

A Camada de Enlace

continuação

Link desta video aula: youtu.be/zZG7tZGqdgw

Referências:

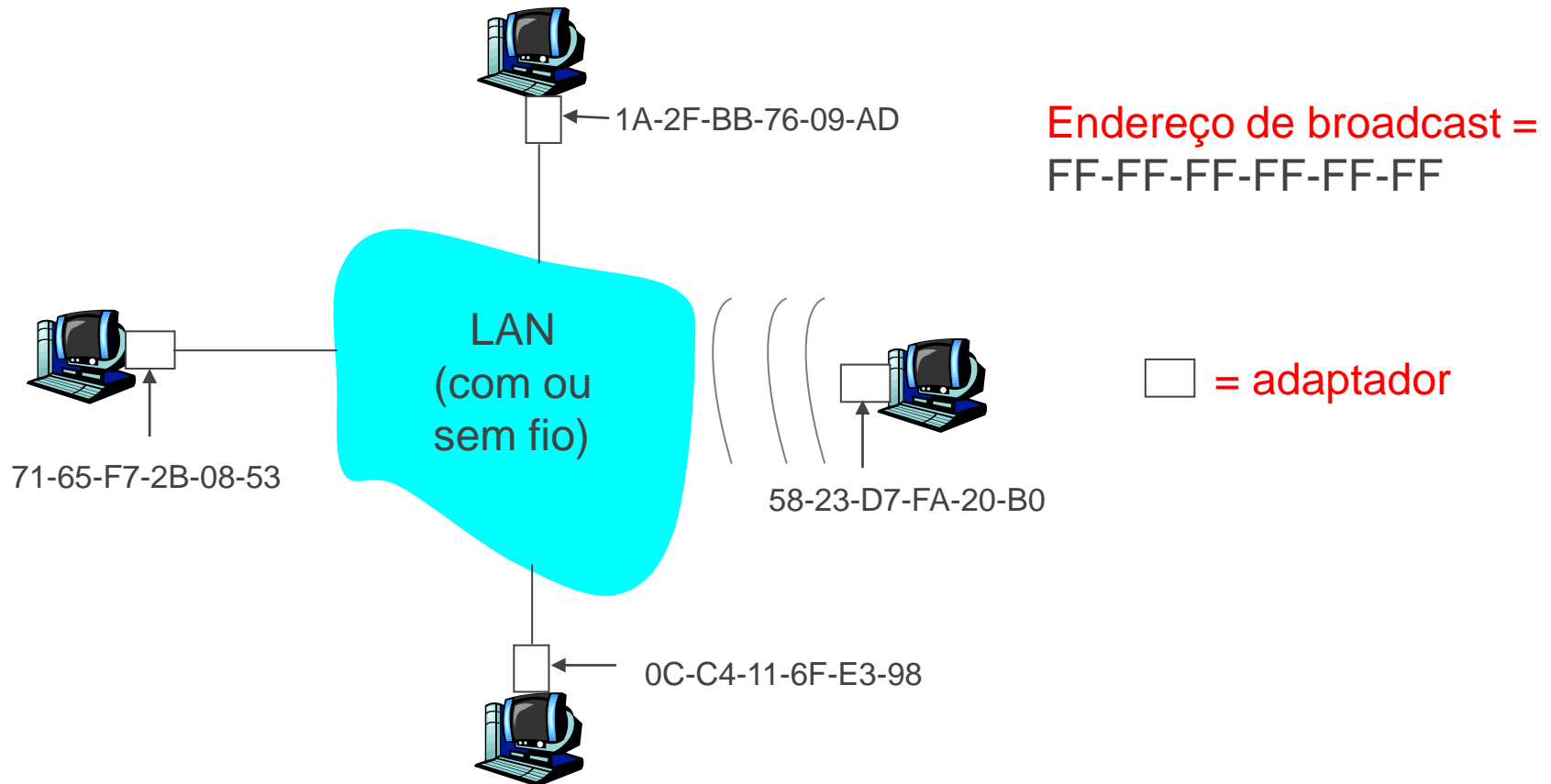
- Redes de Computadores e a Internet. **J. Kurose, K. Ross.** Pearson, 2010 - Capítulo 5

- 5.1 Introdução e serviços
- 5.2 Detecção e correção de erros
- 5.3 Protocolos de acesso múltiplo
- **5.4 Endereçamento na camada de enlace**
- 5.5 Ethernet

