Redes de Computadores 2

Parte 03 – camada de enlace – endereçamento MAC, ARP e suas variantes

Prof. Kleber Vieira Cardoso

INSTITUTO DE
INFORMÁTICA
UFG

Tópicos

- Endereçamento MAC
- ARP (*Address Resolution Protocol*)
- Variantes do ARP

Endereços MAC

- Endereço IPv4 (32 bits) ou IPv6 (128 bits):
  - camada de rede
  - usado para identificar a rede IP (e o *host)* de destino do pacote
- Endereço MAC (ou LAN, ou físico, ou Ethernet*):
  - usado para identificar a interface de destino do quadro, sendo que essa interface está na mesma rede da interface de origem
  - endereço MAC de 48 bits (para a maioria das redes):
    - gravado na ROM do adaptador ou configurado por software

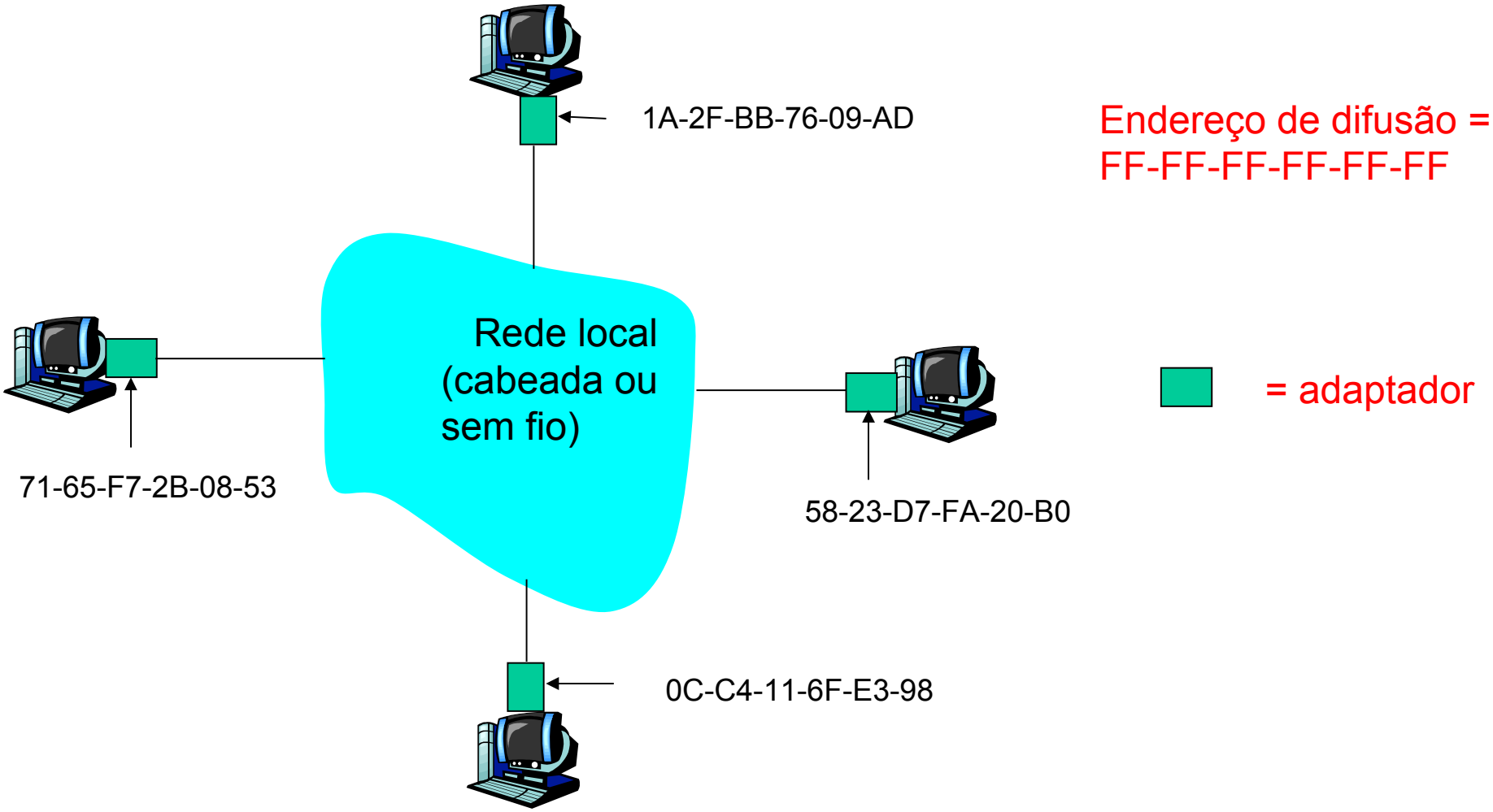
* Evitar, pois outras tecnologias usam esse formato de endereço, por exemplo: 802.11, Bluetooth, DOCSIS

