# **Práctica 5 Capa de Enlace**

# En esta práctica, se referirá a los siguientes términos (FCS, CRC y checksum) indistintamente.

## 1. ¿Que función cumple la capa de enlace? Indique que servicios presta esta capa y luego compárelos con los servicios prestados por la capa de transporte

La capa de enlace es la responsable de la transferencia fiable de información a través de un circuito de trasmisión de datos. Recibe peticiones de la capa de red y utiliza los servicios de la capa física. El objetivo de la capa de enlace es conseguir que la información fluya, libre de errores, entre dos máquinas que estén conectadas directamente. Entre los posibles servicios que un protocolo de la capa de enlace pueden ofrecer se incluyen:

* Entramado: casi todos los protocolos de la capa de enlace encapsula cada datagrama de la capa de red dentro de una trama de la capa de enlace antes de transmitirla a través del enlace. Una trama consta de un campo de datos, en el que se inserta el datagrama de la capa de red, y de una serie de campos de cabecera.
* Acceso al enlace: un protocolo de control de acceso al medio (MAC, Medium Access) especifica las reglas que se utilizan para transmitir una trama a través del enlace.
* Entrega fiable: cuando un protocolo de la capa de enlace proporciona un servicio de entrega fiable, garantiza que va a transportar cada datagrama de la capa de red a través del enlace sin que se produzcan errores.
* Control de flujo: los nodos situados en cada extremo de un enlace tiene una capacidad limitada de almacenamiento en buffer de las tramas. Esto puede ser un problema cuando el nodo receptor puede recibir las tramas a más velocidad de las que puede procesarlas. Sin el control de flujo, el buffer del receptor puede desbordarse con lo que las tramas se perderían.
* Detección de errores: el hardware de la capa de enlace en un nodo receptor pudiera llegar a decidir, incorrectamente, que un bit contenido en una trama es 0 cuando fue transmitido como 1, y viceversa. Dichos errores de bit se introducen debido a la atenuación de las señales y ruido electromagnético. Puesto que no existe ninguna necesidad de reenviar un datagrama que contenga error, muchos protocolos de la capa de enlace proporcionan un mecanismo para detectar dichos errores de bit.
* Corrección de errores: la corrección de errores es similar a la detección de errores, salvo porque el receptor no solo detecta si hay bits erróneos en la trama, sino que también determina exactamente en qué puntos de la trama se han producido errores (y luego corrige esos errores).
* Semiduplex y full-duplex: con la transmisión full-duplex, los nodos de ambos extremos de un enlace pueden transmitir paquetes al mismo tiempo. Sin embargo, con la transmisión semiduplex un mismo nodo no puedo trasmitir y recibir al mismo tiempo.

Muchos de los servicios proporcionados por la capa de enlace presentan notables paralelismos con los servicios proporcionados en la capa de transporte. Por ejemplo, tanto la capa de enlace como la capa de transporte pueden proporcionar un servicio de entrega fiable. Aunque los mecanismos para garantizar una entrega fiable en las dos capas son similares, los dos servicios de entregas fiables no son idénticos. Un protocolo de transporte proporciona una entrega fiable de segmentos entre dos procesos, en modo terminal a terminal; un protocolo de la capa de enlace fiable proporciona una entrega fiable de tramas entre dos nodos conectados por un único enlace. De forma similar, los protocolos de la capa de transporte como los de la capa de enlace pueden proporcionar servicios de control de flujo y detección de errores, pero de nuevo el control de flujo en un protocolo de la capa de transporte se proporciona en modo terminal a terminal, mientras que un protocolo de la capa de enlace se proporciona entre dos nodos adyacentes.

## 2. ¿De qué forma se identifican dos máquinas en una red Ethernet? ¿Que características poseen estas direcciones? ¿Que es la dirección de broadcast en capa de enlace y que función cumple?

