

# Módulo 05

## La Capa de Enlace

### (Pt. 3)



Redes de Computadoras  
Depto. de Cs. e Ing. de la Comp.  
Universidad Nacional del Sur



---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

## Copyright

- Copyright © 2010-2024 A. G. Stankevicius
- Se asegura la libertad para copiar, distribuir y modificar este documento de acuerdo a los términos de la **GNU Free Documentation License**, versión 1.2 o cualquiera posterior publicada por la Free Software Foundation, sin secciones invariantes ni textos de cubierta delantera o trasera
- Una copia de esta licencia está siempre disponible en la página <http://www.gnu.org/copyleft/fdl.html>
- La versión transparente de este documento puede ser obtenida de la siguiente dirección:

<http://cs.uns.edu.ar/~ags/teaching>

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

## Contenidos

- Servicios provistos por la capa de enlace
- Protocolos de acceso múltiple
- Direcciones de red local y protocolo **ARP**
- Ethernet
- Hubs, bridges y switches
- Enlaces inalámbricos
- Virtualización de enlaces
- Datacenters

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

## Dirección MAC

- Direcciones **IP** de 32-bit:
  - Dirección usada en la capa de red
  - Es usada para enrutar los datagramas **IP** hacia la red destino ("red" en el sentido dado en la capa de red)
- Dirección **MAC** (también **LAN** o física):
  - Es usada para transmitir el datagrama de una interfaz a otra interfaz dentro de la misma red
  - La dirección **MAC** (de 48 bit en la mayoría de las tecnologías **LAN**), está grabada por lo general en la **ROM** del adaptador de red

---

---

---

---

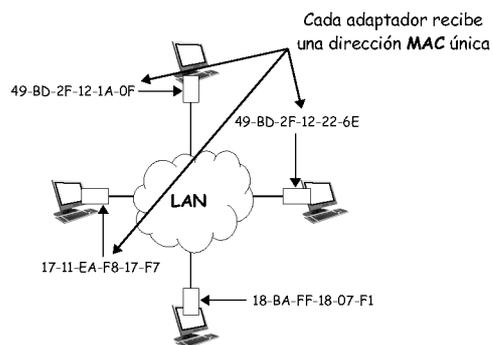
---

---

---

---

## Dirección MAC



---

---

---

---

---

---

---

---

## Dirección MAC

- Las direcciones **MAC** son asignadas y administradas por la organización **IEEE**
  - Los fabricantes de adaptadores de red reciben una porción única de espacio de direcciones **MAC**
- El espacio de direcciones **MAC** se organiza de manera plana, incrementando la flexibilidad
  - Se puede mover un adaptador de red una red a otra sin tener que modificar su dirección **MAC**
  - Con las direcciones **IP**, para mover una computadora a otra red se debe ajustar su dirección **IP**

---

---

---

---

---

---

---

---



## Protocolo ARP

- Para poder resolver el ruteo **IP** es necesario establecer la relación entre direcciones **IP** y direcciones **MAC**
- Cada nodo **IP** de una **LAN** (tanto computadoras como routers), cuenta con una tabla **ARP**
  - La tabla **ARP** es un conjunto de ternas que establecen el mapeo entre direcciones **IP** y **MAC**  
**<dirección IP, dirección MAC, TTL>**
  - El campo **TTL** denota en cuánto tiempo debe ser “olvidado” el mapeo (típicamente unos 20 minutos)

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

## Protocolo ARP

- El protocolo **ARP** (Address Resolution Protocol) se utiliza para mantener a las tablas **ARP**:
- Consideremos el siguiente escenario:
  - Supongamos que **A** desea enviar un datagrama a **B** y que **A** ya conoce su dirección **IP**
  - Supongamos también que la dirección **MAC** de **B** no se encuentra en la tabla **ARP** de **A**
  - **A** envía una consulta **ARP** con la dirección **IP** de **B** a la dirección **LAN** de broadcast (dirección física con todos los bits en 1)

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

## Protocolo ARP

- Continúa:
  - Todas las computadoras en la **LAN** reciben la consulta **ARP** (ya que se usó la dirección de broadcast)
  - **B** recibe la consulta **ARP** y contesta a **A** construyendo una respuesta **ARP** conteniendo su dirección **MAC**
  - El frame conteniendo la respuesta **ARP** es enviado directamente a **A** usando su dirección **MAC**
- ¿De dónde saca **B** la dirección **MAC** de **A**?
  - Una posibilidad es que ya la tenga en su tabla **ARP**
  - Si no, la puede recuperar de la consulta **ARP** de **A**

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

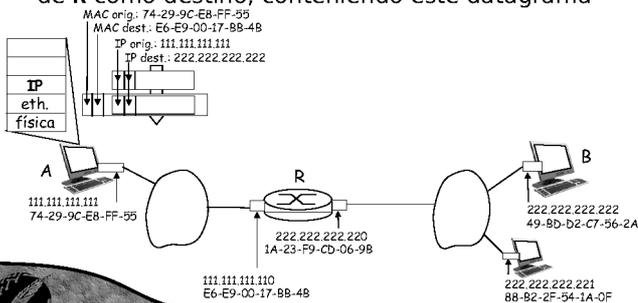
## Cache ARP

### Continúa:

- **A** almacena el mapeo entre las direcciones **IP** y **MAC** de **B** en su tabla **ARP** (también denominada cache **ARP**), hasta que la información se desactualice (en otras palabras, que se agote el **TTL** de esa entrada)
- El estado mantenido por el protocolo **ARP** es lábil, es decir, la información que se desactualiza es olvidada a menos que sea refrescada a tiempo
- El protocolo **ARP** intenta ser “plug-and-play”
  - Los nodos de la red crean sus propias tablas **ARP** sin requerir la intervención del administrador de la red

