


Capa de Enlace de Datos

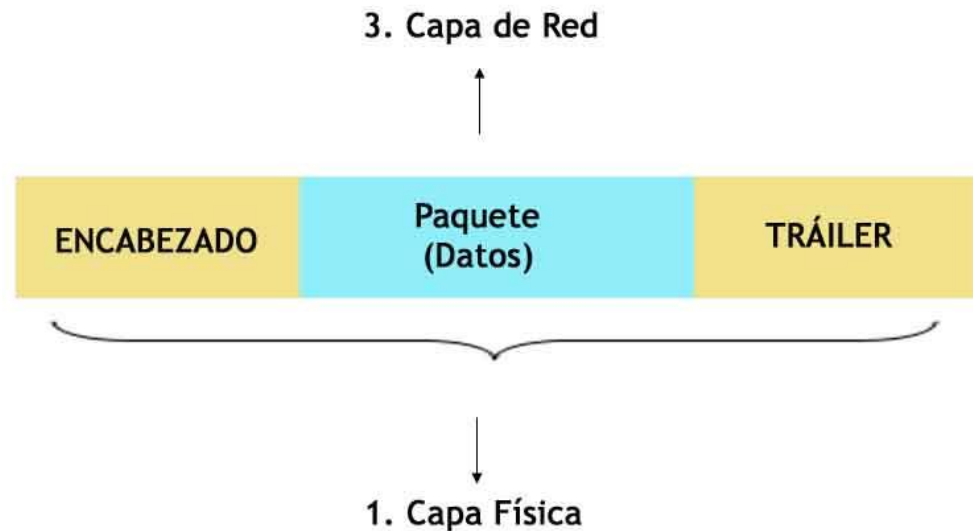


Objetivo: entender las funciones de la Capa de Enlace del Modelo OSI junto con los procedimientos para la administración de las tramas.

<https://www.youtube.com/watch?v=1z4a47gnD0A>

Funciones principales de la Capa de Enlace

- Control de Acceso al Medio
- Control de Errores
- Control de Flujo



Subcapas LLC y MAC

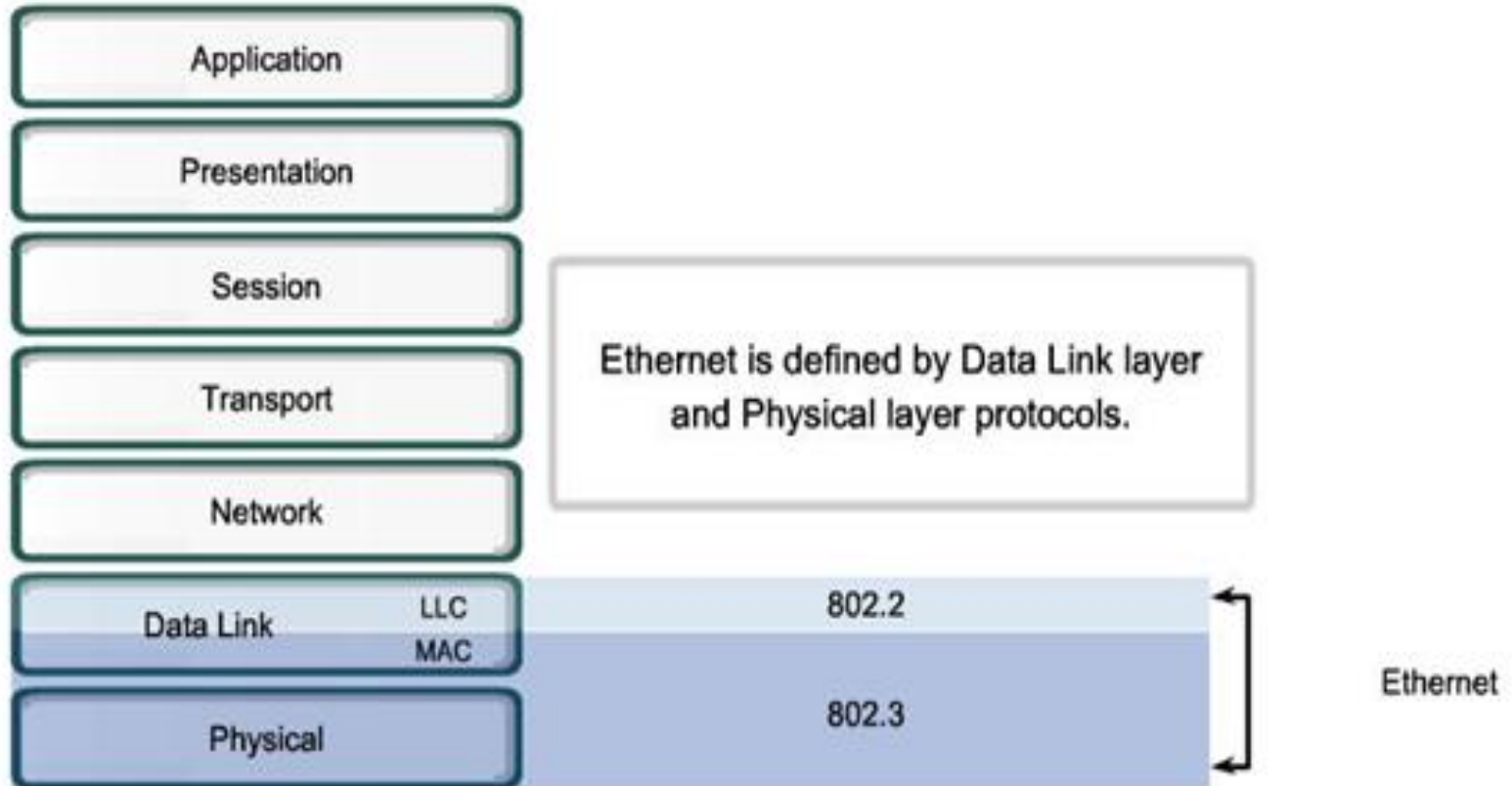
Ethernet –

- La tecnología LAN más ampliamente usada
- Opera en la capa de enlace de datos y en la capa física
- Familia de tecnologías de networking que son definidas en los estándares IEEE 802.2 y 802.3
- Soporta anchos de banda de 10, 100, 1000, 10,000, 40,000, y 100,000 Mbps (100 Gbps)

Estándares Ethernet –

- Define protocolos de capa 2 y tecnologías de capa 1
- Dos sub capas separadas de la capa de enlace de datos para operar - sub capas de Control de enlace lógico (LLC) y MAC

Subcapas LLC y MAC



Subcapas LLC y MAC

LLC

- Maneja las comunicaciones entre las capas superiores e inferiores
- Toma los datos del protocolo de capa de red y agrega información de control para ayudar a entregar el paquete al destino

MAC

- Constituye la subcapa inferior de la capa de enlace de datos
- Implementada por hardware, típicamente en la tarjeta de red del computador (NIC)
- Dos responsabilidades principales:
 - Encapsulamiento de datos
 - Control de acceso al medio

Control de Acceso al Medio

Procesos Carrier Sense Multiple Access (CSMA)

- Usado primero para detectar si el medio está llevando una señal
- Si ninguna señal es detectada, el dispositivo transmite sus datos
- Si dos dispositivos transmiten al mismo tiempo los datos colisionan



Control de Acceso al Medio

Los dos métodos más comúnmente usados son:

CSMA/Collision Detection

- El dispositivo monitorea el medio por la presencia de una señal de datos
- Si una señal de datos no existe, indicando que el medio está libre, el dispositivo transmite los datos
- Si se han detectado señales que demuestren que otro dispositivo está transmitiendo al mismo tiempo, todos los dispositivos paran de enviar e intentan de nuevo más tarde
- Aunque las redes Ethernet están diseñadas con la tecnología CSMA/CD, con dispositivos intermedios de hoy, las colisiones no ocurren y los procesos utilizados por CSMA/CD son realmente innecesarios
- Conexiones inalámbricas en un ambiente LAN aún tienen en cuenta las colisiones

Control de Acceso al Medio

Los dos métodos más comúnmente usados son :

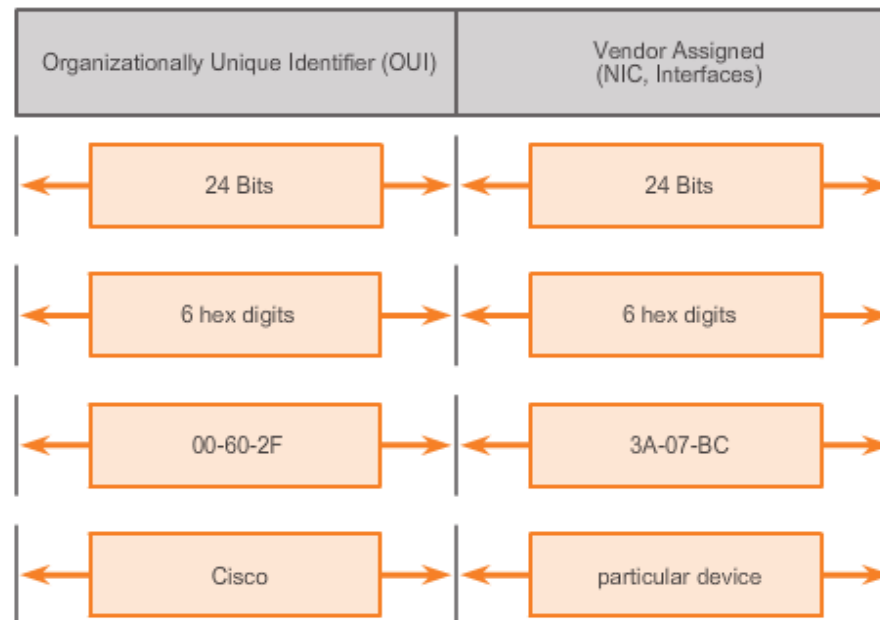
Método CSMA/Collision Avoidance (CSMA/CA) media access

- Los dispositivos examinan el medio por la presencia de una señal de datos - si el medio está libre, el dispositivo envía una notificación a través del medio con su intención de usarlo
- El dispositivo entonces envía los datos.
- Usado por tecnologías de redes inalámbricas 802.11