Endereços MAC (cont.)

- Por que é útil ter dois endereços?
  - Porque podem existir outros protocolos de camada de rede
    - Exemplo: IPv6, e anteriormente: IPX, DECnet
  - Porque usar apenas endereços de camada de rede afeta o desempenho
    - Se não usar nenhum endereço para enlace, todos os quadros terão que subir até a camada de rede para serem processados

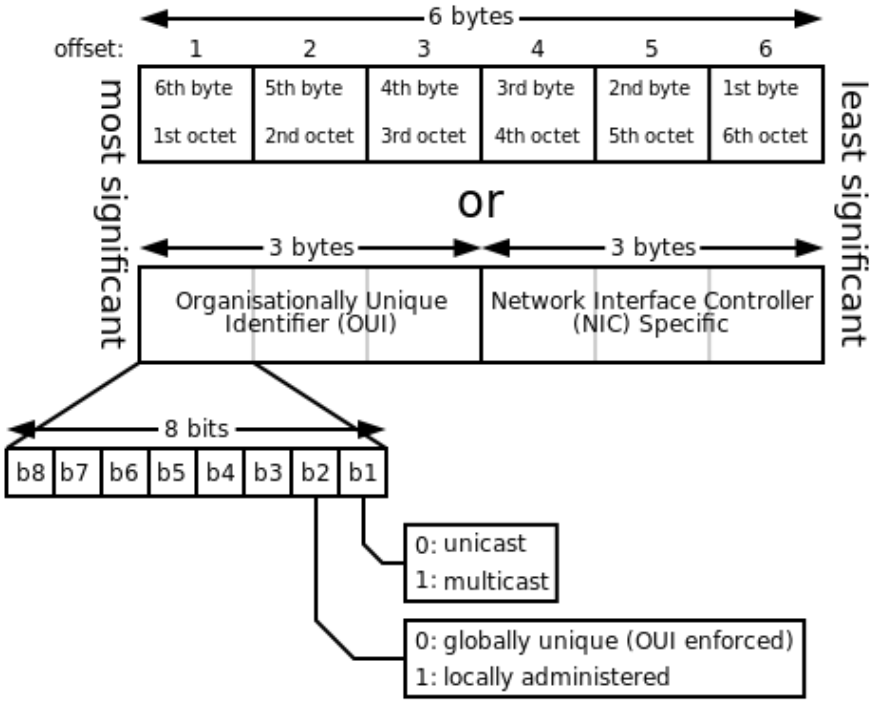
Endereços MAC (cont.)

Cada interface na rede local possui um endereço MAC único



Endereço MAC (cont.)

- Alocação de endereços MAC gerenciada pelo IEEE
- Um fabricante compra uma parte do espaço de endereços (para garantir unicidade)
- Endereço MAC tem estrutura linear => portabilidade
  - Pode mover uma placa de rede de uma rede para outra, pois não há associação com a rede
- Endereço IP não é portátil (requer IP móvel)
  - Depende da rede IP à qual o nó está conectado