- **Endereço IP de 32 bits:**
 - endereço da *camada de rede*
 - usado para obter datagrama até sub-rede IP de destino
- **Endereço MAC (ou LAN ou físico ou Ethernet) :**
 - função: *levar quadro de uma interface para outra interface conectada fisicamente (na mesma rede)*
 - Endereço MAC de 48 bits
 - queimado na ROM da NIC, às vezes também configurável por software

Endereços de LAN

Cada adaptador na LAN tem endereço de LAN exclusivo



Endereços de LAN (mais)

- Alocação de endereço MAC administrada pelo IEEE
 - Fabricante compra parte do espaço de endereços MAC (para garantir exclusividade**)
- Analogia:
 - Endereço MAC: como o CPF
 - Endereço IP: como o endereço postal
- endereço MAC plano → portabilidade
 - pode mover placa de LAN de uma LAN para outra
- endereço IP hierárquico NÃO portátil
 - endereço depende da sub-rede IP à qual o nó está conectado.
- **PERGUNTA:** Qual a necessidade de 2 endereços (IP e MAC)?

** É possível via software mudar o endereço MAC de um adaptador.

MAC Address



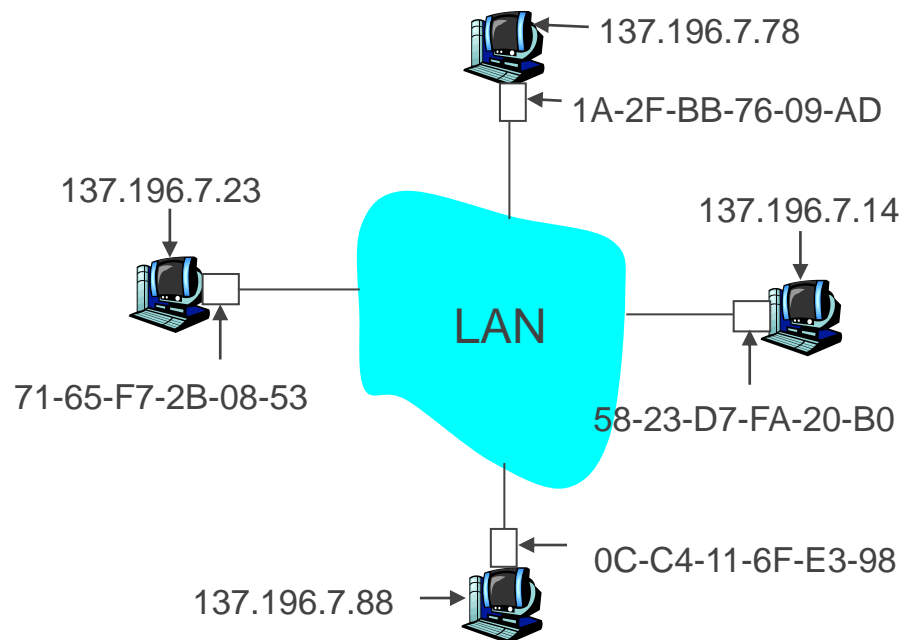
ARP: Address Resolution Protocol

Pergunta: Como determinar endereço MAC de B sabendo o endereço IP de B?

- Cada nó IP (host, roteador) na LAN tem tabela **ARP**.
- Tabela ARP: mapeamentos de endereço IP/MAC para alguns nós da LAN

<endereço IP; endereço MAC; TTL>

- TTL (Time To Live): tempo após o qual o mapeamento de endereço será esquecido (normalmente, 20 min)



```
Z:\>arp -a
```

```
Interface: 10.253.15.72 --- 0x4
Internet Address      Physical Address      Type
10.253.1.2            00-12-3f-ed-3f-2c    dynamic
10.253.1.6            00-13-72-51-d5-a9    dynamic
10.253.1.13           00-03-ff-5b-f1-c8    dynamic
10.253.1.18           00-03-ff-36-9b-48    dynamic
10.253.1.25           00-11-43-de-91-15    dynamic
10.253.1.26           00-11-43-e7-97-fc    dynamic
10.253.1.35           00-14-22-17-c8-91    dynamic
10.253.100.1          00-15-2b-46-50-00    dynamic
10.253.100.2          00-09-0f-83-3b-8a    dynamic
```

```
Z:\>
```

Protocolo ARP: mesma LAN (rede)

- “A” quer enviar datagrama a “B”, e endereço MAC de “B” não está na tabela ARP de “A”.