Se identifican mediante una dirección MAC (media acces control). Esta dirección consta de 6 bytes de longitud, lo que da 2^48 posibles direcciones de MAC. Suelen expresarse en notación hexadecimal, indicándose cada byte de la dirección mediante una pareja de números hexadecimales. Una propiedad de las direcciones MAC es que nunca puede haber dos adaptadores con la misma dirección, para esto la IEEE se encarga de gestionar el espacio de direcciones MAC. Broadcast es una forma de transmisión de información donde un nodo emisor envía información a una multitud de nodos receptores de manera simultánea, sin necesidad de reproducir la misma transmisión nodo por nodo. Es posible la difusión de cualquier trama de datos a todas las paradas que se encuentren en el mismo segmento de la red. Para ello, se utiliza una dirección MAC especial. En el caso de Ethernet realiza la difusión recibiendo tramas con dirección MAC de destino FF.FF.FF.FF.FF.FF.

## 3. Describa el algoritmo de acceso al medio en Ethernet. ¿Es Ethernet orientado a la conexión?

CSMA/CD opera de la siguiente manera:

1. Una estación que tiene un mensaje para enviar escucha al medio para ver si otra estación está transmitiendo un mensaje.
2. Si en el medio ninguna otra estación está transmitiendo, se envía la transmisión.
3. Cuando dos o más estaciones tienen mensajes para enviar, es posible que transmitan casi en el mismo instante, resultando en una colisión en la red.
4. Cuando se produce una colisión, todas las estaciones receptoras ignoran la transmisión confusa.
5. Si un dispositivo de transmisión detecta una colisión, envía una señal de expansión para notificar a todos los dispositivos conectados que ha ocurrido una colisión.
6. Las estaciones transmisoras detienen sus transmisiones tan pronto como detectan la colisión.
7. Cada una de las estaciones transmisoras espera un periodo de tiempo aleatorio e intenta transmitir otra vez.

## 4. ¿Cual es la función de un HUB? ¿Qué es una colisión? ¿Qué diferencia un HUB de un Switch? Un HUB es un dispositivo que recibe una señal y la retransmite hacia distintos puertos.

Una colisión ocurre cuando dos nodos trasmiten tramas al mismo tiempo, o sea que las tramas transmitidas colisionan en todos los receptores, y ninguno de los nodos receptores puede interpretar ninguna de las tramas recibidas. En cierto sentido, las señales de las tramas que han colisionados se entremezclan y no pueden separarse.

El Switch, a diferencia del HUB, envía los datos provenientes de la computadora de origen solamente a la computadora de destino. Esto se debe a que los switches crean una especie de canal de comunicación exclusiva entre el origen y el destino. **De esta forma, la red no queda "limitada" a una única computadora en el envío de información**. Esto aumenta la performance de la red ya que la comunicación está siempre disponible.

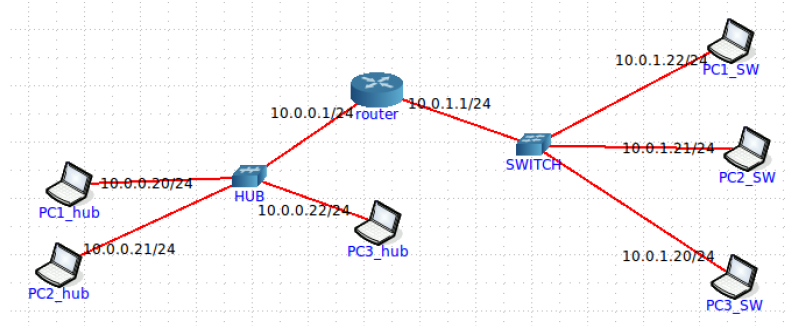
## 5. ¿Qué dispositivos dividen dominios de broadcast? ¿Y dominios de colisión?

Los routers son los que dividen los dominios de broadcast. Los switches (por cada puerto que tiene es un dominio de colisión distinto) y los routers dividen los dominios de colisión.

## 7. ¿Cual es la finalidad del protocolo ARP?

Address Resolution Protocol es un protocolo que se encarga de resolver las direcciones MAC (dirección física) de los hosts. Cada equipo tiene una dirección MAC única de 48 bits.

## 8. Utilizando el LiveCD provisto por la catedra, arme una red como la siguiente, con un segmento de LAN usando un HUB y otro segmento de LAN usando un SWITCH:



## i. Arme la topología planteada usando CORE e iniciela.

## ii. Para observar como se comportan el hub y el switch realice las siguientes tareas:

## Envíe un ping desde la PC1\_HUB a la PC2\_HUB y monitoree el tráfico desde la PC3\_HUB utilizando el siguiente comando **tcpdump -i eth0 -p icmp**. Vea los resultados en la consola de PC3\_HUB. ¿Qué pudo observar?

