

4

EL PROTOCOLO ETHERNET



Objetivo

● Describir el protocolo Ethernet que define cómo se transmiten las tramas de datos a través de una red Ethernet.

Manual
de clases

Tema 4 de:

PROTOCOLOS DE INTERNET

Edison Coimbra G.

Última modificación:
26 de enero de 2023

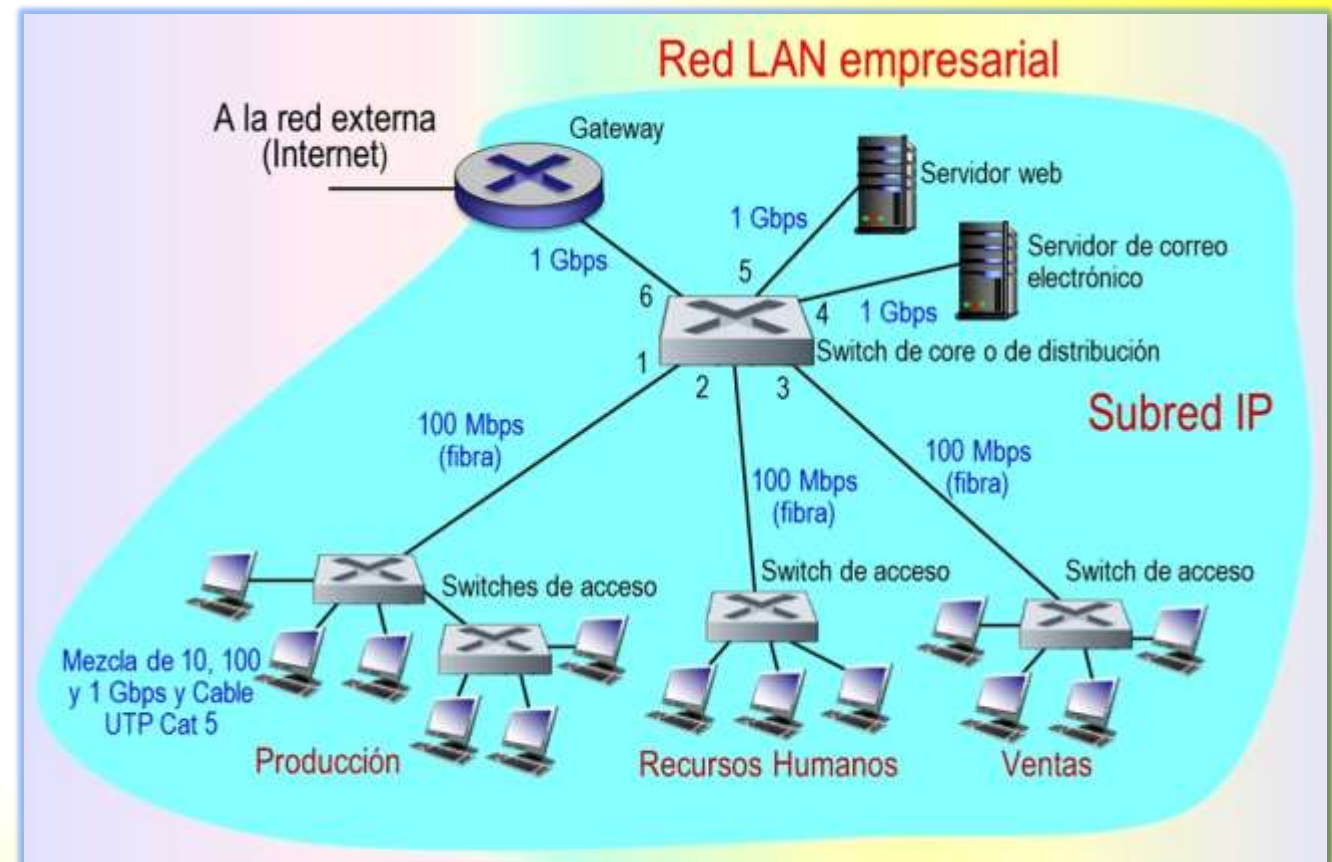
1. ASPECTOS GENERALES DE LAS REDES LAN

EL PROTOCOLO ETHERNET

Las redes LAN y el protocolo Ethernet

(Kurose, 2017)

- **La red LAN** (red de área local) es una red que consta de computadoras, servidores y dispositivos de red que están cerca unos de otros (dentro de un hogar, en las oficinas de una empresa en uno o más edificios, dentro de un campus).
- **Una LAN** cubre generalmente un área de unos pocos kilómetros cuadrados. Las tecnologías que utiliza son: **Ethernet** y **WiFi**.
- **Ethernet** es el estándar de protocolo de comunicación más común utilizado por las redes LAN existentes.
- **Ethernet** define los tipos de cables y los métodos de procesamientos de señales que se utilizan en la red, es decir definen como se transmiten las tramas de datos a través de una red Ethernet.
- **La comprensión de los protocolos** Ethernet es la base para la comprensión total de la comunicación en la capa de enlace.
- **Un switch Ethernet** es el dispositivo principal para implementar la comunicación en la capa de enlace. Es esencial entender cómo funciona el **switch Ethernet**.



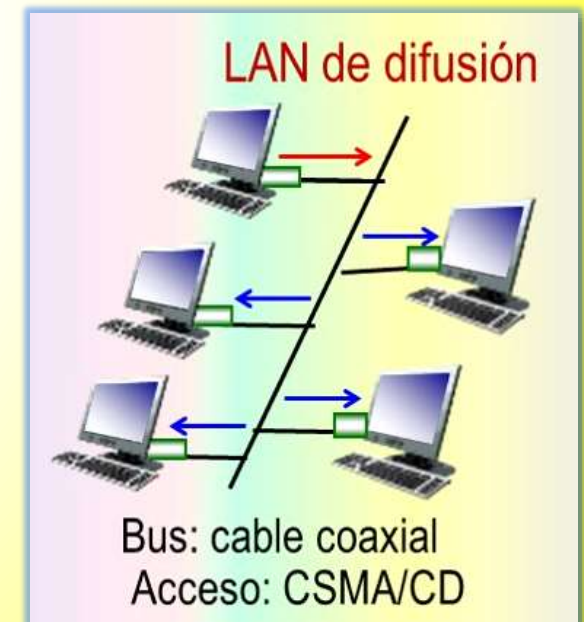
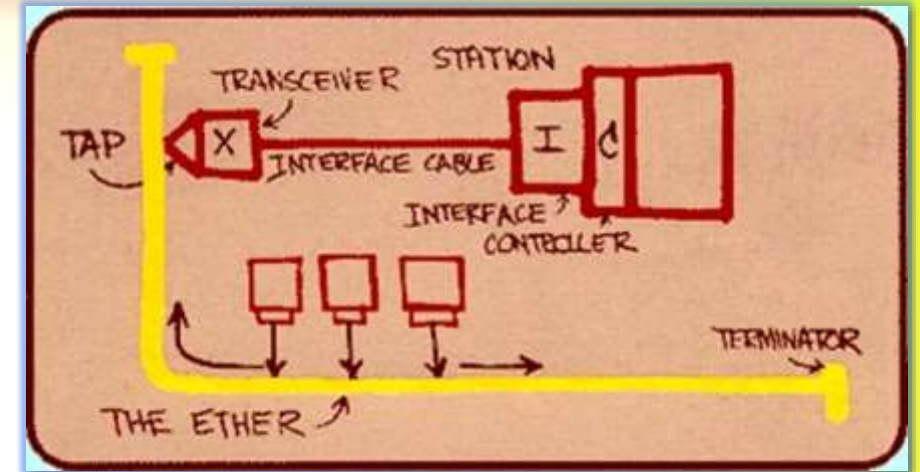
Aspectos generales de las redes LAN