Dirección MAC: Identidad Ethernet

- La dirección de capa 2 MAC Ethernet es un valor binario de 48-bit expresado en 12 dígitos hexadecimales
- IEEE exige a un fabricante seguir dos reglas simples:
 - Debe usar el OUI asignado del fabricante en los 3 primeros bytes
 - Todas las direcciones MAC con el mismo OUI deben ser asignados con un único valor en los últimos 3 bytes

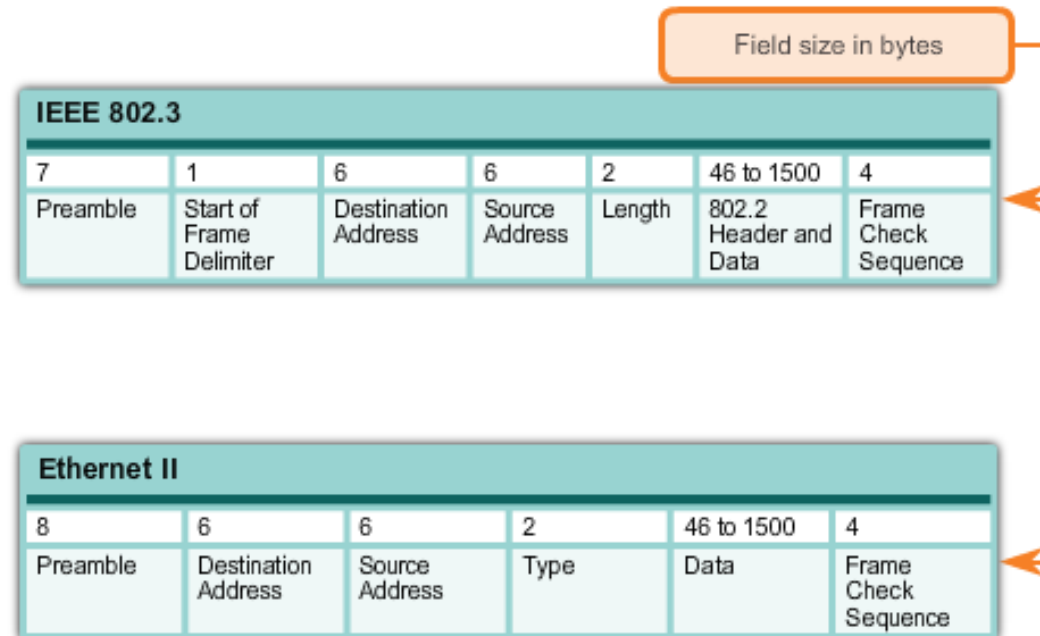
The Ethernet MAC Address Structure



Atributos de la trama Ethernet

Encapsulamiento Ethernet

- Versiones anteriores de Ethernet fueron relativamente lentos (10 Mbps)
- Ahora opera a 10 Gigabits por segundo y más rápido
- La estructura de la trama Ethernet agrega encabezados y trailers a la PDU de capa 3 para encapsular el mensaje que está siendo enviado



Ethernet II es el formato de trama Ethernet usado en redes TCP/IP.

Atributos de la trama Ethernet

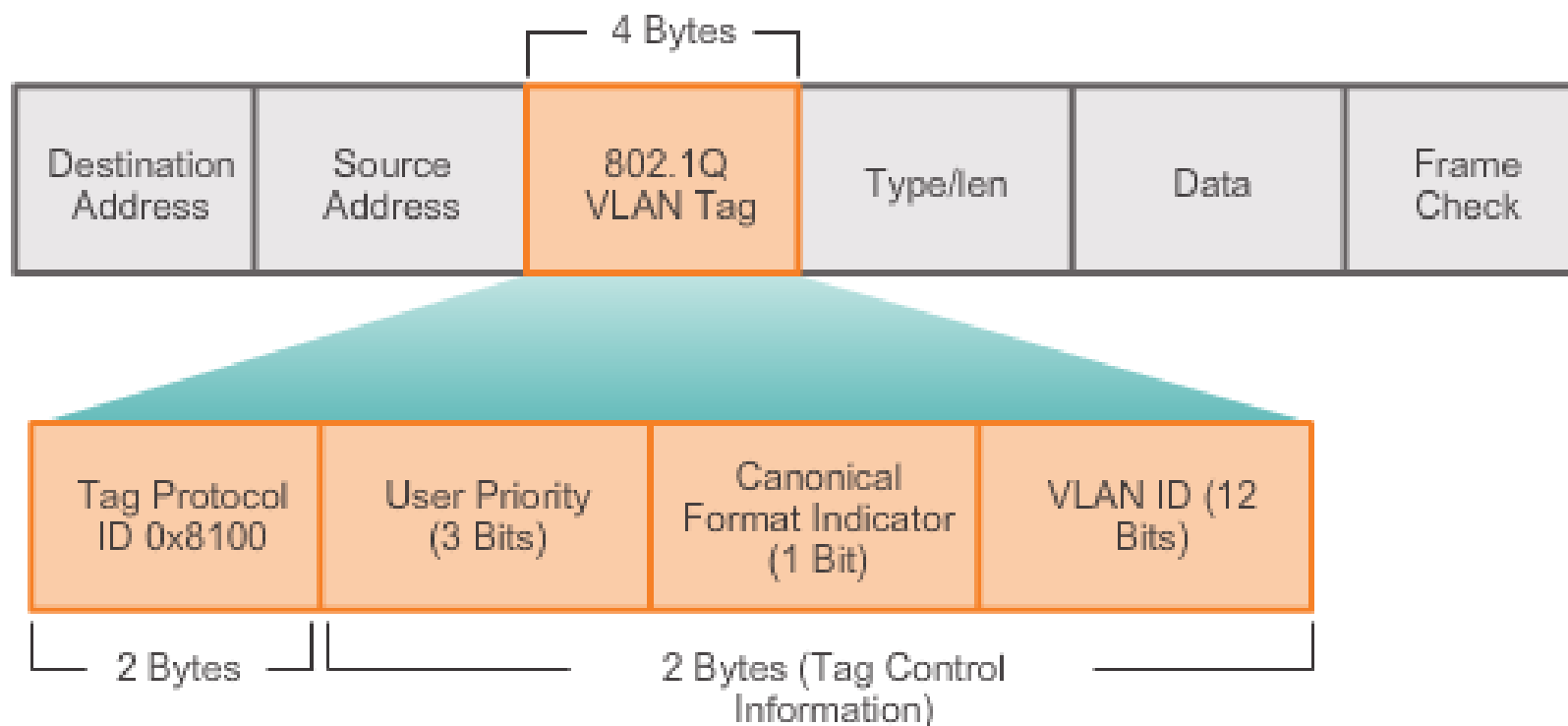
Tamaño de trama Ethernet

- Los estándares Ethernet II y IEEE 802.3 definen el tamaño de trama mínimo de 64 bytes y el máximo de 1518 bytes
- Menos que 64 bytes de largo es considerado un "fragmento de colisión" o "runt frame"
- Si el tamaño de una trama transmitida es menor que el mínimo y mayor que el máximo, el dispositivo receptor descarta la trama
- En la capa física, diferentes versiones de Ethernet varían en su método de detectar y poner datos en el medio

Atributos de la trama Ethernet

Tamaño de trama Ethernet

La figura muestra los campos contenidos en el tag de VLAN 802.1Q



Extra 4 Bytes Allows for QoS and VLAN Technologies

Introducción a la trama Ethernet

IEEE 802.3

7	1	6	6	2	46 to 1500	4
Preamble	Start of Frame Delimiter	Destination Address	Source Address	Length	802.2 Header and Data	Frame Check Sequence

Campos Preámbulo y delimitador de inicio de trama

Usado para la sincronización entre los dispositivos emisor y receptor

Campo Largo/Tipo

Define el largo exacto del campo data de la trama/
describe cual protocolo es implementado

Campos Data y Pad

Contiene el dato encapsulado de una capa superior, un paquete IPv4

Introducción a la trama Ethernet

IEEE 802.3

7	1	6	6	2	46 to 1500	4
Preamble	Start of Frame Delimiter	Destination Address	Source Address	Length	802.2 Header and Data	Frame Check Sequence

Campo Frame Check Sequence

Usado para detectar errores en una trama con un CRC (cyclic redundancy check) (4 bytes), si el cálculo coincide en el origen y receptor, ningún error ha ocurrido.