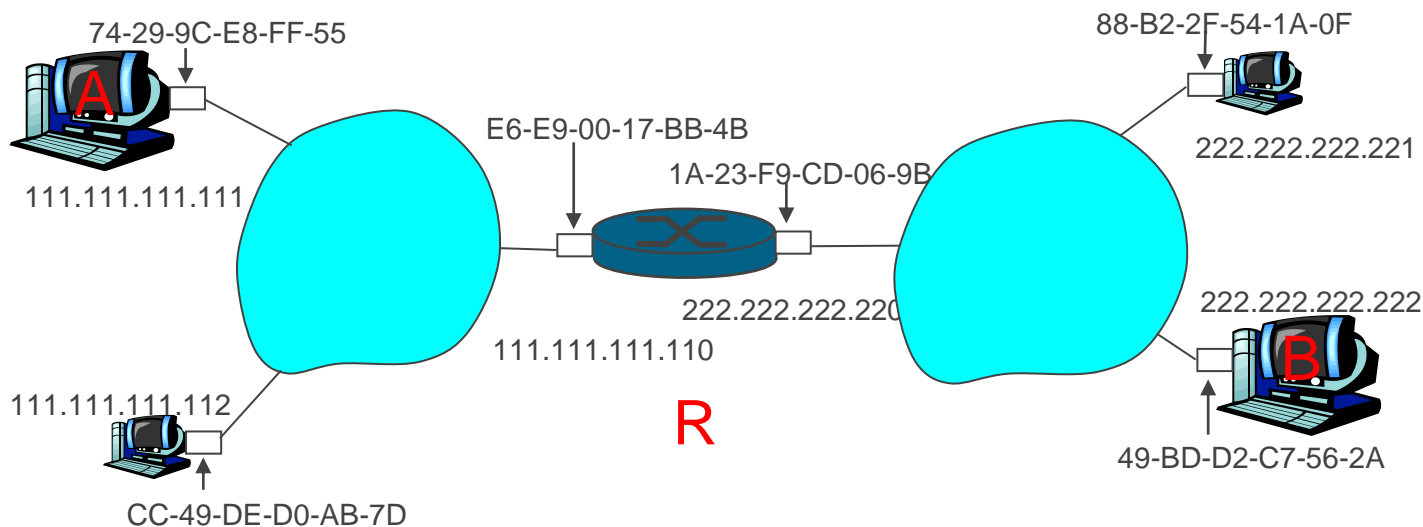
Como resolver o problema??

- “A” envia por **broadcast** pacote de consulta ARP, contendo endereço IP de “B”
 - endereço MAC de destino = FF-FF-FF-FF-FF-FF
 - todas as máquinas na LAN recebem consulta ARP
- B recebe pacote ARP, responde para “A” com seu endereço MAC (de “B”)
 - quadro enviado ao endereço MAC de “A” (unicast)

- A salva em cache par de endereços IP-para-MAC em sua tabela ARP até a informação expirar.
 - estado soft: informação que expira (desaparece) se não for renovada
- **ARP é “plug-and-play”!**
 - nós criamos suas tabelas ARP *sem intervenção do administrador de rede*

Endereçamento: roteando para outra LAN

acompanhamento: **enviar datagrama de A para B via R**
 suponha que A saiba o endereço IP de B