EL PROTOCOLO ETHERNET

Primeras redes LAN Ethernet

(Kurose, 2017)

- **La LAN Ethernet** original fue inventada a mediados de la **década de 1970** por Bob Metcalfe y David Boggs. Utilizaba un bus coaxial para interconectar los hosts, los cuales se conectaban al bus a través de adaptadores.
- **Ethernet**, con esta topología de bus, es una **LAN de difusión** porque todas las tramas transmitidas viajan hasta todos los adaptadores conectados al bus y son procesadas en ellos.
- **El control** de acceso al medio se realiza con el protocolo de acceso múltiple **CSMA/CD** de Ethernet.
- **Ethernet** desde su aparición, a mediados de la década de **1970**, ha avanzado mucho en el mercado de las redes de área local LAN cableadas. En la década de **1980** y a principios de la década de **1990** se enfrentó a muchos de los desafíos de otras tecnologías LAN, como Token Ring, FDDI y ATM. Algunas de estas otras tecnologías tuvieron éxito y capturaron parte del mercado en las redes LAN durante unos pocos años.
- **Sin embargo**, Ethernet ha continuado evolucionando y creciendo y se ha mantenido en una posición dominante. Actualmente, es de lejos la tecnología para redes LAN cableadas predominante y, probablemente, se mantendrá ahí en el futuro. Puede decirse que **Ethernet ha sido a las redes LAN lo que Internet a las redes globales**.



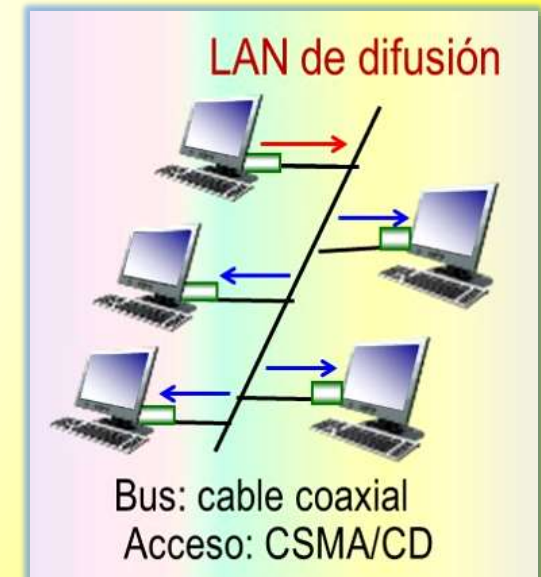
Aspectos generales de las redes LAN

EL PROTOCOLO ETHERNET

¿Por qué el éxito de Ethernet?

(Kurose, 2017)

- **Existen** muchas razones por la que Ethernet ha tenido éxito.
 - ▶ **En primer lugar**, fue la primera LAN de alta velocidad ampliamente implantada, por lo que los administradores de redes están extremadamente familiarizados con ella (conocen sus grandezas y su rarezas) y fueron reacios a cambiar a otras tecnologías LAN cuando entraron en escena.
 - ▶ **En segundo lugar**, Token Ring, FDDI y ATM eran mas complejas y caras que Ethernet, lo que desanimó a los administradores de redes a cambiar de tecnología.
 - ▶ **En tercer lugar**, la razón más determinante para cambiar a otra tecnología (como FDDI o ATM) era normalmente la más alta velocidad de datos que pudieran ofrecer; sin embargo, Ethernet siempre se defendió produciendo versiones que operaban a velocidades iguales o incluso mayores.
 - ▶ **Por ultimo**, dado que Ethernet ha sido tan popular, el hardware Ethernet (adaptadores y switches) ha llegado a ser de consumo masivo y notablemente barato.
- **El desarrollo tecnológico** de Ethernet está marcado por las siguientes fechas:
 - ☒ **Mediados de la década de 1970**: se inventó Ethernet con topología en bus (cable coaxial).
 - ☒ **Mediados de la década de 1990**: Ethernet con topología en bus fue reemplazada por la Ethernet basada en hub.
 - ☒ **Principios de la década del 2000**: se introdujo la Ethernet conmutada (con switch), lo que aumentó la tasa de datos efectiva.



2. REDES LAN ETHERNET BASADAS EN HUB

EL PROTOCOLO ETHERNET

Ethernet con una topología en estrella - Hub

(Kurose, 2017)

- **A finales** de la década de 1990 la mayor parte de las Empresas y Universidades habían reemplazado sus redes LAN por instalaciones Ethernet utilizando topologías en estrella basadas en hubs (concentradores).
- **En ese tipo** de instalaciones, los hosts y los routers están directamente conectados a un hub mediante un cable de cobre de **par trenzado**. Un hub es un dispositivo de la capa física que actúa sobre los bits individuales y no sobre las tramas.
- **Cuando un hub** recibe un bit, que representa un cero o un uno, por una de sus interfaces, simplemente vuelve a crear el bit, incrementa su intensidad de energía y lo retransmite a todas sus demás interfaces.
- **El hub** es un dispositivo de la capa física que proporciona un canal de transmisión compartido, similar al que proporciona el cable coaxial de la topología en bus, por lo que se puede modelar como un bus metálico.
- **Por tanto**, Ethernet con una topología de estrella basada en hub es también una red **LAN de difusión**. El conjunto de nodos conectados al mismo medio compartido (canal de transmisión) conforman un **dominio de difusión**.
 - ☒ **Todos los hosts** del mismo dominio de difusión reciben paquetes enviados por cualquiera de los nodos.



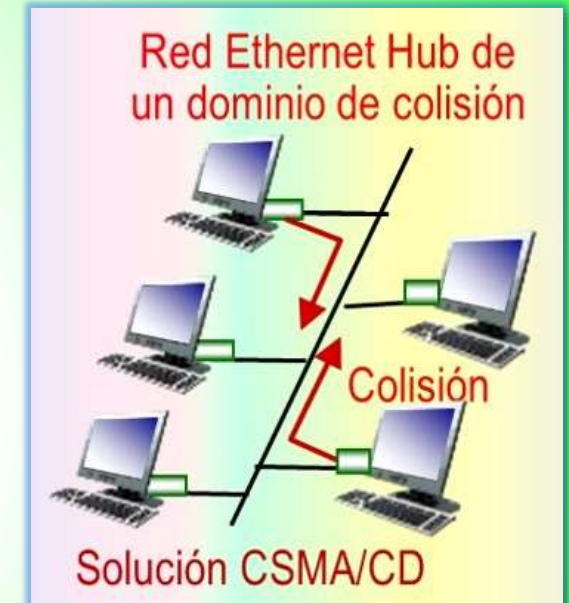
Redes LAN Ethernet basadas en Hub

EL PROTOCOLO ETHERNET

Red Ethernet Hub de un dominio de colisión

(Kurose, 2017)

- **Un hub** se modela como un bus metálico al cual se conectan los hosts con un cable de cobre de par trenzado. Es decir, los hosts se conectan al mismo medio compartido (canal de transmisión), por lo que comparten el ancho de banda del enlace y compiten por el derecho a utilizarlo. Como resultado, se produce una colisión.
- **En particular**, si un hub recibe tramas procedentes de dos interfaces distintas al mismo tiempo, se produce una colisión y los hosts que crean las tramas tendrán que retransmitirlas.
 - ✉ La **probabilidad** de que se produzca una colisión aumenta cuando se despliegan más nodos en un medio compartido. No se pueden limitar las colisiones a un ámbito determinado, lo cual restringe la mejora del rendimiento de la red.
- **Son redes** basadas en un mecanismo de **Control de Acceso al Medio (MAC)**. Conforman un **dominio de colisión**.