Representación de direcciones MAC

With Dashes 00-60-2F-3A-07-BC

With Colons 00:60:2F:3A:07:BC

With Periods 0060.2F3A.07BC

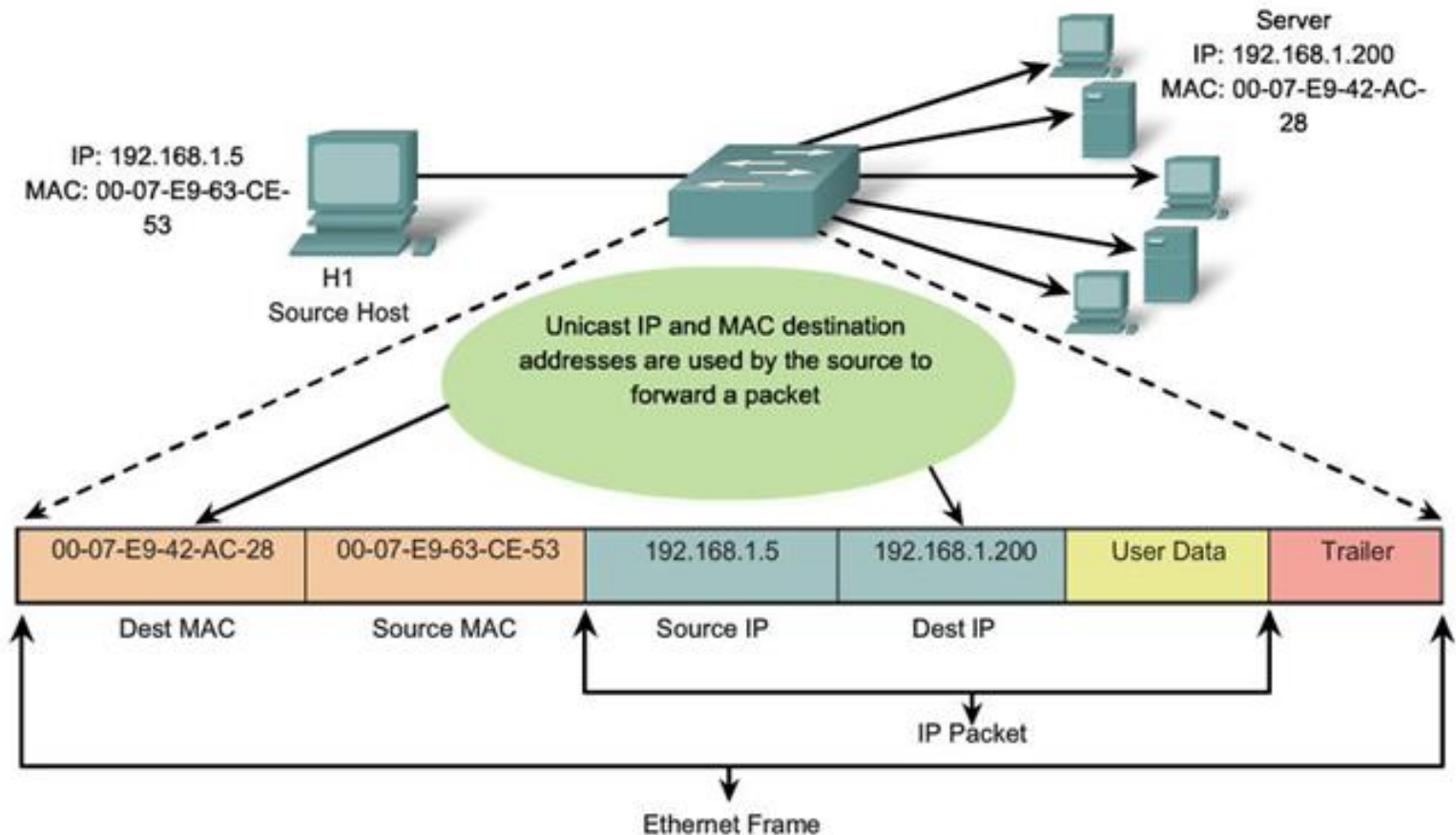
```
C:\>ipconfig/all
```

```
Ethernet adapter Local Area Connection:
```

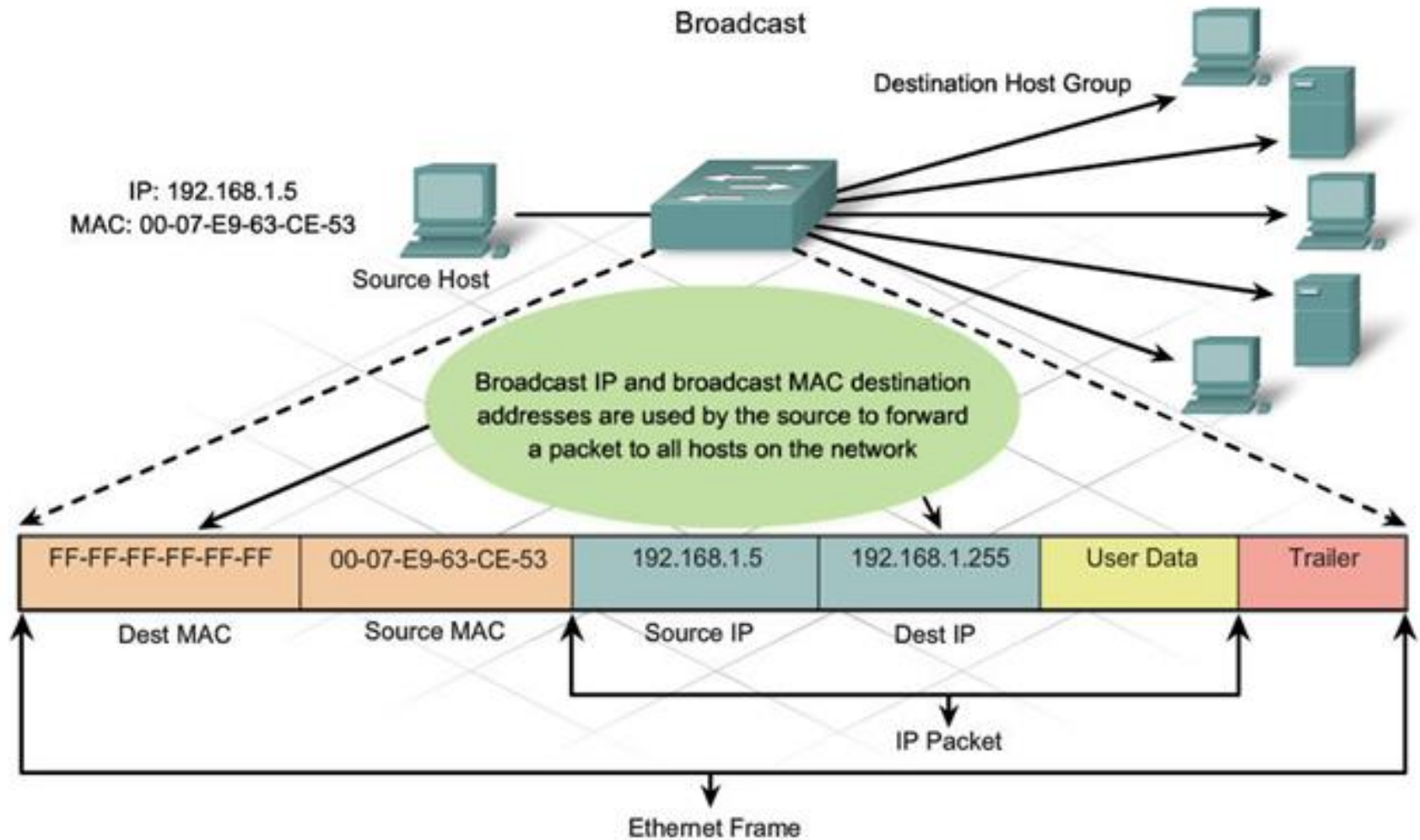
```
Connection-specific DNS Suffix  . : example.com
Description . . . . . : Intel(R) Gigabit Network Connection
Physical Address. . . . . : 00-21-CC-BA-44-C4
DHCP Enabled. . . . . : Yes
Autoconfiguration Enabled . . . . : Yes
IPv4 Address. . . . . : 192.168.1.67 (Preferred)
Subnet Mask . . . . . : 255.255.255.0
Lease Obtained. . . . . : Monday, November 26, 2012 12:14:48 PM
Lease Expires . . . . . : Saturday, December 01, 2012 12:15:02 AM
Default Gateway . . . . . : 192.168.1.254
DHCP Server . . . . . : 192.168.1.254
DNS Servers . . . . . : 192.168.1.254
```


Direcciones MAC Unicast

Unicast

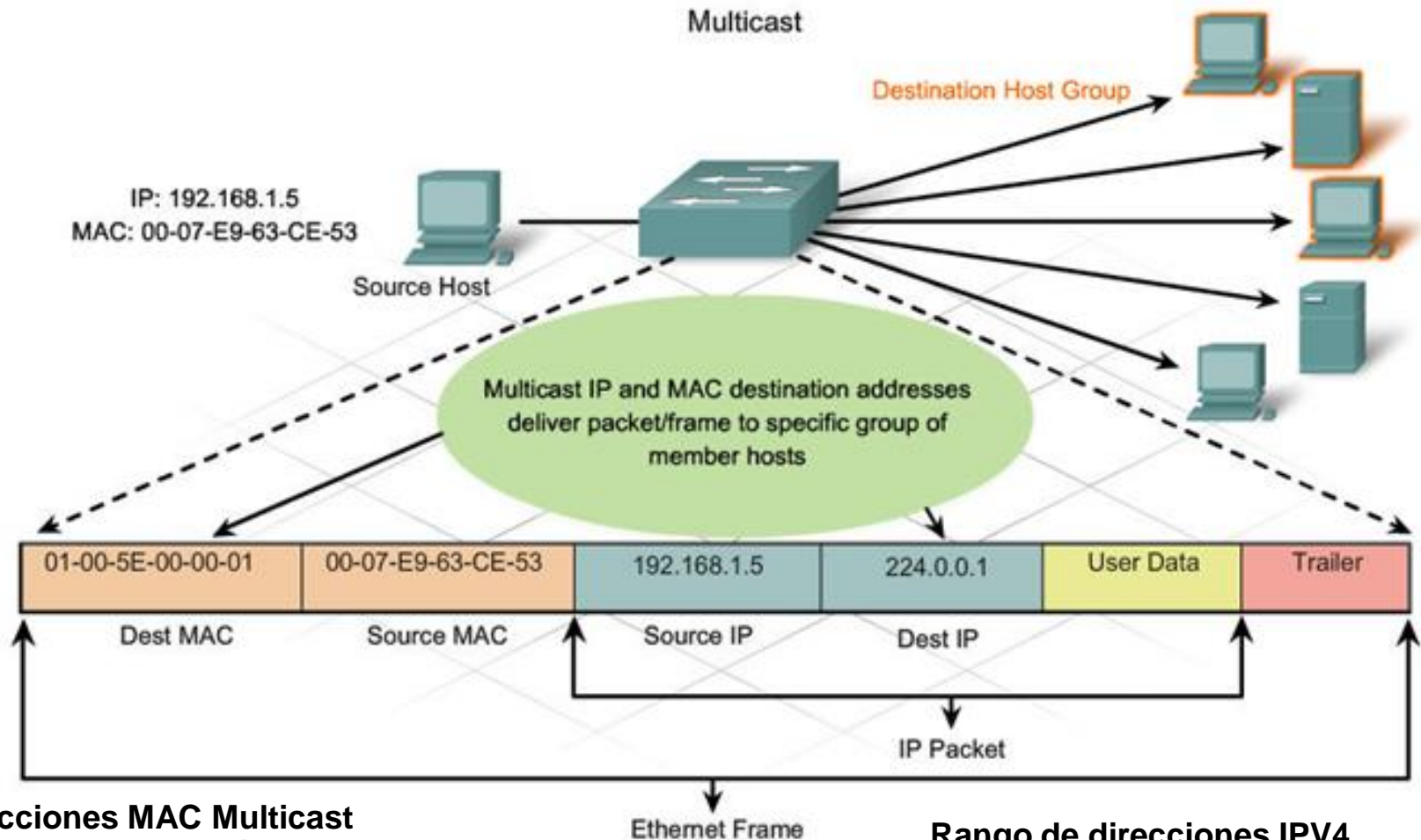


Direcciones MAC Broadcast



MAC Ethernet

Direcciones MAC Multicast



Direcciones MAC Multicast son un valor especial que comienza con 01-00-5E en hexadecimal

Rango de direcciones IPV4 multicast son de 224.0.0.0 a 239.255.255.255

Direcciones MAC

- Esta dirección no cambia
- Similar al nombre de una persona
- Conocida como direcciones físicas debido a que son físicamente asignadas a la NIC del host

Direcciones IP

- Similar a la dirección de una persona
- Basado en donde el host está actualmente localizado
- Conocido como una dirección lógica debido a que son lógicamente asignadas
- Asignada a cada host por un administrador de red

Las direcciones físicas MAC y lógicas IP son requeridas por un computador para comunicarse al igual que el nombre y dirección de una persona son necesarias para enviar una carta

Conectividad End-to-End, MAC e IP

Destination MAC Address BB:BB:BB:BB:BB:BB	Source MAC Address AA:AA:AA:AA:AA:AA	Source IP Address 10.0.0.1	Destination IP Address 192.168.1.5	Data	Trailer
--	---	-------------------------------	---------------------------------------	------	---------

A switch examines MAC addresses.