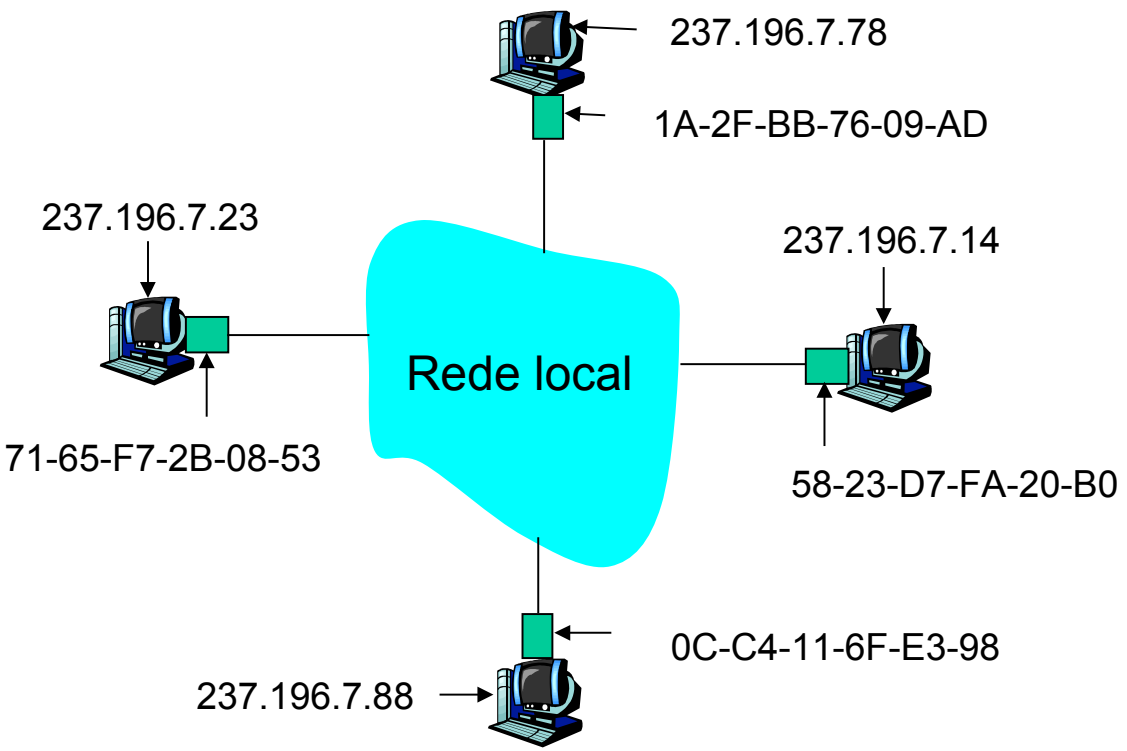


Tópicos

- Endereçamento MAC
- ARP (*Address Resolution Protocol*)
- Variantes do ARP

ARP: *Address Resolution Protocol* (Protocolo de Resolução de Endereços)

Pergunta: como associar o endereço MAC a partir do endereço IP?



- Resposta: cada nó IP (*host*, roteador) de uma rede possui uma tabela ARP
- Tabela ARP: mapeamento de endereço IP para MAC para nós da rede local