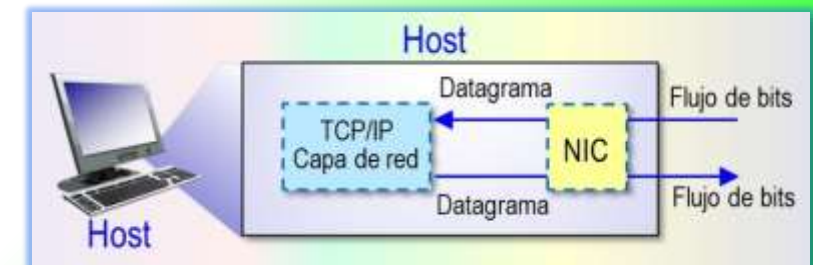
Redes LAN Ethernet basadas en Hub

EL PROTOCOLO ETHERNET

El Control de Acceso al Medio MAC

(Forouzan, 2020)

- **Para garantizar** que el canal de difusión realice un trabajo útil aun cuando haya múltiples hosts activos, es necesario coordinar las transmisiones de los hosts activos. Este trabajo es responsabilidad de los protocolos de control de acceso al medio MAC.
- **Específicamente**, hay dos reglas importantes de buena educación en la conversación que mantienen los seres humanos y que se adaptan a las redes de computadoras:
- **▶ Regla 1. Escuchar antes de hablar.** Si hay otra persona hablando, se espera a que haya terminado. En las redes, esto se denomina **acceso múltiple con sondeo de portadora (CSMA)**: cada host escucha el canal antes de transmitir. El proceso es el siguiente:
 - **▶1.** El adaptador NIC obtiene un datagrama de la capa de red, prepara una trama de enlace y la coloca en un buffer.
 - **▶2.** Si el adaptador NIC detecta que el canal está inactivo (es decir, no recibe intensidad de señal procedente del canal), comienza a transmitir la trama.
 - **✉ Si, por el contrario**, detecta que el canal está ocupado, esperará un intervalo de tiempo corto hasta comprobar que no hay intensidad de señal y luego comienza a transmitir la trama.



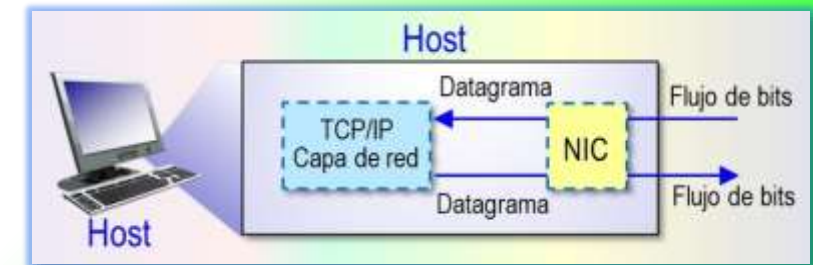
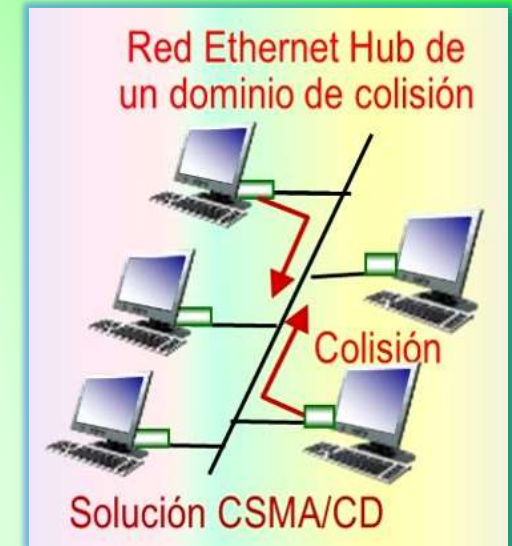
Redes LAN Ethernet basadas en Hub

EL PROTOCOLO ETHERNET

El Control de Acceso al Medio MAC (cont.)

(Forouzan, 2020)

- ▶ **Regla 2. Si alguien comienza a hablar al mismo tiempo, hay que dejar de hablar.** En las redes, esto se denomina **CSMA con detección de colisiones (CSMA/CD)**: un host que esté transmitiendo escuchará qué es lo que hay en el canal mientras dure la transmisión. El proceso es el siguiente:
 - ▶ **1. Mientras está transmitiendo**, el adaptador monitorea la presencia de señales provenientes de otros adaptadores que empleen el canal de difusión.
 - ▶ **2. Si el adaptador transmite la trama completa sin detectar ninguna señal procedente de otros adaptadores**, concluye que ha terminado su trabajo con esa trama.
 - ✉ Si, por el contrario, detecta intensidad de señal procedente de otros adaptadores mientras está transmitiendo, cancela la transmisión, es decir, deja de transmitir su trama.
 - ▶ **3. Después de abortar** la transmisión de la trama. El adaptador espera una cantidad de tiempo aleatoria y vuelve al paso 1 de la Regla1 (escuchar antes de hablar).
- ▶ **En resumen**, cuando dos hosts experimentan una colisión mientras están transmitiendo, dejan de transmitir y esperan una cantidad de tiempo antes de repetir el ciclo de detectar y transmitir si no hay actividad. Si el tiempo de espera fuera fijo, continuarían colisionando. Este problema lo soluciona el **algoritmo de backoff exponencial binario**.

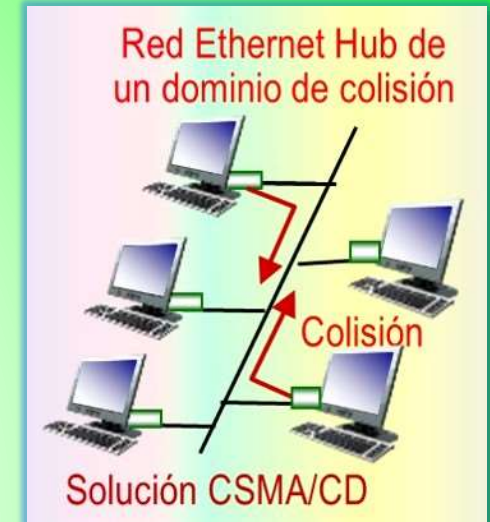


Redes LAN Ethernet basadas en Hub

EL PROTOCOLO ETHERNET

El algoritmo de *backoff* exponencial binario (Forouzan, 2020)

- ▶ **El algoritmo Backoff** determina que el host que ya ha experimentado n colisiones podrá elegir un valor de k de forma aleatoria del conjunto $(0, 1, 2, 3, \dots, 2^n - 1)$. Así, cuantas más colisiones experimenta una trama, mayor será el intervalo del que se seleccione k .
- ▶ **El periodo de tiempo** real que un host espera es $K \times 512$ periodos de bits (es decir, K veces la cantidad de tiempo necesaria para enviar 512 bits en Ethernet) y el valor máximo que n puede tomar se establece en 10.
- ▶ **Ejemplo 1.** Suponga que un host transmite una trama por primera vez, y durante la transmisión detecta una colisión ($n = 1$), entonces deja de transmitir y elige aleatoriamente y con la misma probabilidad un valor de K del conjunto $(0, 1)$.
 - ☒ Si el host elige $K=0$, entonces comienza de forma inmediata a detectar el canal, y si no detecta actividad en el canal comienza a transmitir.
 - ☒ Si el host elige $K=1$, espera 512 periodos de bit (es decir $5,12 \mu s$ en el caso de Ethernet a 100 Mbps) antes de iniciar el ciclo de detección y transmisión cuando el canal esté inactivo. ¿Cuánto esperará en el caso de Ethernet a 10 Mbps?
- ▶ **Observe** que cada vez que un host prepara una nueva trama para transmitir, ejecuta el algoritmo CSMA/CD, sin tener en cuenta las colisiones que hayan tenido lugar. Por tanto, es posible que un host con una nueva trama sea capaz de llevar a cabo una transmisión con éxito de forma inmediata, mientras que otros hosts se encuentran en el estado de *backoff* exponencial.