Destination MAC Address BB:BB:BB:BB:BB:BB	Source MAC Address AA:AA:AA:AA:AA:AA	Source IP Address 10.0.0.1	Destination IP Address 192.168.1.5	Data	Trailer
--	---	-------------------------------	---------------------------------------	------	---------

A router examines IP addresses

Introducción a ARP

Propósito de ARP

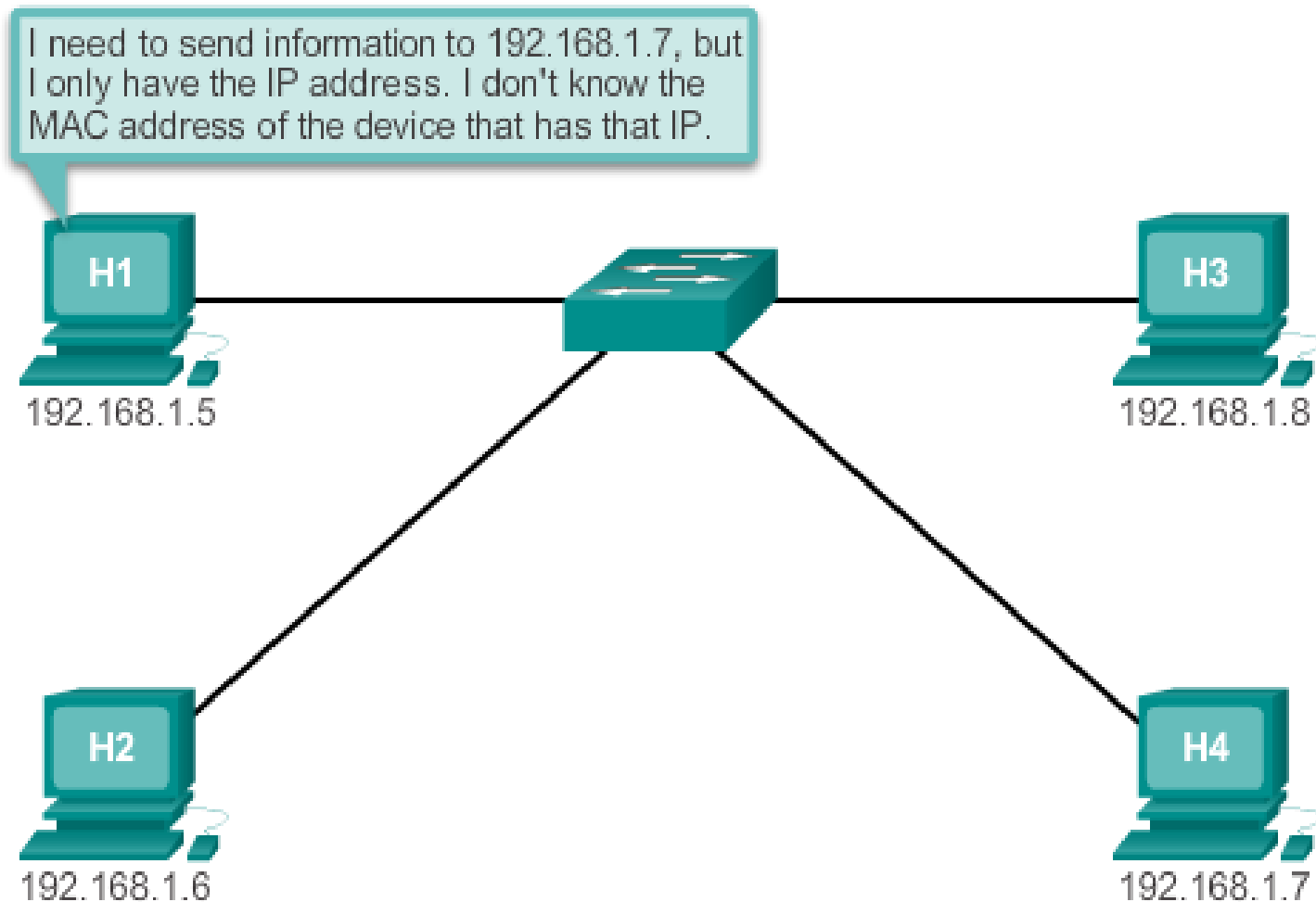
- Nodos emisores necesitan una manera de encontrar las direcciones MAC del destino para un enlace Ethernet dado

El protocolo ARP provee dos funciones básicas:

- Resolución de direcciones IPv4 a direcciones MAC
- Manteniendo una tabla de mapeo

ARP

Introducción a ARP



ARP Funciones/Operación

Tabla ARP –

- Usado para encontrar la dirección de capa de enlace de datos que es mapeada a la dirección destino IPv4
- Cuando un nodo recibe una trama desde el medio, registra la dirección IP origen y dirección MAC origen mapeando en la tabla ARP

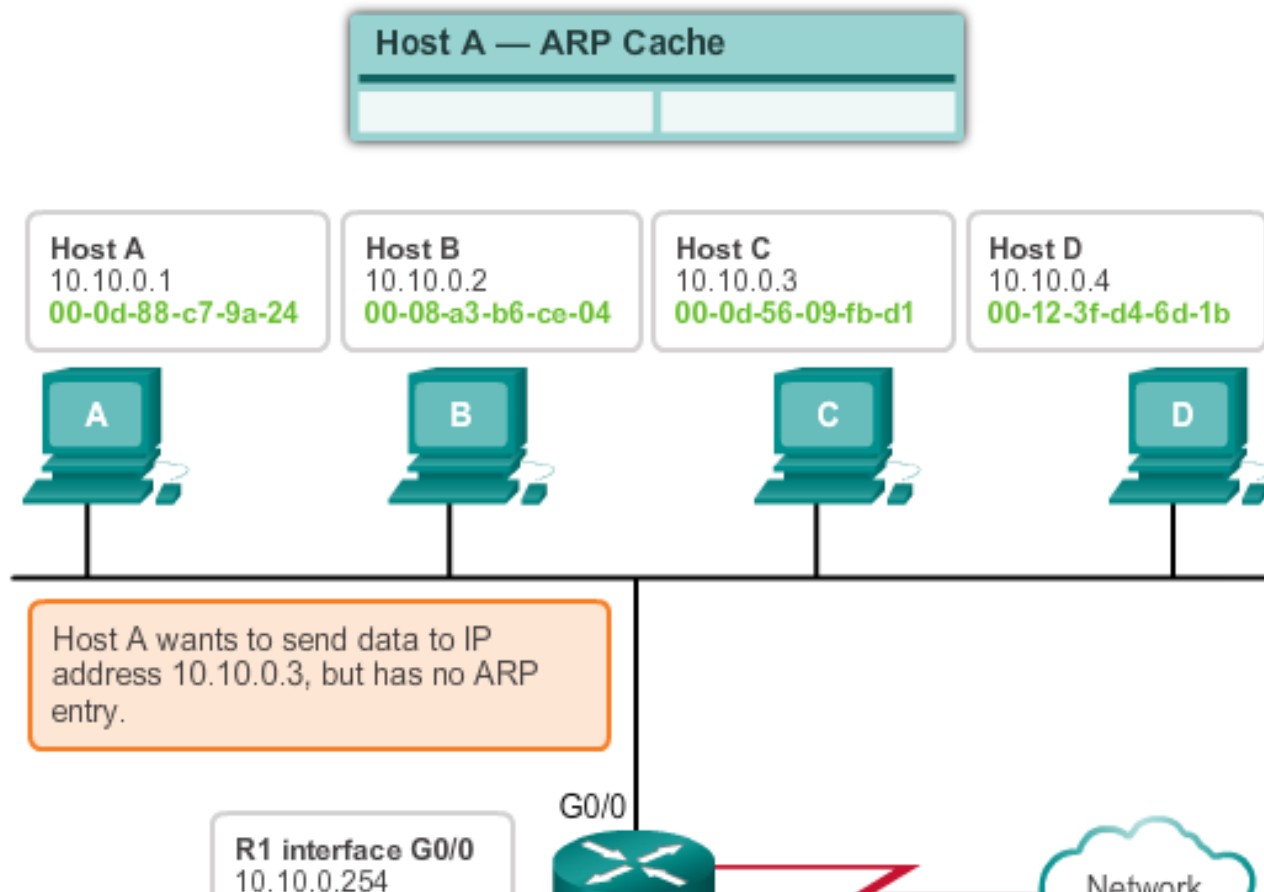
Solicitud ARP –

- Envía un broadcast de capa 2 a todos los dispositivos en la LAN Ethernet
- El nodo que coincide con la dirección IP responderá
- Si ningún dispositivo responde a la solicitud ARP, el paquete es descartado debido a que una trama no puede ser creada

Entradas de mapa estáticas pueden ser ingresadas en una tabla ARP, pero esto raramente se hace