< endereço IP; endereço MAC; TTL>

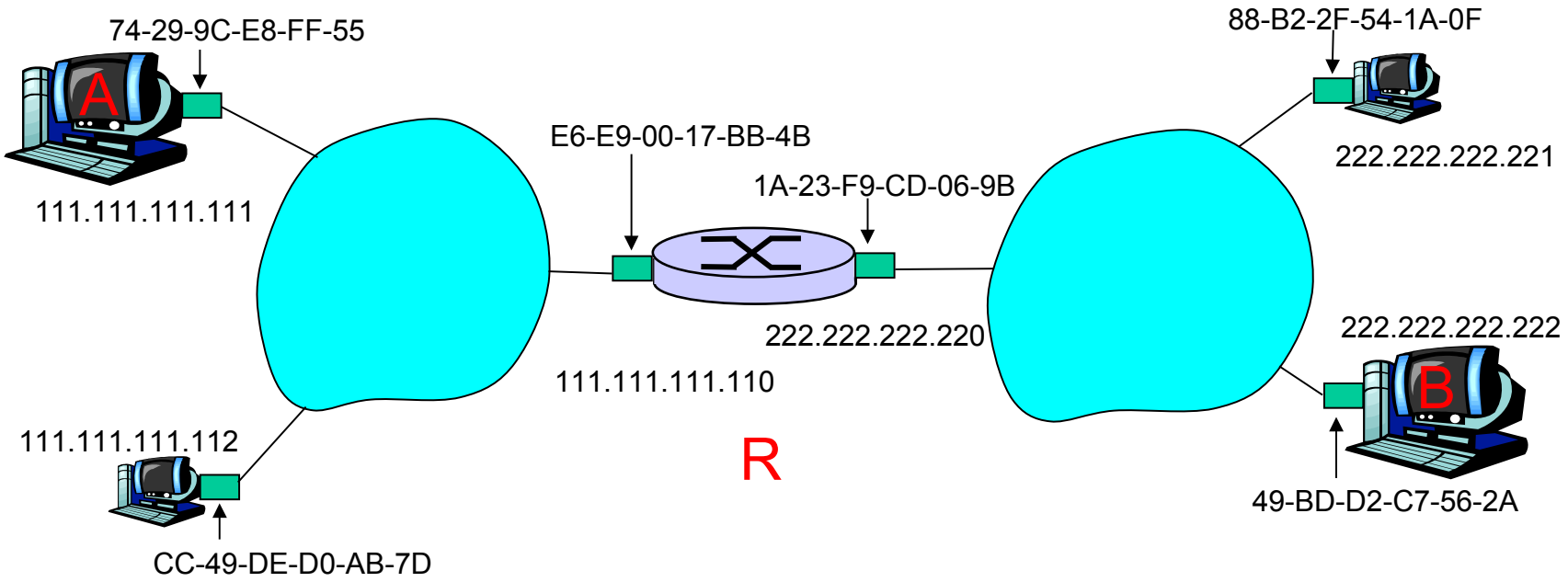
  - TTL (*Time To Live*): tempo a partir do qual o mapeamento de endereços será esquecido

Protocolo ARP – preenchendo e atualizando a tabela

- Nó A deseja enviar pacote para nó B, e o endereço MAC de B não está na tabela ARP
- Nó A difunde um pacote de solicitação ARP, que contém o endereço IP de B
  - Endereço MAC destino = FF-FF-FF-FF-FF-FF
  - Todas as máquinas na rede local recebem a consulta do ARP
- Nó B recebe o pacote ARP, responde a A com o seu endereço MAC
  - Quadro enviado para o endereço MAC (*unicast*) de A
- Uma *cache* (salva) o par de endereços IP-MAC na sua tabela ARP até que a informação fique antiquada (expire)
  - '*soft state*': informação que expira (vai embora) a menos que seja renovada
- ARP é "*plug-and-play*":
  - os nós criam suas tabelas ARP sem a intervenção do administrador da rede