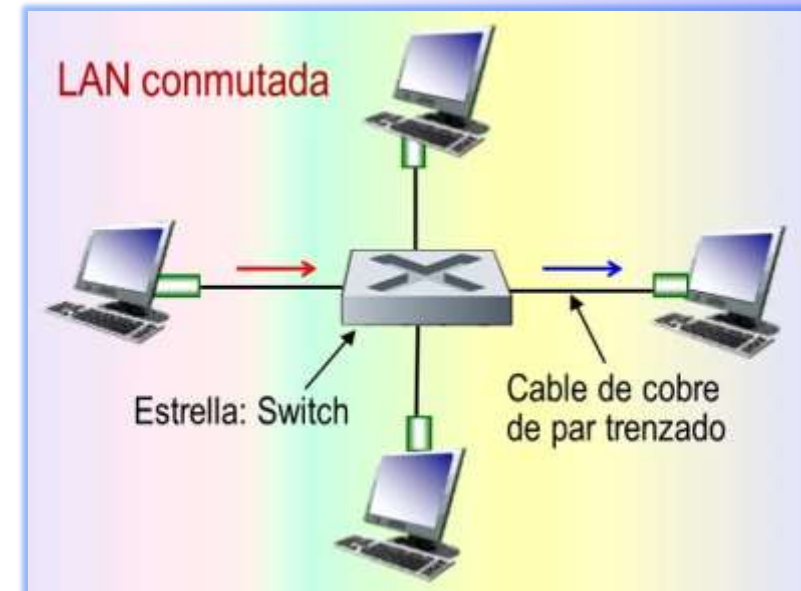
3. REDES LAN ETHERNET BASADAS EN SWITCH

EL PROTOCOLO ETHERNET

Ethernet con una topología en estrella - Switch

(Kurose, 2017)

- **A principios** de la década del 2000, Ethernet experimentó un cambio evolutivo aún mayor. Las instalaciones Ethernet continuaron utilizando una topología en estrella, pero el hub central fue reemplazado por un **switch** (conmutador).
- **Un switch** no es solo un dispositivo “sin colisiones”, sino que también lleva a cabo la conmutación de paquetes (tramas) mediante un almacenamiento y reenvío de buena fe; pero, a diferencia de los routers que operan hasta la capa 3, un switch opera solo hasta la capa 2.
- **Sin embargo**, a medida que las redes de computadoras se expanden y emergen más servicios en las redes, se necesita incrementar el tráfico entre redes LAN.
- **Los router** no pueden adaptarse a esta tendencia de desarrollo debido a sus altos costos, bajo rendimiento de reenvío y pequeñas cantidades de interfaces, por lo que se requieren nuevos dispositivos capaces de reenvío de alta velocidad de capa 3, tales son los **switches de capa 3**, que serán descritos junto con las LAN virtuales (VLAN).



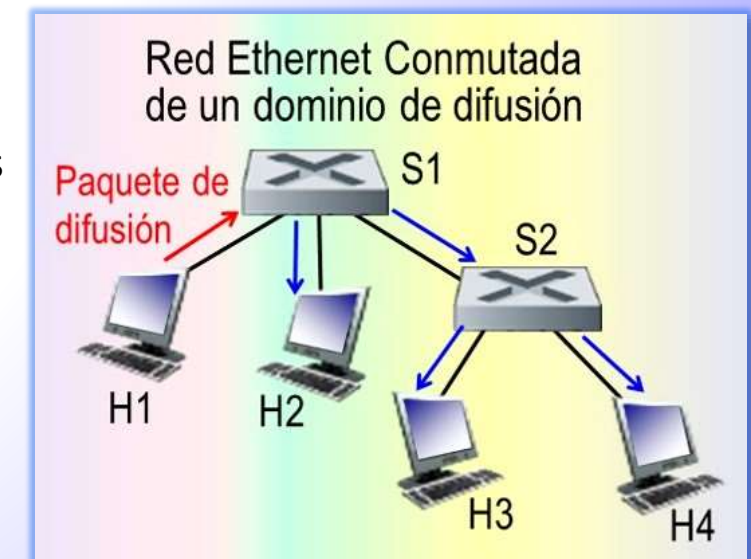
Redes LAN Ethernet basadas en Switch

EL PROTOCOLO ETHERNET

Dominios de colisión y de difusión

(Kurose, 2017)

- ▶ **El dominio de colisión.** En una red Ethernet basada en Switch (conmutada), las interfaces del switch son independientes entre sí y pertenecen a diferentes dominios de colisión. Por lo tanto **no se producen colisiones** entre host conectados a través de las interfaces del switch.
 - ✉ Los switches ayudan a mejorar el rendimiento de Ethernet y han reemplazado a los concentradores como dispositivos de Ethernet principales. Sin embargo, los switches no restringen el tráfico de difusión en Ethernet. Esto afecta al rendimiento de Ethernet.
- ▶ **El dominio de difusión (Broadcast).** En una red Ethernet conmutada, un switch reenvía paquetes de difusión a todas las interfaces. Por lo tanto, los nodos conectados a todas las interfaces del switch pertenecen al mismo **dominio de difusión**.
 - ✉ Todos los hosts del mismo dominio de difusión reciben paquetes unicast, multicast o broadcast enviados por uno de los host, para ello, se requiere que cada adaptador de host y de router tenga una identificación o dirección física.



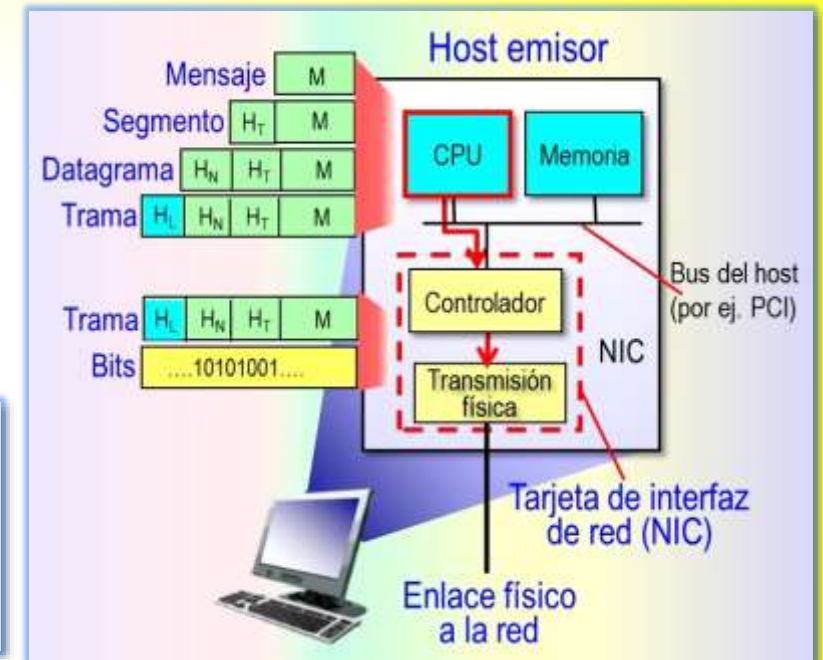
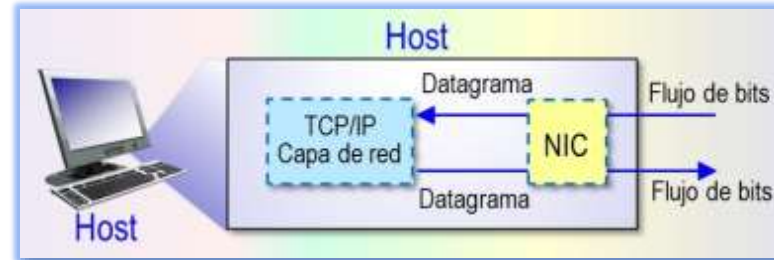
4. SISTEMA DE DIRECCIONES MAC

EL PROTOCOLO ETHERNET

¿Cómo se conectan los dispositivos a la red?