ARP Funciones/Operación

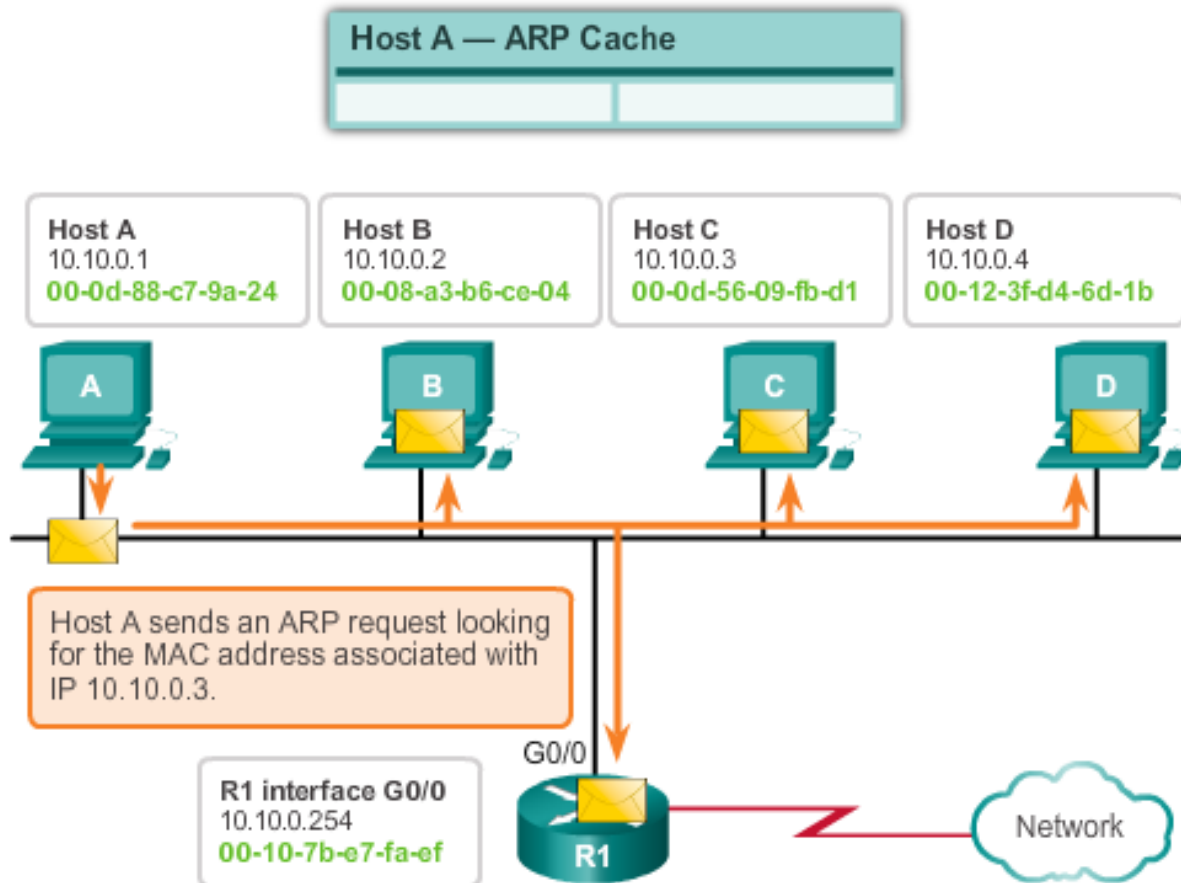
The ARP Process — Communicating Remotely



