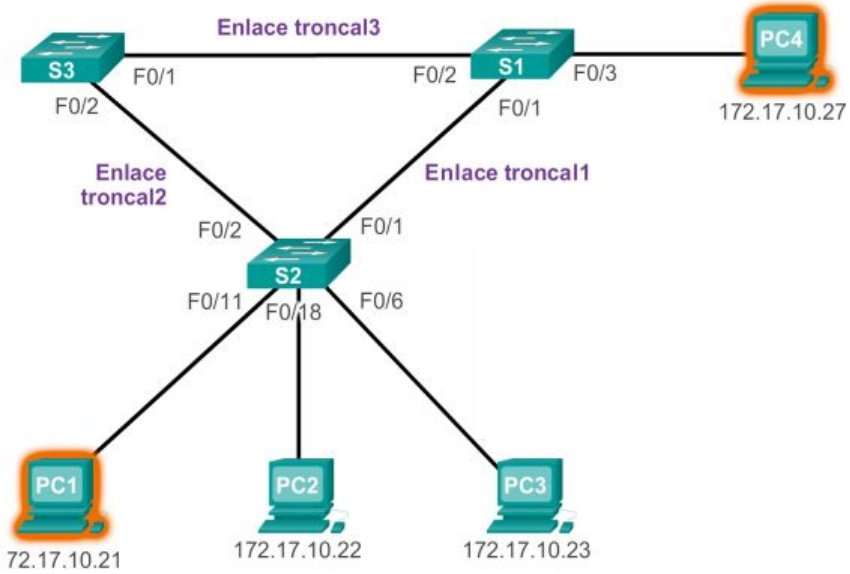
Redundancia física

Topologías redundantes son más tolerantes a fallas, mayor disponibilidad.

- Eliminan punto único de falla

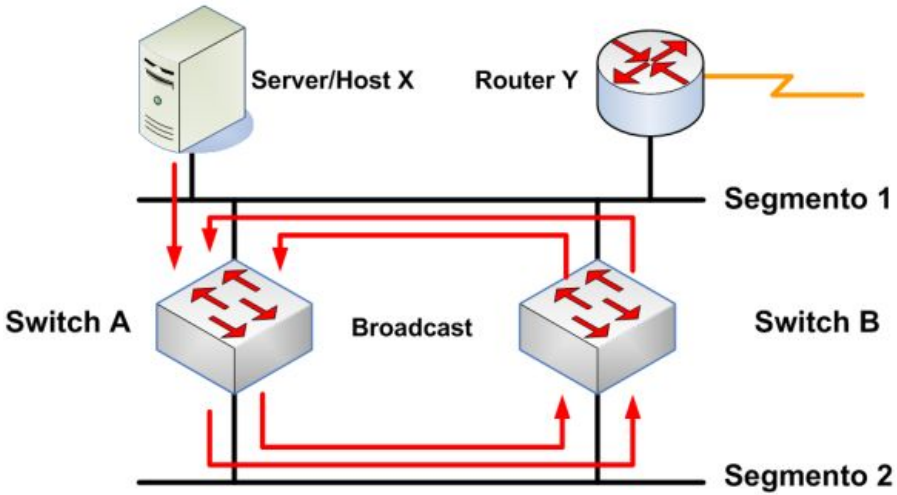
Problemas:

- Tormenta de broadcast
- Transmisión múltiple
- Inestabilidad de las tablas



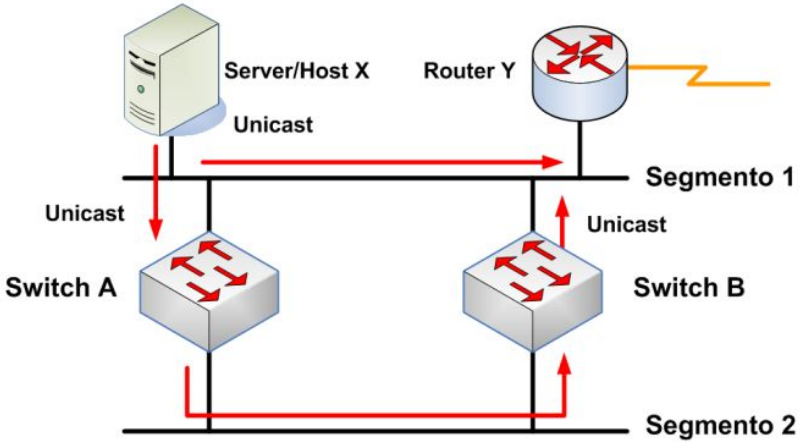
Tormenta de Broadcast

- Host X envía un frame broadcast
- Los switches lo difunden de manera indefinida



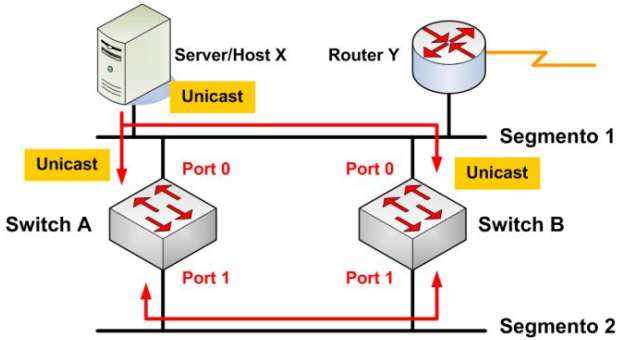
Transmisión Múltiple

- Host X envia un frame unicast al router Y
- La dirección MAC del router Y no ha sido aprendida por los switch
- Router Y recibirá dos copias del mismo frame



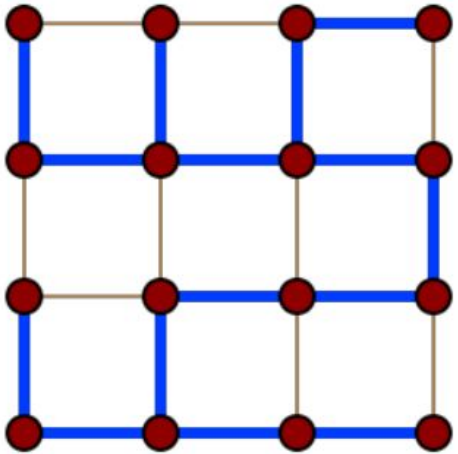
Inestabilidad

- Host X envía un frame unicast al router Y
- La dirección MAC del router no ha sido aprendida por los otros switches
- Switches A y B aprenden la dirección del host X por el puerto 0
- El frame al router Y es inundado
- Switches A y B aprenden incorrectamente la dirección MAC de host X en el puerto 1



¿Existe solución?

En el campo matemático de la teoría de grafos, un Spanning Tree T de un grafo no dirigido G es un subgrafo que es un árbol que incluye todos los vértices de G, con el mínimo número posible de los enlaces. Impide la existencia de ciclos.



Spanning Tree Protocol

- Protocolo de red que garantiza topologías sin bucles dentro de una LAN Ethernet.
- Permite incluir redundancia a la topología, por si una conexión falla.
- Crea una topología de árbol, a partir de una red de malla, deshabilitando enlaces, dejando un camino único entre 2 nodos de la red.
- Los switches y bridges que están corriendo el algoritmo STP intercambian mensajes de configuración Bridge Protocol Data Unit (BPDU).
- Utiliza el estándar IEEE 802.1D