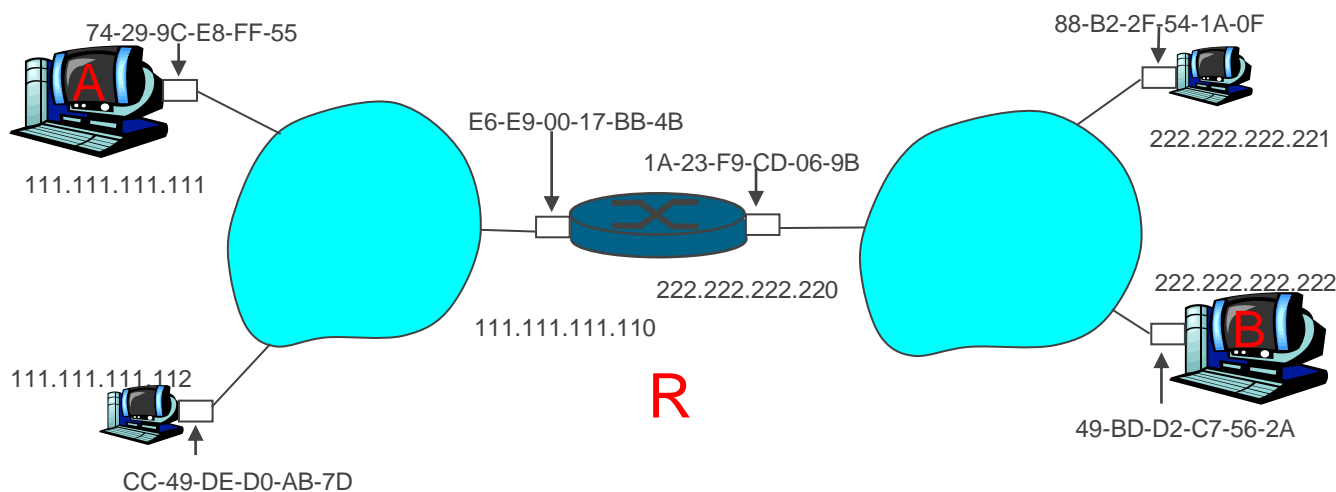


- duas tabelas ARP no roteador R, uma para cada rede IP (LAN)

Endereçamento: roteando para outra LAN

- “A” cria datagrama IP com origem “A”, destino “B”;
- “A” usa ARP para obter endereço MAC de “R” para 111.111.111.110;
- “A” cria quadro da camada de enlace com endereço MAC de “R” como destino, quadro contém datagrama IP “A”-para-“B”;
- NIC de “A” envia quadro
- NIC de “R” recebe quadro
- “R” remove datagrama IP do quadro Ethernet, vê o seu destinado a “B”
- “R” usa ARP para obter endereço MAC de “B”
- “R” cria quadro contendo datagrama IP “A”-para-“B” e envia para “B”

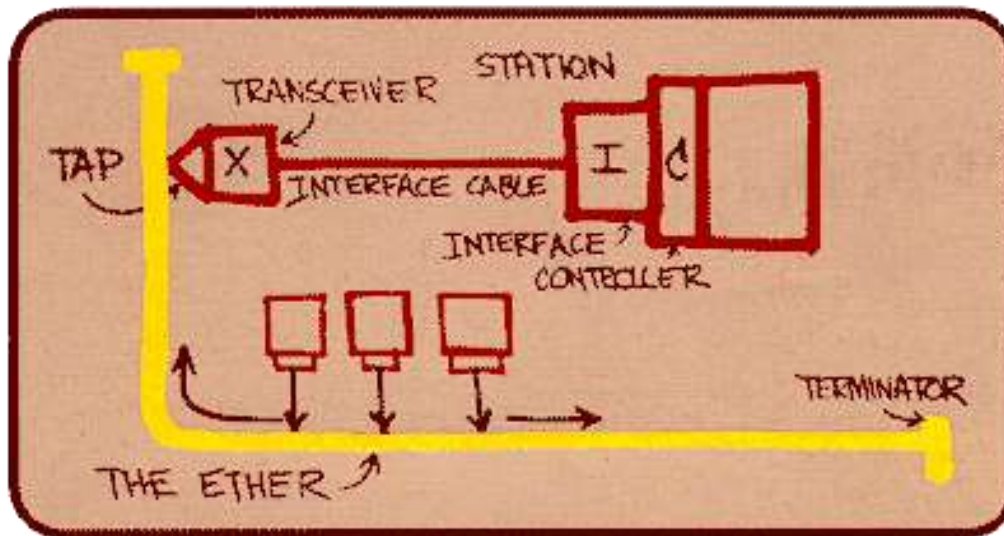
Este é um exemplo realmente importante – procure entender bem!



- 5.1 Introdução e serviços
- 5.2 Detecção e correção de erros
- 5.3 Protocolos de acesso múltiplo
- 5.4 Endereçamento na camada de enlace
- **5.5 Ethernet**

Tecnologia de LAN com fio “dominante”:

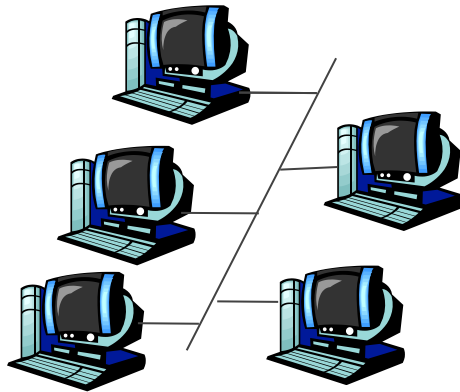
- barata: US\$ 20 para NIC
- primeira tecnologia de LAN utilizada em larga escala
- mais simples e mais barata que as LANs de permissão e ATM
- acompanhou corrida da velocidade: 10 Mbps – 10 Gbps