ARP

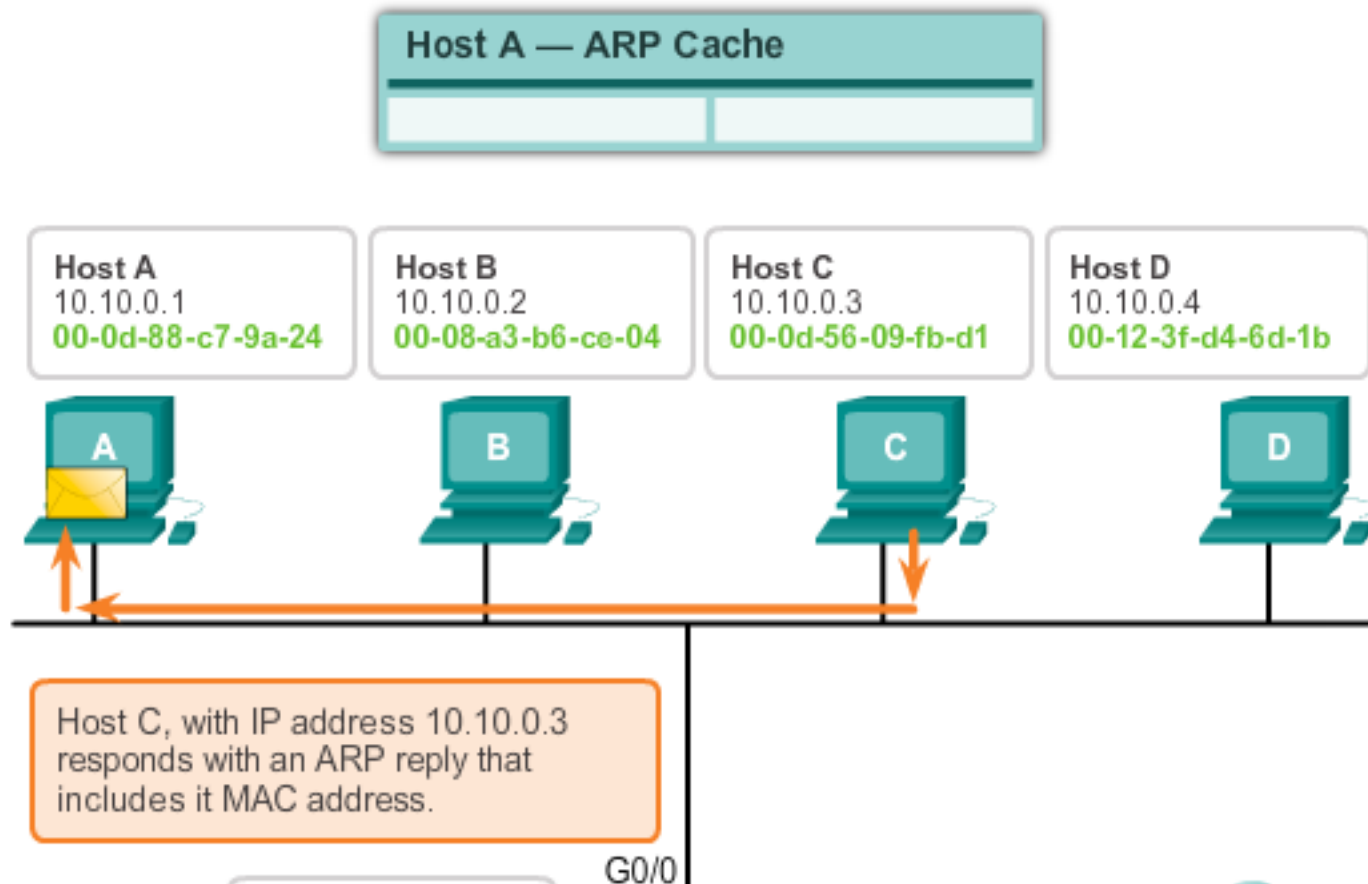
ARP Funciones/Operación

Broadcasting an ARP Request



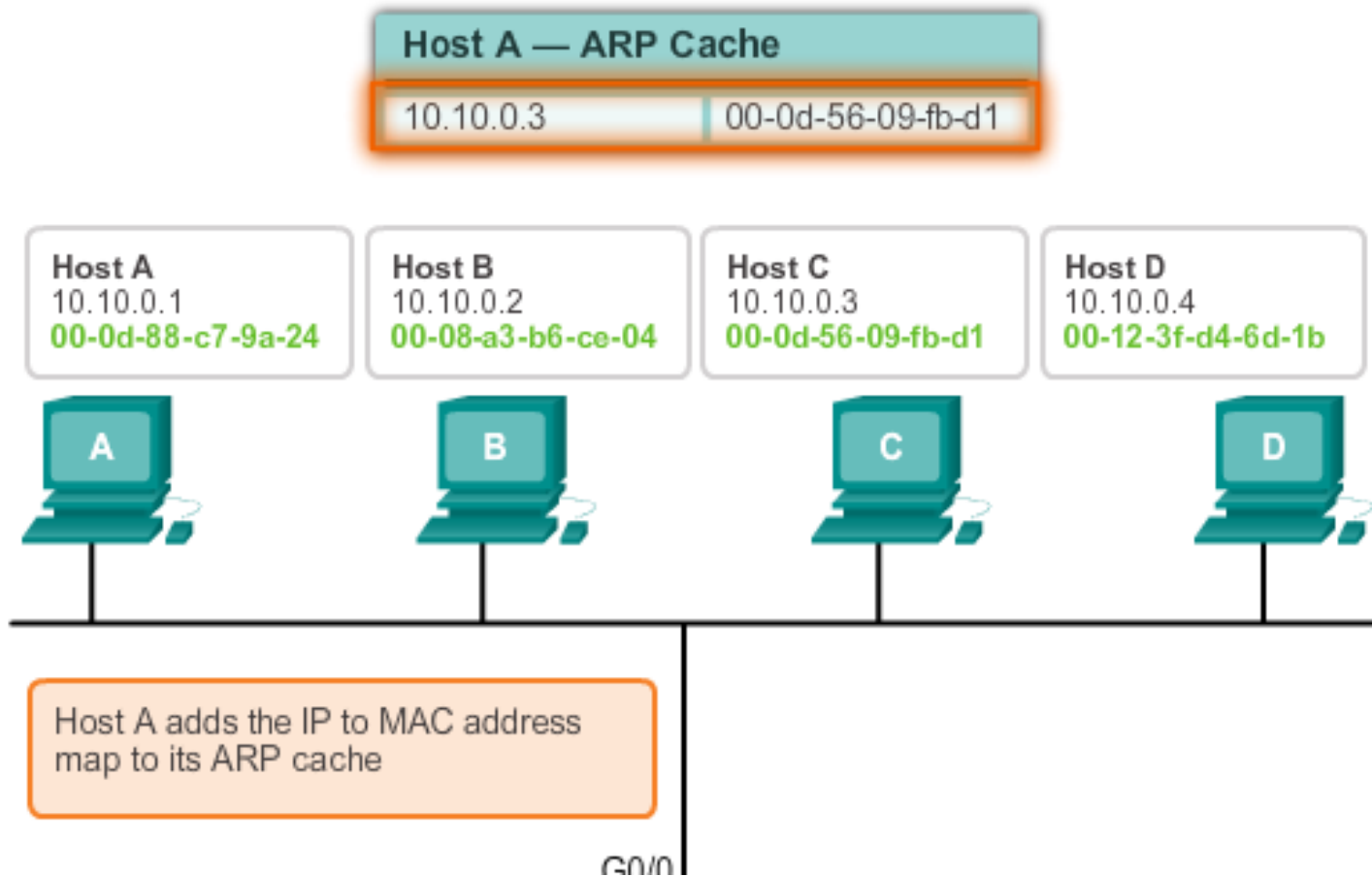
ARP Funciones/Operación

ARP Reply with MAC Information



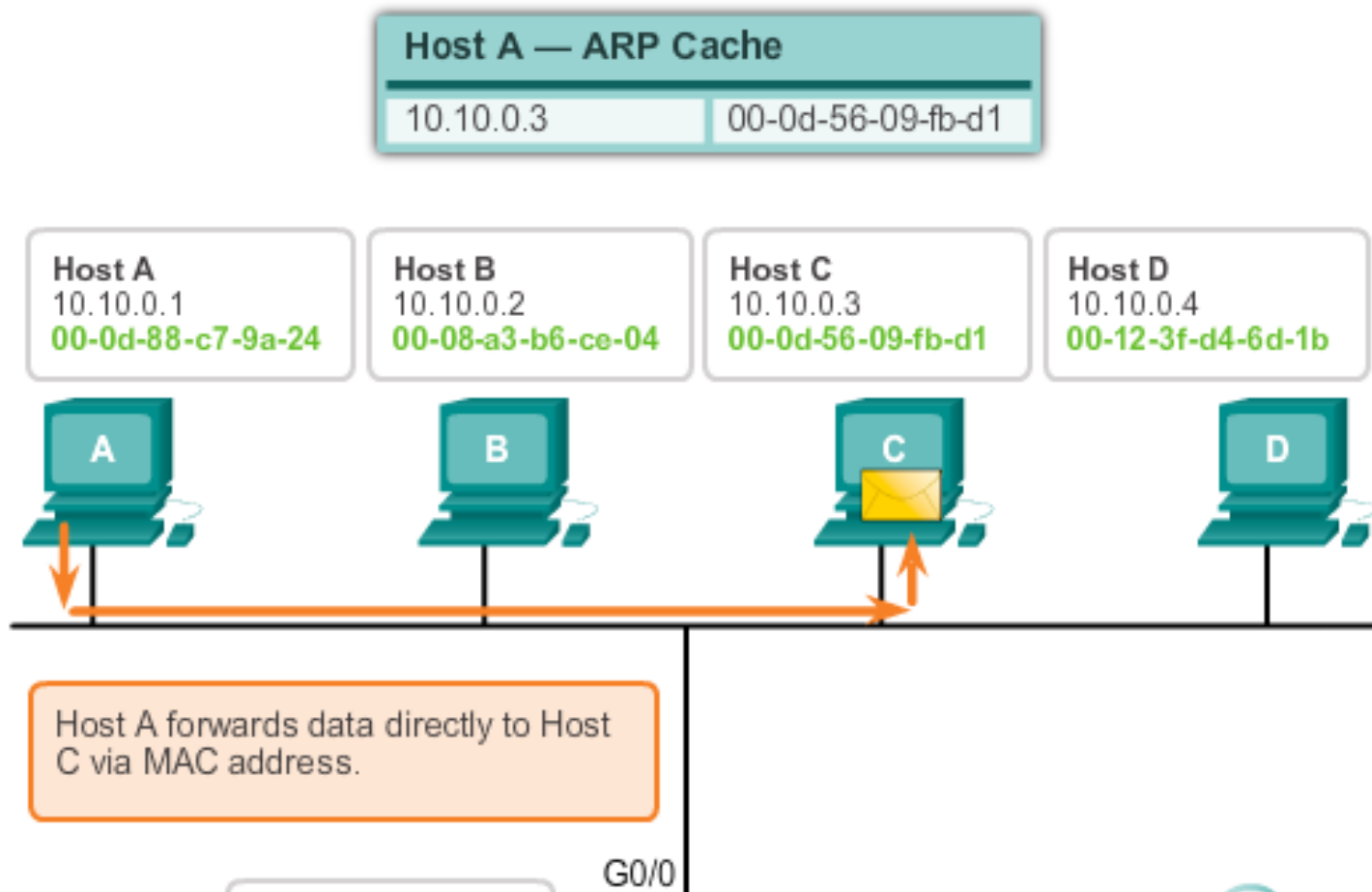
ARP Funciones/Operación

Adding MAC-to-IP Map in ARP Cache



ARP Funciones/Operación

Forwarding Data with MAC Address Information



Rol de ARP en comunicaciones remotas

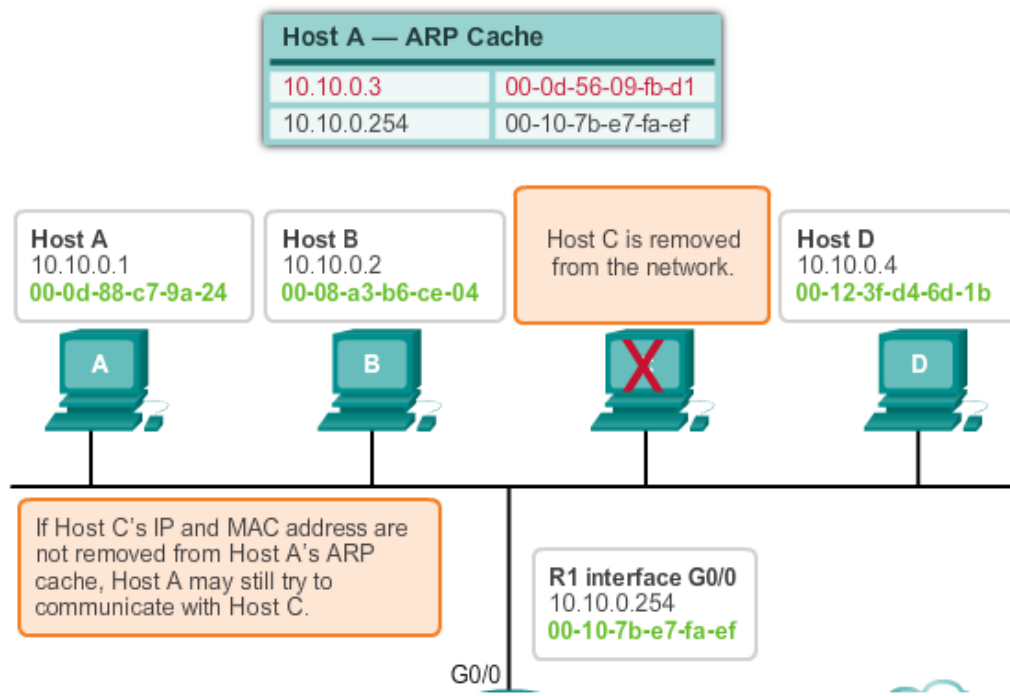
- Si el host destino IPv4 está en la red local, la trama usará la dirección MAC de este dispositivo como la dirección MAC destino
- Si el host destino IPv4 no está en la red local, el origen usa el proceso ARP para determinar una dirección MAC de la interfaz del router que está sirviendo como el gateway
- En el evento que la entrada del gateway no esté en la tabla, una solicitud ARP es usada para recuperar la dirección MAC asociada con la dirección IP de la interfaz del router

ARP

Removiendo entradas de una tabla ARP

- Un temporizador de cache ARP quita entradas ARP que no han sido usadas por un periodo de tiempo específico
- Comandos también se pueden usar para quitar manualmente todas o algunas de las entradas en la tabla ARP

Removing MAC-to-IP Address Mappings



ARP

Tablas ARP en dispositivos de Networking

```
Router#show ip arp
```

Protocol	Address	Age (min)	Hardware Addr	Type	Interface
Internet	172.16.233.229	-	0000.0c59.f892	ARPA	Ethernet0/0
Internet	172.16.233.218	-	0000.0c07.ac00	ARPA	Ethernet0/0
Internet	172.16.168.11	-	0000.0c63.1300	ARPA	Ethernet0/0
Internet	172.16.168.254	9	0000.0c36.6965	ARPA	Ethernet0/0

```
C:\>arp -a
```

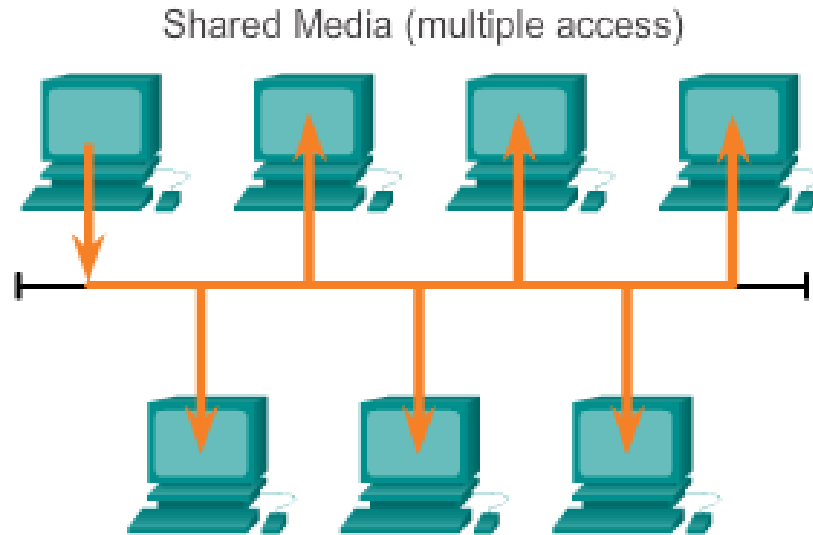
```
Interface: 192.168.1.67 --- 0xa
```

Internet Address	Physical Address	Type
192.168.1.254	64-0f-29-0d-36-91	dynamic
192.168.1.255	ff-ff-ff-ff-ff-ff	static
224.0.0.22	01-00-5e-00-00-16	static
224.0.0.251	01-00-5e-00-00-fb	static
224.0.0.252	01-00-5e-00-00-fc	static
255.255.255.255	ff-ff-ff-ff-ff-ff	static