(Huawei, 2020)

- **Normalmente**, un host dispone de un único enlace físico a la red; cuando el protocolo IP del host desea enviar un datagrama, lo hace a través de este enlace. El límite entre el host y el enlace físico se denomina **interfaz**.
- **Una tarjeta de interfaz de red NIC** (o adaptador de red o puerto de red) es un componente clave que conecta un dispositivo de red (PC, switch o router) a una red de computadoras.
- **Para el control** de acceso a los medios, cada NIC debe tener una dirección de red globalmente única que la identifique, llamada **dirección MAC**.



- **Una dirección MAC** se define y estandariza en el IEEE 802, que indica la posición de un dispositivo de red.
- **La dirección MAC** tiene **48 bits** de longitud.

¿Qué es una Dirección MAC?

Tengo una Dirección cuando salgo de la fábrica

Nombre: NIC 

Dirección MAC/Ethernet
Dirección física



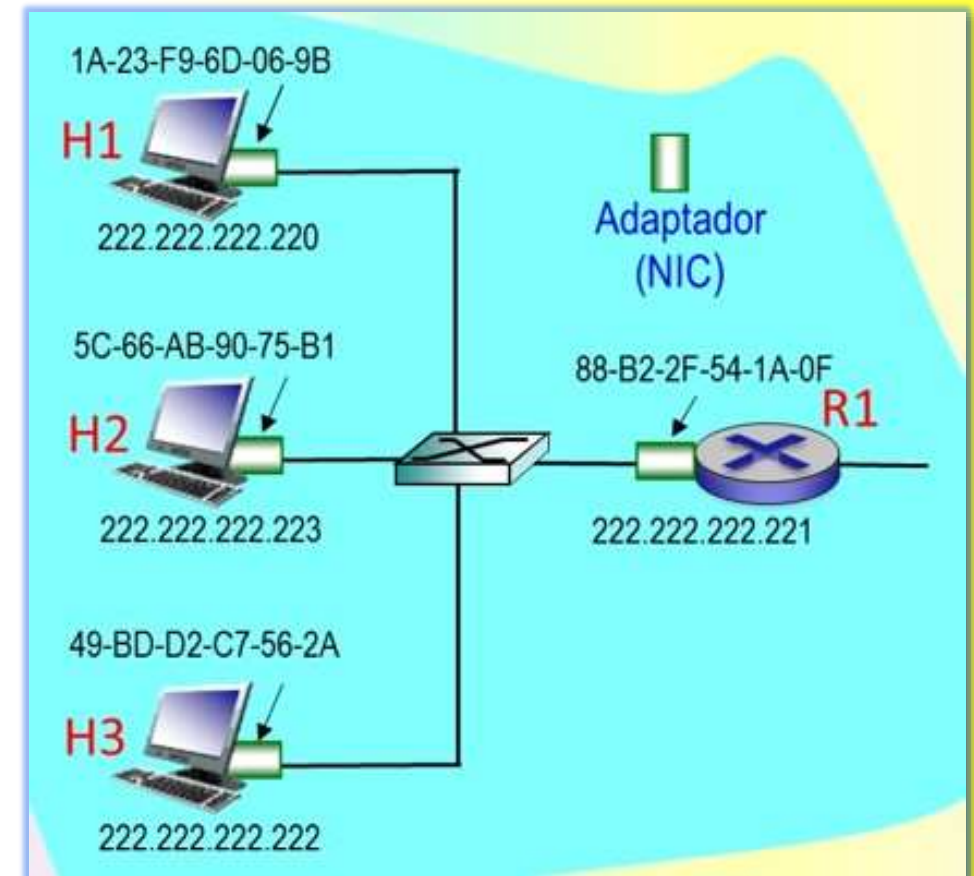
Dirección MAC

Cada NIC tiene un número, es decir, una dirección MAC para identificarse, así como cada persona tiene un número de carnet de identidad para identificarse.

Direcciones MAC de la capa de enlace

(Kurose, 2017)

- ▶ **Ejemplo 2.** Las hosts y los routers tienen direcciones IP de la capa de red, pero también tienen direcciones MAC de la capa de enlace, ¿por qué?
 - ✉ En realidad, no son los hosts ni los routers los que tienen asignadas direcciones MAC, sino que las direcciones se asignan a sus adaptadores (es decir, a sus interfaces de red).
 - ✉ Un host o un router tendrá asociadas direcciones MAC, igual que tendrán asociadas direcciones IP.
- **Es importante** observar que los switches no tienen direcciones MAC asociadas con sus interfaces que se conectan a los hosts y a los routers.
 - ✉ Esto es así porque el trabajo de un switch es transportar datagramas entre hosts y routers; sin que el host o el router tengan que dirigir la trama explícitamente hacia el switch intermedio.



Sistema de direcciones MAC

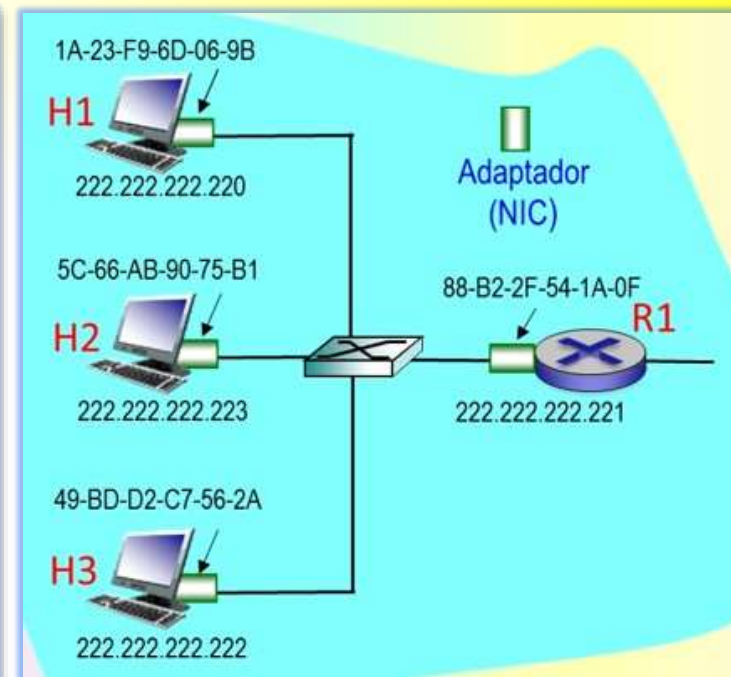
EL PROTOCOLO ETHERNET

Administración de las direcciones MAC

(Kurose, 2017)

- **A las direcciones** de la capa de enlace se las denomina de diversas formas, como **dirección LAN**, **dirección física** o **dirección MAC** (MAC: Control de Acceso al Medio), siendo este último nombre el más utilizado.
- **En las redes LAN**, la dirección MAC tiene 6 bytes (**48 bits**) de longitud, lo que da 2^{48} posibles direcciones MAC, expresadas en **notación hexadecimal**, en parejas de números.
- **Se diseñaron** para ser permanentes. El **IEEE** se encarga de gestionar el espacio de direcciones MAC. Cuando una empresa quiere fabricar adaptadores, compra una parte del espacio de direcciones.
 - ▶ **Los primeros 24 bits** de la dirección MAC son asignados por el IEEE.
 - ▶ **Los últimos 24 bits** de la dirección MAC son utilizados por la empresa para diseñar combinaciones únicas para cada adaptador que fabrique.
- **La dirección MAC** de un adaptador tiene una estructura plana y nunca varía. Una PC con una tarjeta Ethernet siempre tendrá la **misma dirección MAC**, independientemente de dónde se utilice la PC. Un smartphone con una interfaz 802.11 tendrá siempre también la misma dirección MAC independientemente de donde se lo lleve.