La PC3 recibe tramas destinadas a la PC1 y PC2. Eso se debe a que están conectadas a un HUB que reenvía todas las tramas a todos los equipos conectados.

## Envíe un ping desde la PC1\_SW a la PC2\_SW y monitoree el tráfico desde la PC3\_SW utilizando el siguiente comando **tcpdump -i eth0 -p icmp**. Vea los resultados en la consola de PC3\_SW. ¿Qué pudo observar? ¿Cuáles son las diferencias respecto a lo observado en el punto (a)?

No recibe ninguna trama, ya que el switch al que están conectadas envía las tramas solo al equipo destinatario.

## iii. Para analizar los paquetes del protocolo ARP realice las siguientes tareas:

## (a) Ejecute el comando **ifconfig -a** en la PC1\_HUB.

## (b) Luego ejecute el comando **arp -n** en la PC1\_HUB para ver su tabla ARP.

## (c) Monitoree el trafico arp desde la PC3\_HUB ejecutando **tcpdump -i eth0 -p arp**.

## (d) envíe un ping desde la PC1\_HUB a la PC2\_HUB y vuelva a observar la tabla ARP de la PC1\_HUB.

## (e) Vea los resultados en la consola de PC3\_HUB a fin de observar las caracteristicas de los paquetes arp (MAC Origen, MAC Destino, etc).

## (f) Monitoree el trafico arp desde la PC3\_SW ejecutando **tcpdump -i eth0 -p arp**.

## (g) Haga un ping a la PC2\_SW y vuelva a observar la tabla ARP de la PC1\_SW.

## (h) Vea los resultados en la consola de PC3\_HUB a fin de observar cuales son las diferencias respecto a lo observado en el punto (e) en cuanto a cuales son los paquetes que se ven en este caso.

A diferencia de la PC3\_HUB la PC3\_SW solo escucha el request que manda por broadcast, ya que están conectadas por un switch. En cambio la PC3\_HUB escucha todas las tramas ya que están conectadas a un hub.

# iv. Para analizar el encapsulamiento a nivel de capa 2 y 3 realice las siguientes tareas:

# (a) Monitoree el trafico en la PC3\_HUB ejecutando **tcpdump -i eth0**.

# (b) Luego ejecute en la PC1\_HUB el comando **arp -n** para ver su tabla ARP. Borre todas las entradas que tenga.

# (c) Envie un ping a la PC1\_HUB a la PC1\_SW y vuelva a observar la tabla ARP de la PC1\_HUB. ¿A que dispositivo corresponde la asociacion IP-MAC agregada en la tabla?

La asociación IP-MAC agregada en la tabla pertenece al router.

# (d) Vea los resultados en la consola de PC3\_HUB a fin de observar tanto en los paquetes arp como los paquetes icmp direcciones MAC origen y destino utilizadas e IP de origen y destino segun corresponda.

# 9. En base a lo que experimento en el ejercicio 8 → IV se pudo observar que cuando una PC que esta en una red, se quiere comunicar con otra que no esta en la misma red, esta se da cuenta observando su tabla de rutas. Por ende, para comunicarse debe usar el default gateway de la misma. Si la tabla ARP de la PC esta vacia, cuando la PC realiza un ARP para obtener la MAC del router, ¿que direccion IP destino tiene el requerimiento ARP? ¿Es la direccion IP del default gateway o es la direccion IP de la maquina destino?

La dirección IP destino de la maquina a la que se quiere comunicar.

# Ejecute de nuevo el experimento de ser necesario y complete los campos:

# *Trama Ethernet: (mac origen:* PC1\_hub *mac destino: FF.FF.FF.FF.FF.FF.)*

# *Solicitud ARP: (mac origen: PC1\_hub ip origen: PC1\_hub (10.0.0.20)*

# *mac destino: ¿? ip destino: router(10.0.0.1))*

## 10. En base a lo anterior, suponiendo que un host A debe conectarse a un host B. Si A desconoce la dirección MAC de B, analice las diferencias tanto en ARP como en la comunicación subsecuente suponiendo las siguientes situaciones:

## 1. Las direcciones IP de A y B son 192.23.1.4/24 y 192.23.1.2/24, respectivamente

Se envía una solicitud ARP a la MAC de broadcast, y va a responder el host que tenga esa IP con su MAC.