Problemas de ARP

Como ARP puede crear problemas

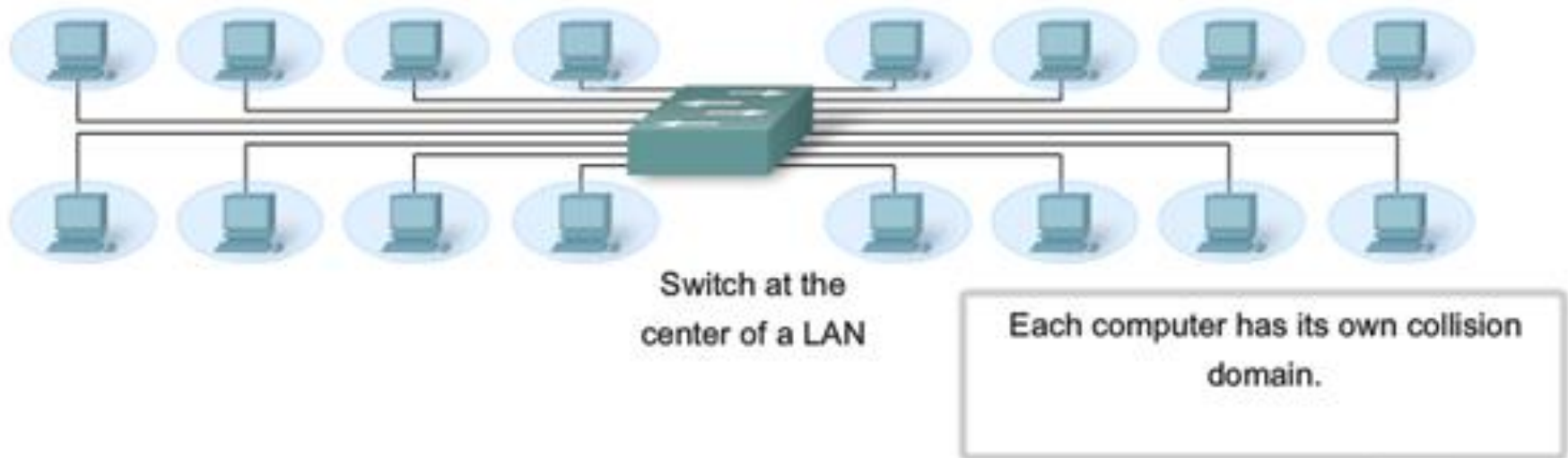
ARP broadcasts can flood the local media.



ARP Issues:

- Broadcasts, overhead on the media
- Security

Mitigando problemas de ARP



Control de Flujo

- Evitar que un recepto lento, sea saturado por un emisor

Parada y Espera (Se envía una trama y se espera la confirmación de esta)

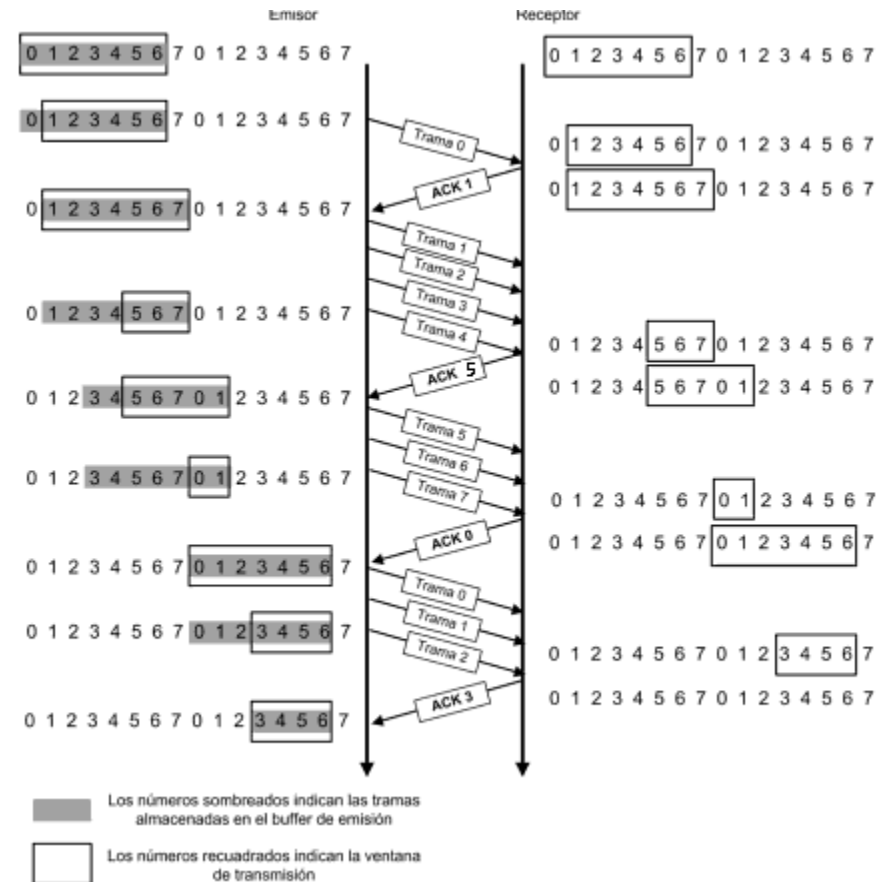
Ventana deslizante

Piggybacking(Incorporación)



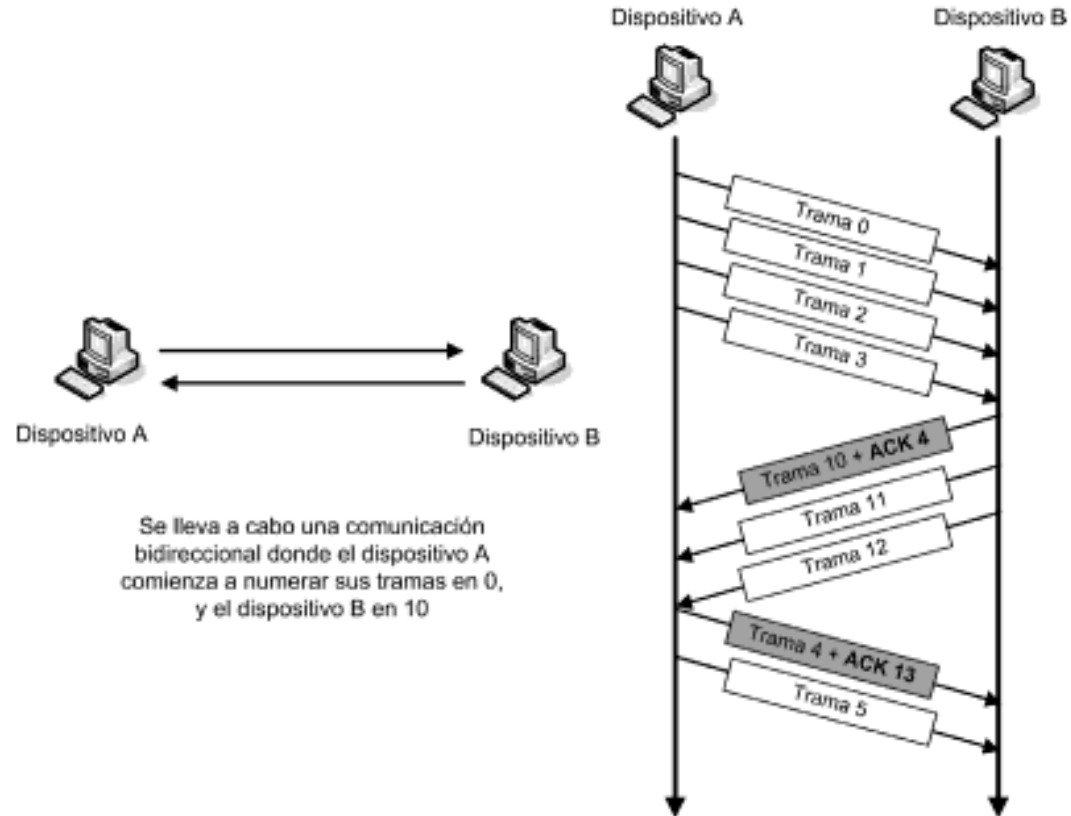
Ventana deslizante

- Emisor y receptor manejan un tamaño de buffer igual:
- Inicialmente el buffer del tx se llena con todas las tramas que alcanzan.
- Cuando llega al transmisor un recibido se expande hacia la derecha.
- El emisor va conservando en buffer los enviados hasta que tenga confirmaciones.
- El receptor solicita la siguiente trama a enviar de acuerdo a su procesamiento.