Decimal	Binario	Hexadecimal
0	0000	0
1	0001	1
2	0010	2
3	0011	3
4	0100	4
5	0101	5
6	0110	6
7	0111	7
8	1000	8
9	1001	9
10	1010	A
11	1011	B
12	1100	C
13	1101	D
14	1110	E
15	1111	F



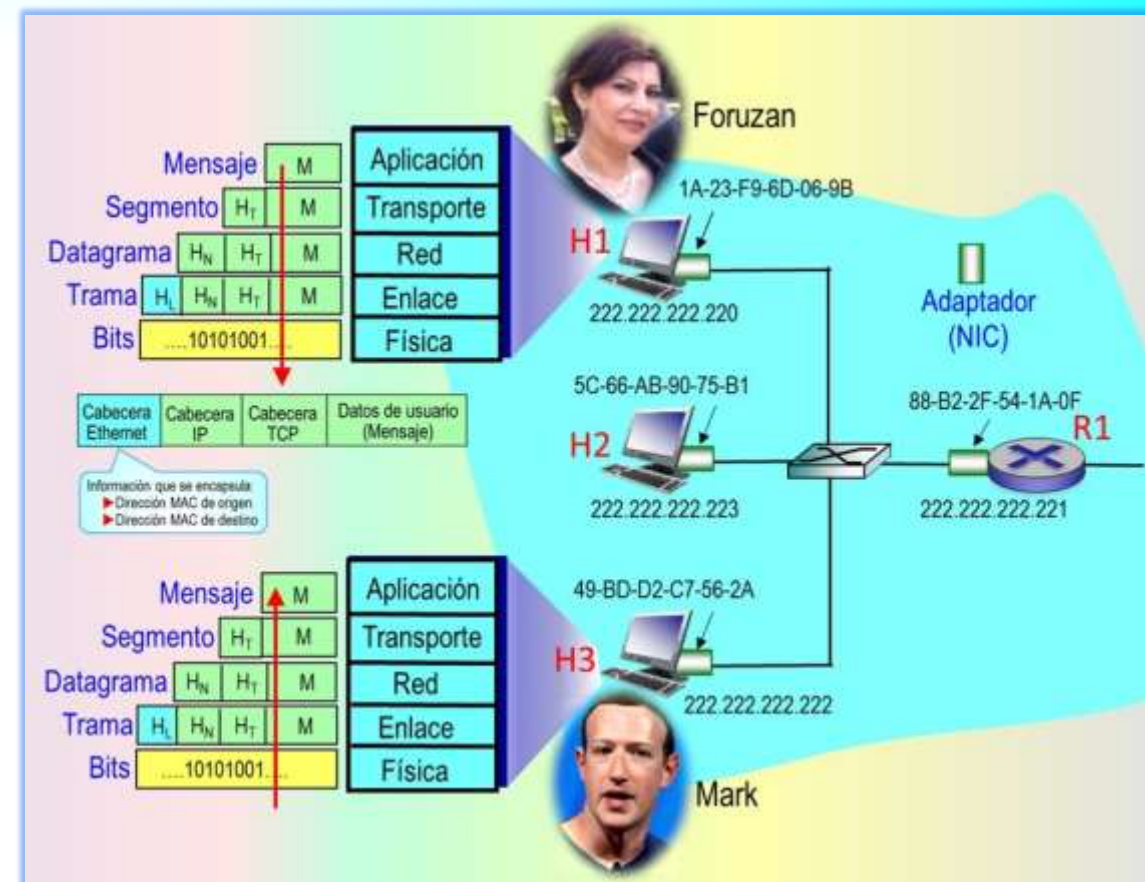
5. ESTRUCTURA DE LA TRAMA ETHERNET

EL PROTOCOLO ETHERNET

¿Cómo se genera la trama Ethernet?

(Kurose, 2017)

- **Ethernet** es el estándar de protocolo de comunicación más común utilizado por las redes LAN existentes. Define los métodos de procesamientos de señales que se utilizan en la red y los tipos de cables, es decir definen como se transmiten las tramas de datos a través de una red Ethernet.
- **La trama Ethernet** es la unidad de datos que se transmite entre los nodos de la red Ethernet.
- **Ejemplo 2.** Se puede aprender mucho acerca de Ethernet examinando la trama que utiliza (ver Figura).
 - **Considere** el envío de un datagrama IP desde el **Host H1** (Foruzan) hasta el **H3** (Mark), estando ambos en la misma red LAN Ethernet. La carga útil o datos de usuario de la trama es un datagrama IP.
 - **El adaptador** de origen **H1** tiene la dirección **MAC1** y el adaptador de destino **H3** tiene la dirección **MAC3**.
 - **El adaptador de origen H1** encapsula los datos de usuario dentro de una trama Ethernet y pasa dicha trama a la capa física.
 - **El adaptador de destino H3** recibe la trama de la capa física, extrae los datos de usuario, es decir el datagrama IP y lo pasa a la capa de red.



Estructura de la trama Ethernet (64-1518 bytes)

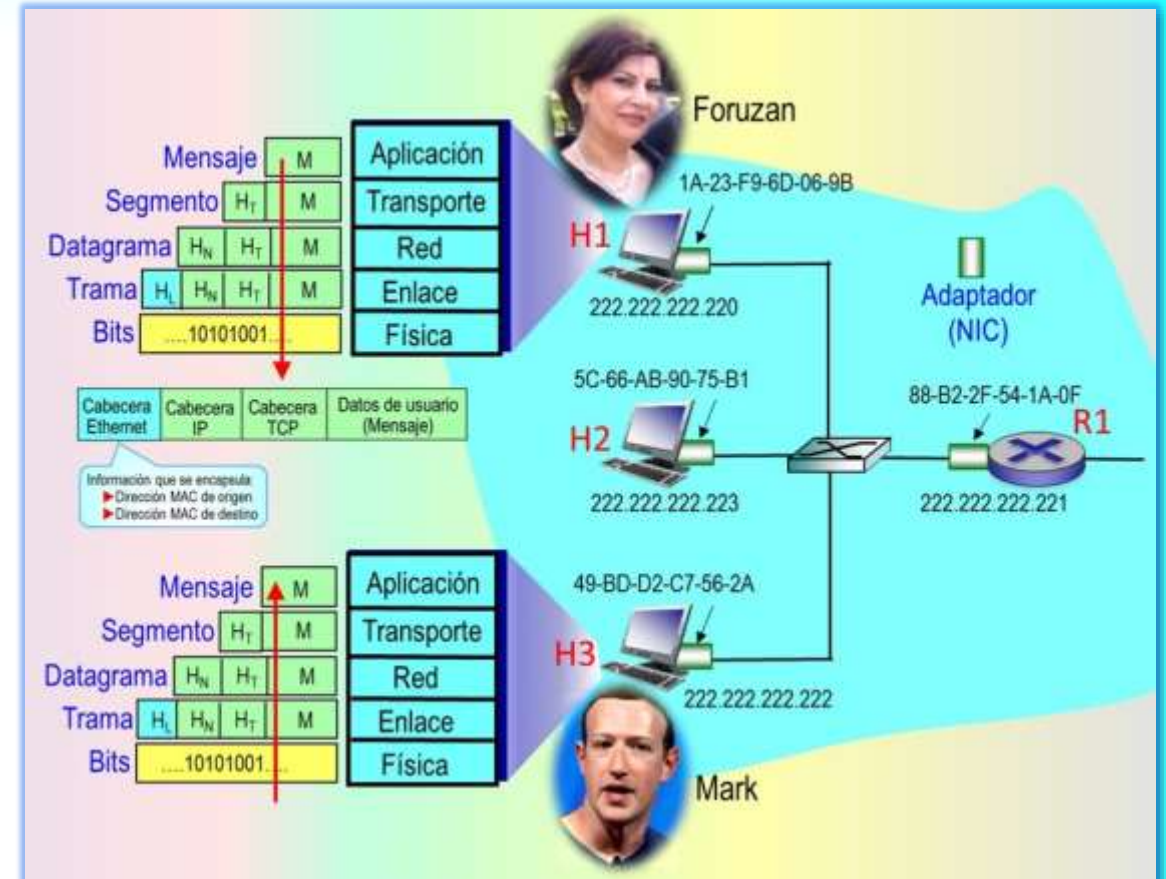
8 bytes	6 bytes	6 bytes	2 bytes	46-1500 bytes	4 bytes
Inicio	Dirección destino	Dirección origen	Tipo	Datos de usuario	CRC