## 2. Las direcciones IP de A y B son 192.23.1.4/24 y 192.23.2.2/24, respectivamente

Se envía una solicitud ARP al router. A asocia la IP de B con la MAC del router, es decir que las tramas se envían al router y luego este las reenvía al host correspondiente. O se lo manda por el default Gateway.

## 11. Para la siguiente topología de red indique:

## 1. ¿Cuantos dominios de colisión hay?

5

## 2. ¿Cuantos dominios de broadcast hay?

1

## 3. Indique como se va llenando la tabla de asociaciones MAC → PORT del Switch SW1 y SW2 durante el siguiente caso:

## (a) A envía una solicitud ARP consultando la MAC de C

## (b) C responde esta solicitud ARP

## (c) A envía una solicitud ARP consultando la MAC de B

## (d) B responde esta solicitud ARP

## 4. Si la PC E y la PC D hubiesen estado realizando un tcpdump para escuchar todo lo que pasa por su interfaz de red, ¿Cuáles de los requerimientos/respuestas anteriores hubiesen escuchado cada una?

E no va a escuchar nada, y E va a escuchar todo lo que se le mande a C y todo lo que mande C.

12. En la siguiente topología:



## Suponiendo que todas las tablas ARP están vacías, tanto de PCs como de Routers. Si la PC\_A le hace un ping a la PC\_C, indique:

## ◦ .En que dominios de broadcast hay trafico ARP?

En todos.

## ◦ .En que dominios de broadcast hay trafico ICMP?

En todos.

## ◦ .Cual es la secuencia correcta en la que se suceden los anteriores?

ARP, ICMP, ARP, ICMP, ARP, ICMP, ARP, ICMP. Para el paquete ICMP de respuesta, las tablas ARP van a estar completas, por lo que probablemente no se necesite tráfico ARP.

## ◦ Para los paquetes ICMP que haya identificado:

## ▪ Especifique las direcciones (origen/destino) de capa 2 en los distintos dominios de broadcast.

Origen: 8888:8888:8888 Destino: 7777:7777:7777

Origen: bbbb:bbbb:bbbb Destino: cccc:cccc:cccc

Origen: eeee:eeee:eeee Destino: dddd:dddd:dddd

Origen: 4444:4444:4444 Destino: 5555:5555:5555

## ▪ Especifique las direcciones (origen/destino) de capa 3 en los distintos dominios de broadcast.

La de capa 3 se mantiene en todos los dominios:

Origen:190.26.11.24

Destino:190.26.12.65

## 13. Calcule los códigos de detección de error para las siguientes cadenas de bits utilizando paridad par y luego utilizando paridad impar:

Paridad par:

## (a) 110101101010011111

## (b) 010111010110000100

## (c) 001000100010001110

## Paridad impar

## (a) 110101101010011110

## (b) 010111010110000101

## (c) 001000100010001111

## 14. Se desea enviar la secuencia de bits 1100000111. Calcular la secuencia completa (datos+FCS) a transmitir considerando que el polinomio generador a utilizar es: G(x) = x^5 + x^4 + 1.

## 15. Encontrar el FCS si se utiliza la función generadora G=1001 y el mensaje M=11100011

## 16. Indicar si es verdadero o falso. Justifique su respuesta

## (a) Si se utiliza paridad par y se invierte el valor de 2 bits a causa de errores en la transmisión, el receptor detectara el error. Falso, sirve solo para un bit

## (b) 00101011 es un valor valido para ser usado como polinomio generador y el resto seria de 7 bits de longitud.

## (c) Los FCS calculados con el polinomio generador 11001 tendran una longitud de 4 bits

## 17. Nombre cinco protocolos de capa de enlace. ¿Todos los protocolos en esta capa proveen los mismos servicios?

ARP, CSMA/CD, paso de testigo, ALOHA, PPP (point to point protocol).

## 18. ¿Qué es la IEEE 802.3? ¿Existen diferencias con Ethernet?