Roteando um pacote para outra rede

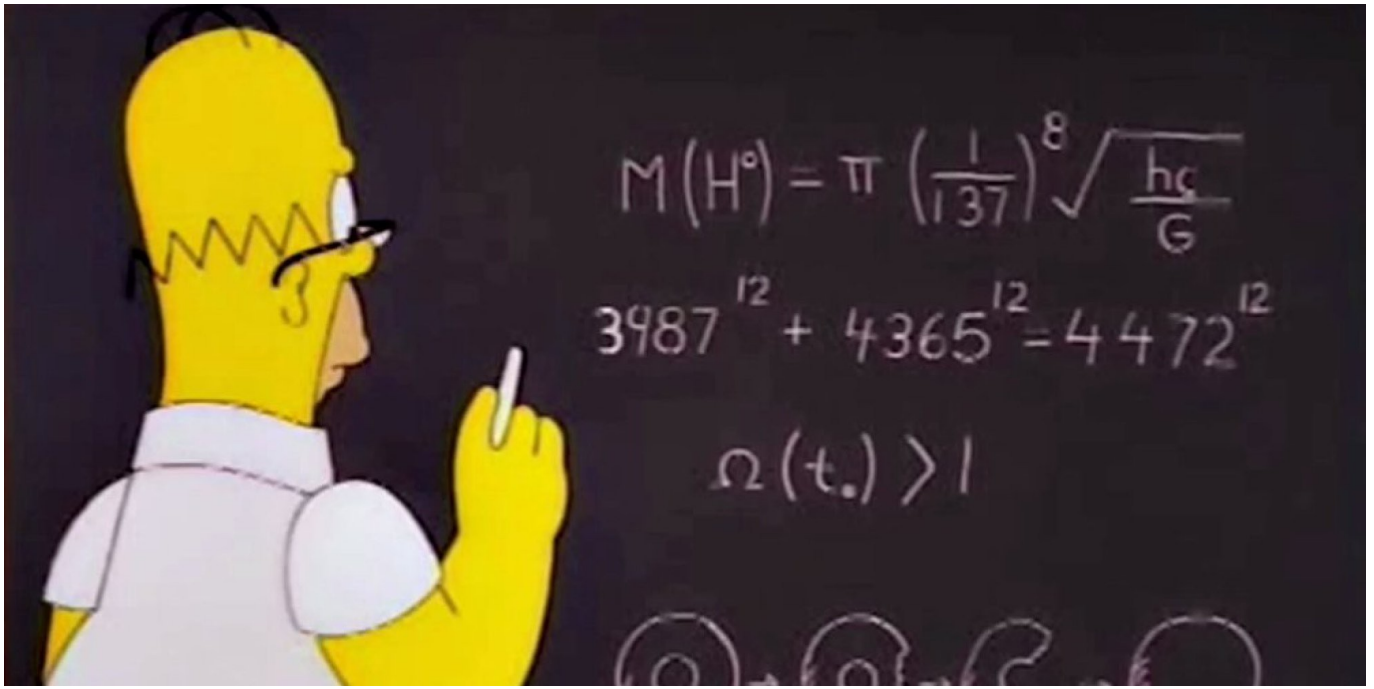
Passo a passo: envio de pacote de A para B via R, assumindo que A conhece o endereço IP de B



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

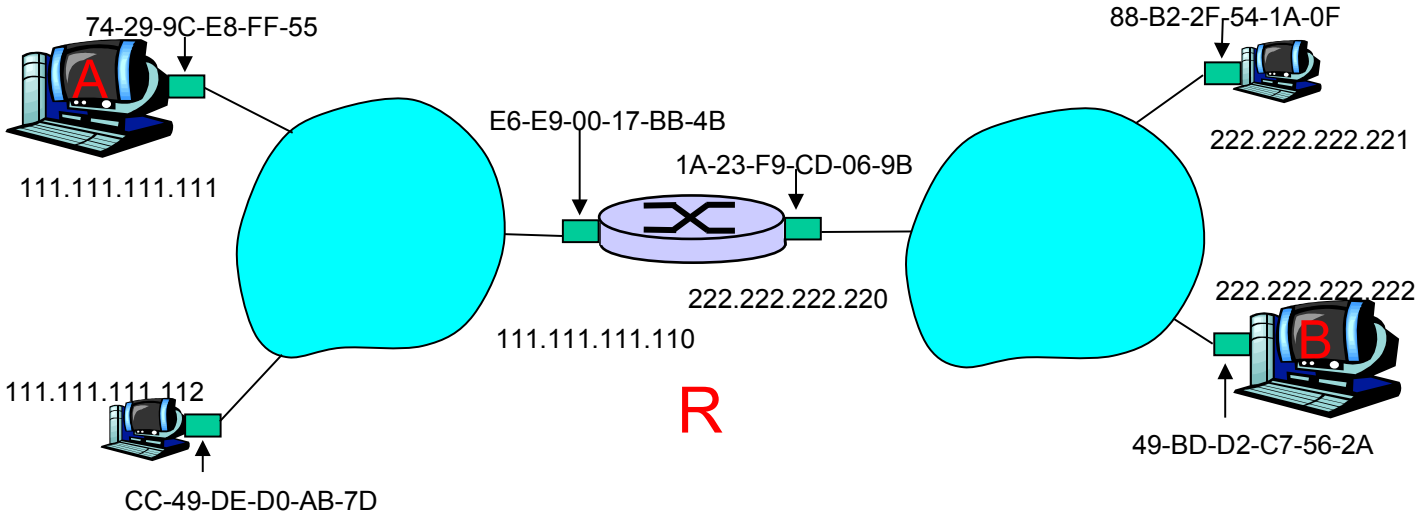
Roteando um pacote para outra rede (cont.)