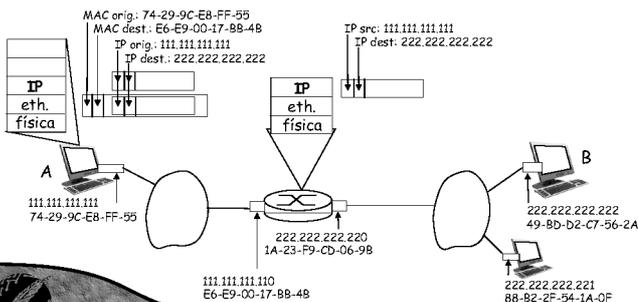
## Ruteando a otra LAN

- **A** crea un datagrama **IP** con origen **A** y destino **B**
- Para esto, **A** crea una trama con la dirección **MAC** de **R** como destino, conteniendo este datagrama



## Ruteando a otra LAN

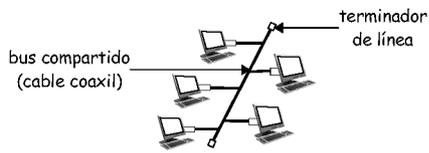
- La trama es enviada de **A** a **R**
- Al llegar la trama a **R**, se extrae el datagrama **IP**





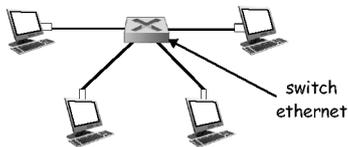
## Topología de red

- Hasta mediados de la década del 90' la topología de red más utilizada era la barra
  - Todos los nodos comparten el mismo dominio de colisión



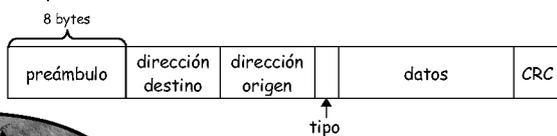
## Topología de red

- En la actualidad se usa primordialmente la topología estrella
  - Se utiliza un switch activo en el centro
  - Cada "brazo" de la estrella corre un protocolo **Ethernet** independiente del resto (es decir, constituye un dominio de colisión separado)



## Frame ethernet

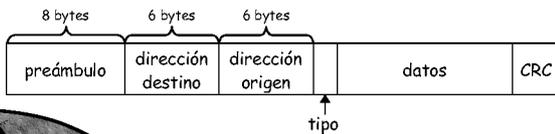
- Las tramas **Ethernet** se componen de un encabezado, la carga útil y un finalizador
- Preámbulo (8 bytes):
  - Consta de 7 bytes con el patrón **10101010**, seguido de un byte con el patrón **10101011**
  - Es utilizado para sincronizar los relojes del emisor y receptor



## Frame ethernet

### • Dirección origen y destino (6 bytes cada una):

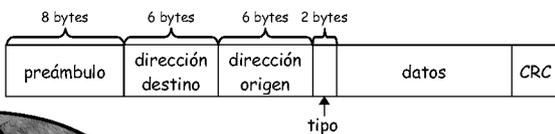
- Si el adaptador de red recibe una trama destinada a la dirección **MAC** propia o destinado a la dirección de broadcast, se alcanza el contenido del campo datos a la capa de red
- Caso contrario, el adaptador descarta la trama



## Frame ethernet

### • Tipo (2 bytes):

- Denota el protocolo de la capa superior encapsulado dentro de la trama
- Se trata usualmente de un datagrama **IP**, pero otros protocolos también están soportados (por caso, protocolos como Novell **IPX** o AppleTalk)
- Anteriormente denotaba el largo de la trama



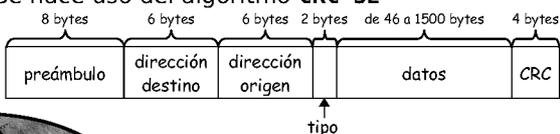
## Frame ethernet

### • Datos (de 46 a 1500 bytes):

- Es la carga útil, usualmente el protocolo de la capa superior encapsulado dentro de en la trama

### • CRC (4 bytes):

- Se verifica en el receptor y de detectarse un error la trama es simplemente descartada
- Se hace uso del algoritmo **CRC-32**



## Características del servicio

- Características del servicios de comunicación brindado por **Ethernet**:
  - No orientado a la conexión: no es necesario que emisor y receptor se pongan de acuerdo en nada antes de comenzar a intercambiar tramas
  - No confiable: el adaptador receptor no necesita enviar confirmaciones de recepción
  - La secuencia de datagramas pasada a la capa de red puede contener huecos
  - Los huecos serán llenados por el protocolo de la capa de transporte, o bien por la capa de aplicación

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

## Tecnologías Ethernet

- Ethernet engloba a un conjunto heterogéneo de tecnologías a nivel de capa de enlace y de capa física, las cuales evolucionaron en el tiempo:
  - Ethernet **10BASE5**, **10BASE2**, **10BASE-T** y **10BASE-F**
  - Ethernet **100BASE-T4**, **100BASE-TX** y **100BASE-FX**
  - Ethernet **1000BASE-T**, **1000BASE-SX** y **1000BASE-KX**
  - Ethernet **10GBASE-T**, **10GBASE-SR** y **10GBASE-KR**
  - Ethernet **40GBASE-SR4** y **40GBASE-KR4**
  - Ethernet **100GBASE-LR4**, **400GBASE-ER8**

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

## ¿Preguntas?

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---