Estructura de la trama Ethernet

EL PROTOCOLO ETHERNET

Ejemplo de envío de tramas en una LAN (Kurose, 2017)

- ▶ **Ejemplo 3.** Cuando el adaptador de **H1**, quiere **enviar una trama** a **H3**, inserta la **dirección MAC** de **H3** (49-BD-D2-C7-56-2A) en la trama y luego la envía a la red LAN.
- ▶ **Sin embargo**, si el adaptador de **H1** no conoce la **dirección MAC** de **H3**, inserta una **dirección de difusión MAC** en el campo de la dirección de destino de la trama. Esta dirección de difusión es una cadena compuesta por **48 unos (1)** consecutivos (es decir FF-FF-FF-FF-FF-FF).
 - ✉ Los **switches** difunden la trama de difusión (broadcast) a través de todos sus enlaces. Así, un adaptador puede recibir una trama que no va dirigida a él.
- ▶ **Por tanto**, cuando un adaptador recibe una trama, la comprobará para ver si la dirección MAC de destino contenida en ella se corresponde con su propia dirección MAC.
 - ✉ Si **existe** correspondencia o si la trama es de difusión, el adaptador **extraerá el datagrama encapsulado** en la trama y lo pasará hacia la pila de protocolos.
 - ✉ Si **no existe** correspondencia, el adaptador **descarta la trama**, salvo si es una trama de difusión.



Estructura de la trama Ethernet (64-1518 bytes)

8 bytes	6 bytes	6 bytes	2 bytes	46-1500 bytes	4 bytes
Inicio	Dirección destino	Dirección origen	Tipo	Datos de usuario	CRC

Estructura de la trama Ethernet

EL PROTOCOLO ETHERNET

Longitud de la trama Ethernet

(Kurose, 2017)

- **La longitud** total de una trama de datos oscila entre 64 bytes y 1.518 bytes ¿Cuál es la razón de este diseño?
- **La longitud mínima**, de 64 bytes, se determina por la distancia máxima de transmisión y el mecanismo de CSMA /CD.
 - ► El uso de longitud mínima, 64 bytes, puede evitar la siguiente situación: el Host A termina de enviar el ultimo bit, pero el primer bit no llega al Host B, que está lejos de A. El Host B considera que la línea esta inactiva y comienza a enviar datos, dando lugar a una colisión.
 - ✉ Un protocolo de capa superior debe garantizar que el campo de datos de usuario contenga al menos 46 bytes. De manera que los 18 bytes de overhead de la trama (14 de encabezado Ethernet + 4 de verificación CRC) sumados al campo de datos de usuario deben cumplir la longitud mínima de 64 bytes. Si los datos de usuario son menores que 46 bytes, el protocolo de capa superior debe completar ciertas unidades de datos.
- **Para lograr** una compensación entre la eficacia de la transmisión y la confiabilidad de la transmisión, la longitud máxima de una trama Ethernet es de 1.518 bytes.
 - ► Una longitud de trama grande mejora la eficiencia de la transmisión de datos. Sin embargo, si es demasiado larga, la transmisión a través del enlace compartido demora mucho tiempo, lo que afecta en gran medida a las aplicaciones sensibles al retardo.
- **Considerando** el criterio anterior, el campo de datos de usuario debe tener una longitud máxima de 1.500 bytes. De aquí viene el concepto de MTU (Unidad Máxima de Transferencia).



Estructura de la trama Ethernet

EL PROTOCOLO ETHERNET

Campos de la trama Ethernet

(Kurose, 2017)

- ▶ **Campo de datos de usuario** (46 a 1.500 bytes). Este campo transporta el datagrama IP. La unidad máxima de transmisión (MTU) de Ethernet es de 1.500 bytes, lo que quiere decir que si el datagrama IP es mayor que este valor, entonces el host tiene que fragmentar el datagrama.
 - ✉ El tamaño mínimo del campo de datos de usuario es 46 bytes, lo que significa que si el datagrama IP tiene menos de 46 bytes, el campo de datos de usuario tiene que ser rellenado hasta los 46 bytes. Cuando se utiliza el relleno, los datos pasados a la capa de red contienen tanto el relleno como el datagrama IP. La capa de red utiliza el campo de longitud de la cabecera del datagrama IP para eliminar el relleno.
- ▶ **Dirección de destino** (6 bytes). Este campo contiene la dirección MAC del adaptador de destino. Cuando el adaptador de destino recibe una trama Ethernet cuya dirección de destino es su propia MAC o la dirección MAC de difusión, pasa el contenido del campo de datos de usuario de la trama a la capa de red; si recibe una trama con cualquier otra dirección MAC, descarta la trama.
- ▶ **Dirección de origen** (6 bytes). Este campo contiene la dirección MAC del adaptador que transmite la trama hacia la LAN.



Estructura de la trama Ethernet

EL PROTOCOLO ETHERNET

Campos de la trama Ethernet (cont.)

(Kurose, 2017)

- ▶ **Campo de tipo** (2 bytes). El campo de tipo permite a Ethernet multiplexar los protocolos de la capa de red. Para comprender esto, se tiene que tener en cuenta que los host pueden utilizar otros protocolos de la capa de red además de IP.
 - ☒ **De hecho**, un determinado host puede dar soporte a múltiples protocolos de la capa de red utilizando protocolos distintos para las diferentes aplicaciones. Por esta razón, cuando llega la trama Ethernet a un adaptador, este necesita saber a qué protocolo de la capa de red debe pasar (es decir, demultiplexar) el contenido de campo de datos de usuario.
 - ☒ **IP y otros protocolos** de la capa de red (por ejemplo, Novell IPX o AppleTalk) tienen su propio número de tipo estandarizado. Además, el protocolo ARP tiene su propio número de tipo y si la trama que llega contiene un paquete ARP (es decir, el campo de tipo contiene el hexadecimal 0806), el paquete ARP será demultiplexado y entregado al protocolo ARP.
 - ☒ **Observe** que el campo de tipo es análogo al campo de protocolo del datagrama de la capa de red y a los campos de número de puerto del segmento de la capa de transporte; todos estos campos sirven para enlazar un protocolo de una capa con un protocolo de la capa superior.
- ▶ **Comprobación de redundancia cíclica (CRC)** (4 bytes). El propósito del campo CRC es permitir que el adaptador del receptor detecte los errores de bits de la trama.



Estructura de la trama Ethernet

EL PROTOCOLO ETHERNET

Campos de la trama Ethernet (cont.)

(Kurose, 2017)

- ▶ **Inicio** (8 bytes). La trama Ethernet comienza con el campo inicio (preámbulo) de 8 bytes: Cada uno de los siete primeros bytes tiene el valor 10101010 y el último byte tiene el valor de 10101011.