Piggybacking

- Espera el momento de envío de datos para realizar los acuses y la solicitud de nuevas tramas

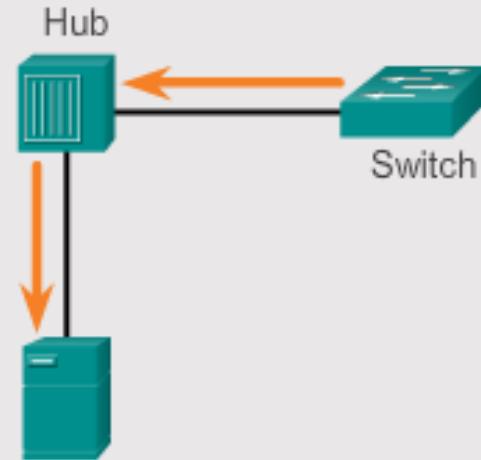


Switching

Configuración Duplex

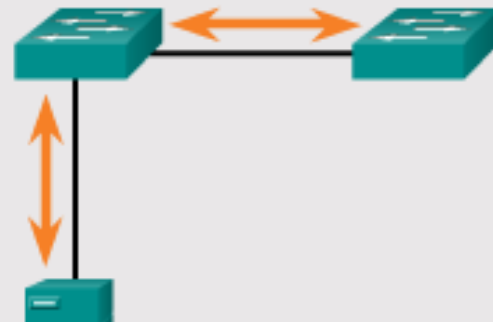
Half Duplex (CSMA/CD)

- Unidirectional data flow
- Higher potential for collision
- Hub connectivity



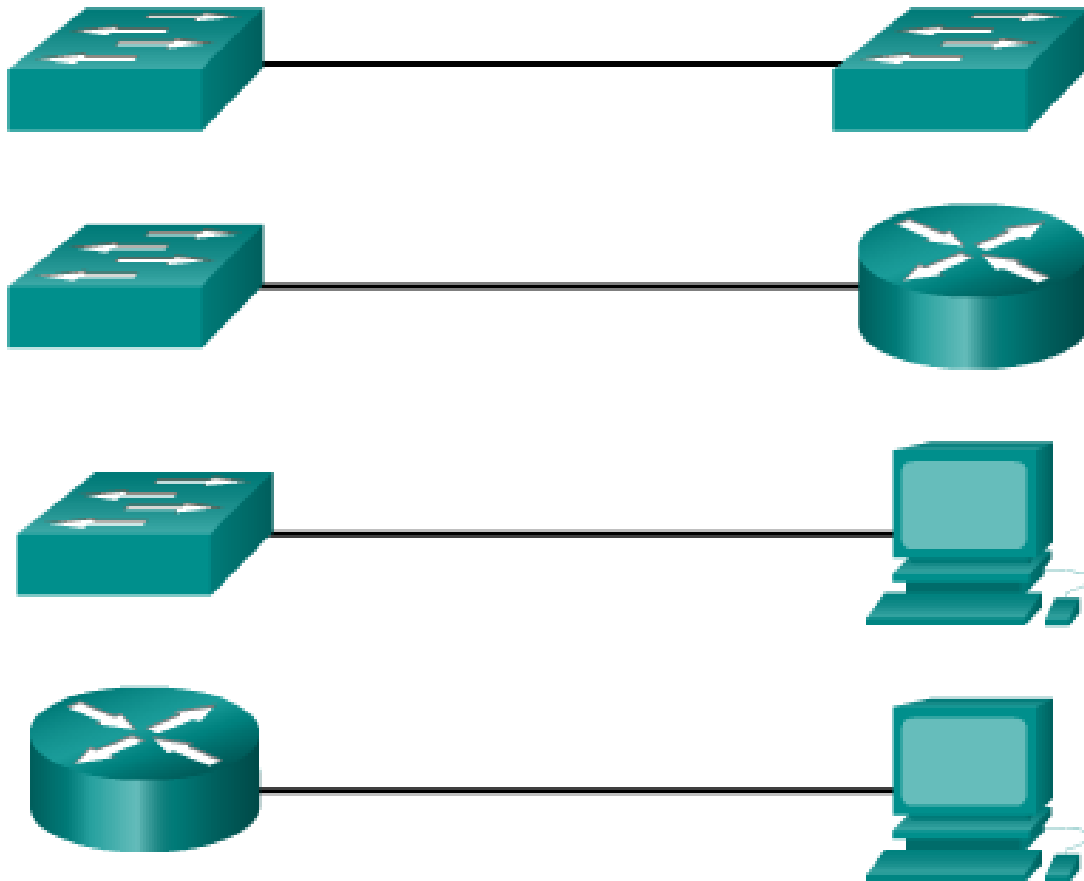
Full Duplex

- Point-to-point only
- Attached to dedicated switched port
- Requires full-duplex support on both ends
- Collision-free
- Collision detect circuit disabled



Switching Auto-MDIX

MDIX auto detects the type of connection required and configures the interface accordingly



Métodos de reenvío de tramas en Switches Cisco

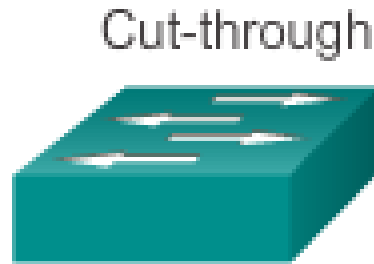
Store-and-forward



A store-and-forward switch receives the entire frame, and computes the CRC. If the CRC is valid, the switch looks up the destination address, which determines the outgoing interface. The frame is then forwarded out the correct port.

Switching

Cut-through Switching



A cut-through switch forwards the frame before it is entirely received. At a minimum, the destination address of the frame must be read before the frame can be forwarded.

Dos variantes:

Fast-forward switching:

- Nivel más bajo de latencia, inmediatamente reenvía un paquete después de leer la dirección destino.

Fragment-free switching:

- El Switch almacena los primeros 64 bytes de la trama antes del reenvío, muchos errores de red y colisiones ocurren durante los primeros 64 bytes

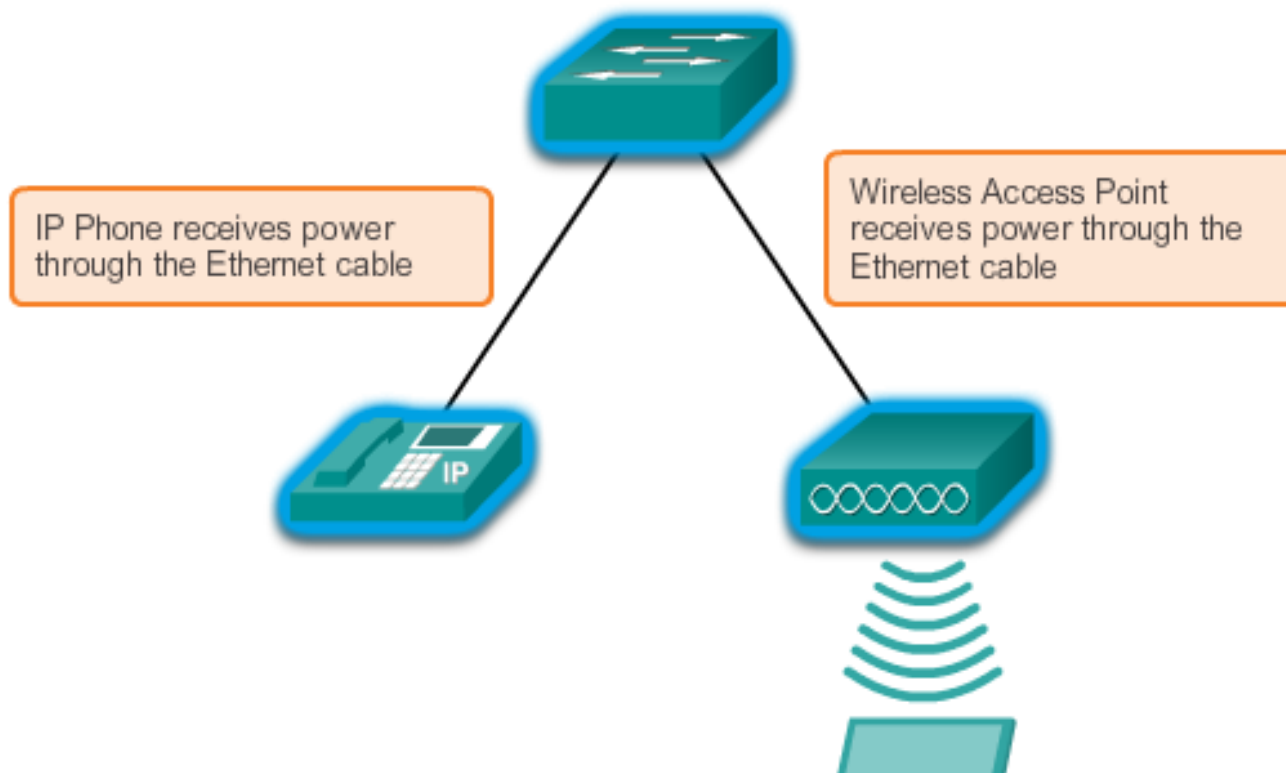
Buffering de Memoria en Switches

Port-based memory	In port-based memory buffering, frames are stored in queues that are linked to specific incoming and outgoing ports.
Shared memory	Shared memory buffering deposits all frames into a common memory buffer, which all the ports on the switch share.

Fijo o modular

Configuración Fijo versus Modular

Power over Ethernet (PoE)



Fijo o Modular

Configuración Fijo versus Modular

Switch Form Factors

Fixed Configuration Switches



Features and options are limited to those that originally come with the switch.

Modular Configuration Switches



The chassis accepts line cards that contain the ports.

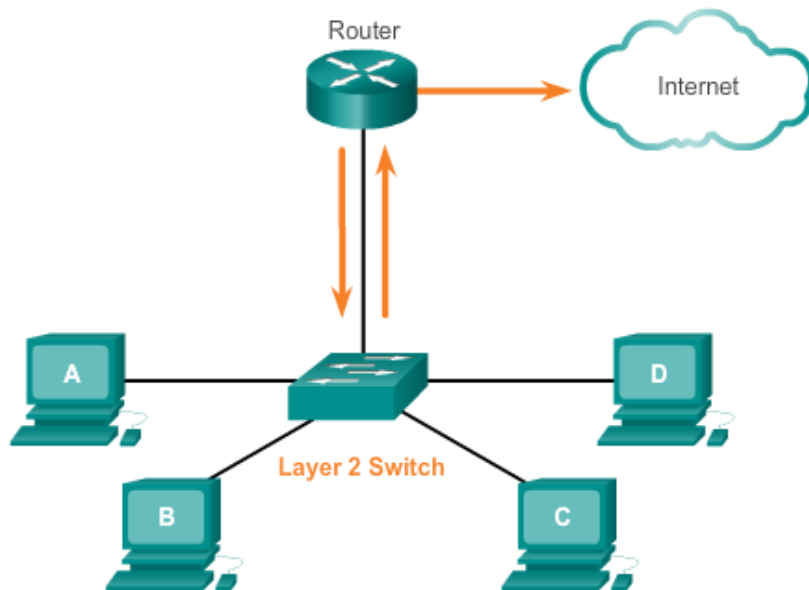
Stackable Configuration Switches



Switching de capa 3

Switching de capa 2 versus capa 3

Layer 2 Switching



Layer 3 Switching