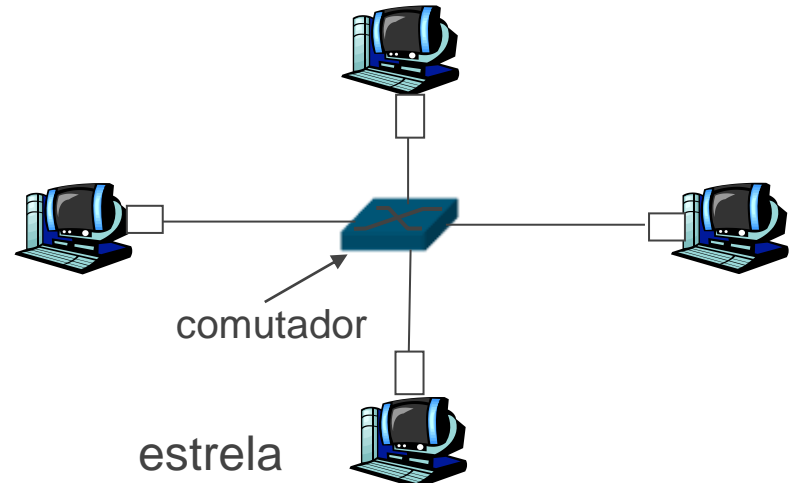
Projeto original da Ethernet de Robert Metcalfe – XEROX (PARC)

Topologia de estrela

- **topologia de barramento popular até meados dos anos 90**
 - todos os nós no mesmo domínio de colisão (podem colidir uns com os outros)
- **hoje: topologia de estrela prevalece**
 - *comutador* ativo no centro
 - cada “ponta” roda um protocolo Ethernet (separado) – nós não colidem uns com os outros



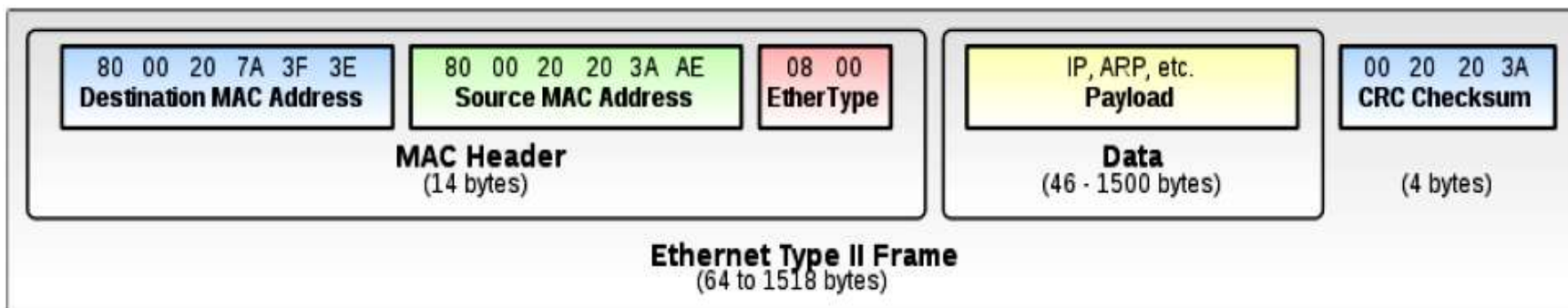
barramento: cabo coaxial



estrela

Estrutura do quadro Ethernet

Adaptador encapsula datagrama IP (ou outro pacote de protocolo da camada de rede) no **quadro Ethernet**



- **Endereços: 6 bytes**
 - se adaptador recebe quadro com endereço de destino combinando, ou com endereço de broadcast (p. e., pacote ARP), passa dados do quadro ao protocolo da camada de rede.
 - caso contrário, adaptador descarta quadro.
- **Tipo:** indica protocolo da camada mais alta (principalmente IP, mas outros são possíveis, p. e., Novell IPX, AppleTalk)
- **CRC:** verificado no receptor; se detectar erro, quadro é descartado

Ethernet: não confiável, sem conexão



- **sem conexão:** sem apresentação entre NICs de origem e destino.
- **não confiável:** NIC de destino não envia confirmações ou não confirmações à NIC de origem.
 - fluxo de datagramas passados à camada de rede pode ter lacunas (datagramas faltando);
 - lacunas serão preenchidas se aplicação estiver usando TCP
 - caso contrário, aplicação verá lacunas.
- **Protocolo MAC da Ethernet: CSMA/CD**