- ✉ Los siete primeros bytes sirven para “despertar” a los adaptadores receptores y sincronizar sus relojes con el reloj del emisor. ¿Por qué podrían estar desincronizado los relojes? Tenga en cuenta que el objetivo del adaptador emisor es transmitir la trama a 10 Mbps, 100 Mbps o 1 Gbps, dependiendo del tipo de LAN Ethernet.
- ✉ Sin embargo, dado que nada es absolutamente perfecto, el adaptador emisor no transmitirá la trama a una velocidad exactamente igual a la objetivo; siempre existe cierta desviación respecto de dicha velocidad, una desviación que no es conocida a priori por los restantes adaptadores de la LAN. Un adaptador receptor puede sincronizarse con el reloj del adaptador emisor sincronizándose simplemente con los bits de los siete primeros bytes del Inicio.
- ✉ Los últimos dos bits del octavo byte del Inicio (los dos primeros 1s consecutivos) alertan al adaptador receptor de que va llegar “Información Importante”.

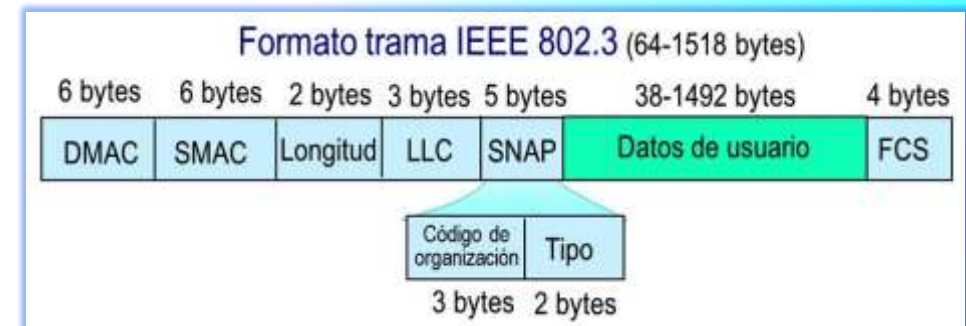
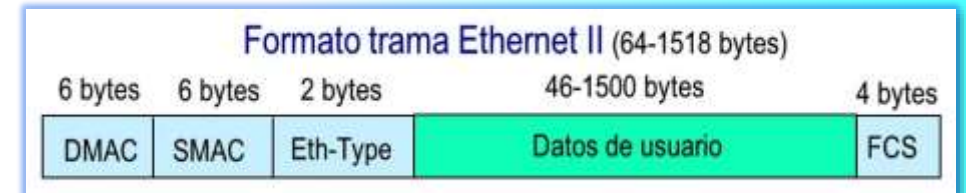
Estructura de la trama Ethernet

EL PROTOCOLO ETHERNET

Formatos estandarizados de la trama Ethernet

(Huawei, 2020)

- Las **tramas Ethernet** se encuentran en dos formatos, vea las figuras en las cuales no se incluye el campo Inicio.
- **1. Trama Ethernet II.**
 - DMAC:** Dirección MAC de destino: Este campo identifica que dirección MAC debe recibir la trama.
 - SMAC:** Dirección MAC de origen: Este campo identifica que dirección MAC envía la trama.
 - Eth-Type:** Tipo de protocolo. Los valores son
 - 0x0800: Protocolo de Internet IPv4
 - 0x0806: Protocolo de resolución de direcciones ARP
- **2. Trama IEEE 802.3.**
 - LLC:** El campo de control de enlace lógico incluye:
 - El punto de acceso al servicio de destino (DSAP). Su función es similar al campo Type de una trama Ethernet II o al número de puerto TCP/UDP.
 - El punto de acceso al servicio de origen (SSAP)
 - El campo de control (Ctrl). Se configura como 0x30, información no numerada de un servicio si conexión.
 - SNAP:** El campo Protocolo de acceso de subred incluye el campo de Código de organización y el campo tipo que funciona igual que en las tramas Ethernet II.



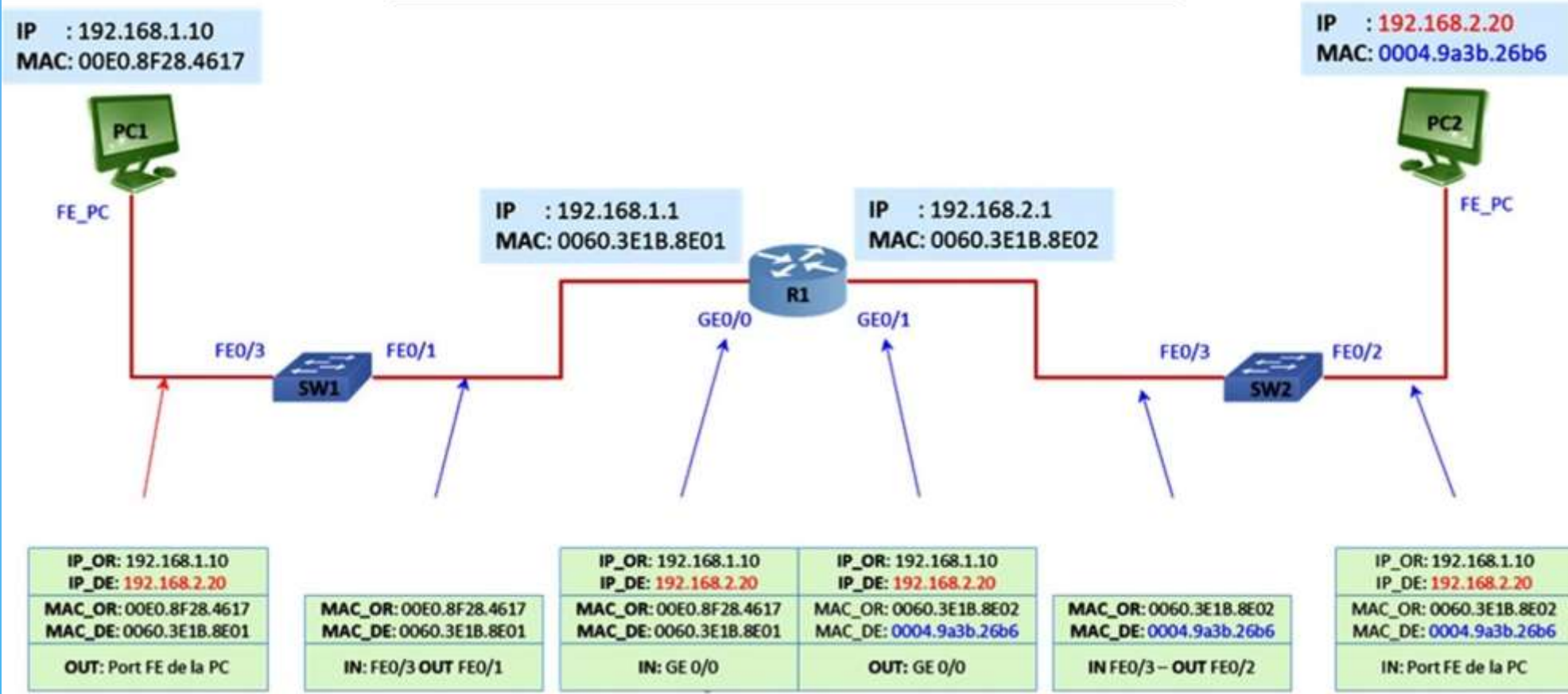
Estructura de la trama Ethernet

EL PROTOCOLO ETHERNET

Networking

De 192.168.1.10 a 192.168.2.20

Análisis a nivel de capas



Referencias bibliográficas

EL PROTOCOLO ETHERNET

Referencias bibliográficas

- CISCO (2015). *CCNA Routing and Switching. Introduction to Networks*. CISCO.
- CISCO (2016). *Introducción a las redes*. Madrid: Pearson Education, S.A.
- Forouzan, B. A. (2020). *Transmisión de datos y redes de comunicaciones*. Madrid: McGraw-Hill.
- Huawei Technologies (2020). *Basics of data communication networks*. Huawei.
- Kurose, J. Keith, R. (2017). *Redes de computadoras: un enfoque descendente*. Madrid: Pearson Education, S.A.

FIN

Tema 4 de:
PROTOCOLOS DE INTERNET
Edison Coimbra G.