- Vamos ver os principais passos e quadros envolvidos em uma transmissão inicial
  - Exemplo: equipamento acaba de ser ligado e manda um pacote para outro equipamento que também acaba de ser ligado e está na rede IP “vizinha” (figura anterior)



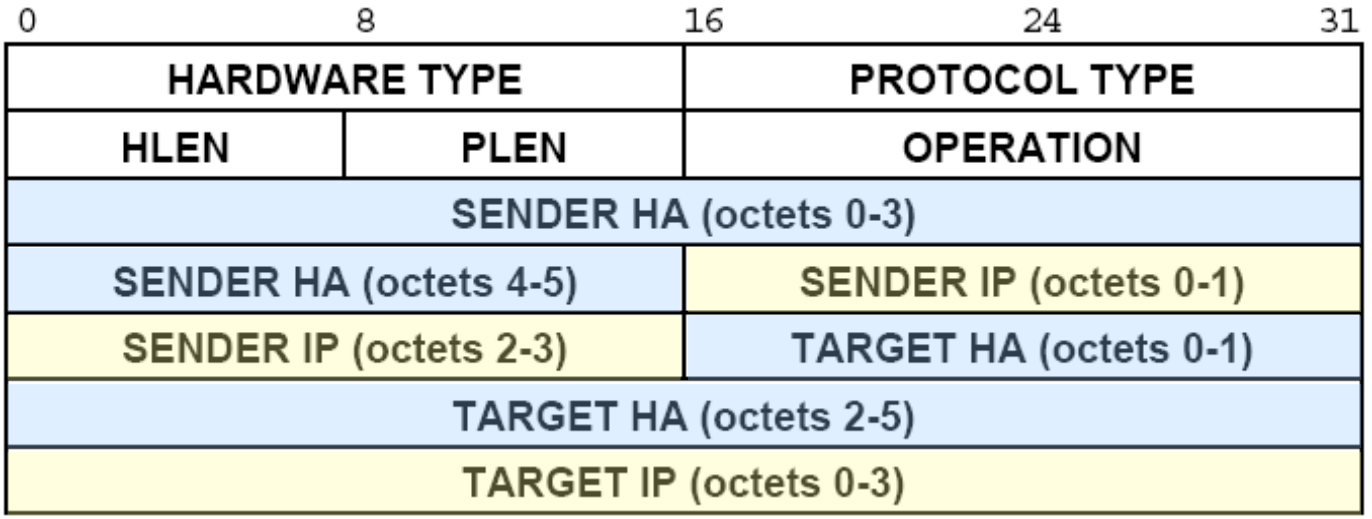
Roteando um pacote para outra rede – versão resumida

- Nó A cria pacote com origem A, destino B
- Nó A usa ARP para obter o endereço MAC de R para 111.111.111.110
- Nó A cria quadro da camada de enlace com o endereço MAC de R como destino, quadro contém pacote IP de A para B
- O adaptador (ou placa ou interface ou NIC) de A envia o quadro
- O adaptador de R recebe o quadro
- Nó R remove o pacote IP do quadro, verifica que é destinado para B
- Nó R usa ARP para obter o endereço MAC de B
- R cria quadro contendo pacote IP de A para B e o envia para B



Este é um exemplo muito importante!

Formato do pacote ARP



Hardware

IP

Exemplo: IP (versão 4) em uma rede Ethernet

HARDWARE TYPE: 1 (Ethernet)

PROTOCOL TYPE: 0800_{16} (IP – versão 4)

HLEN: 6 (*bytes* – Ethernet)

PLEN: 4 (*bytes* – IPv4)

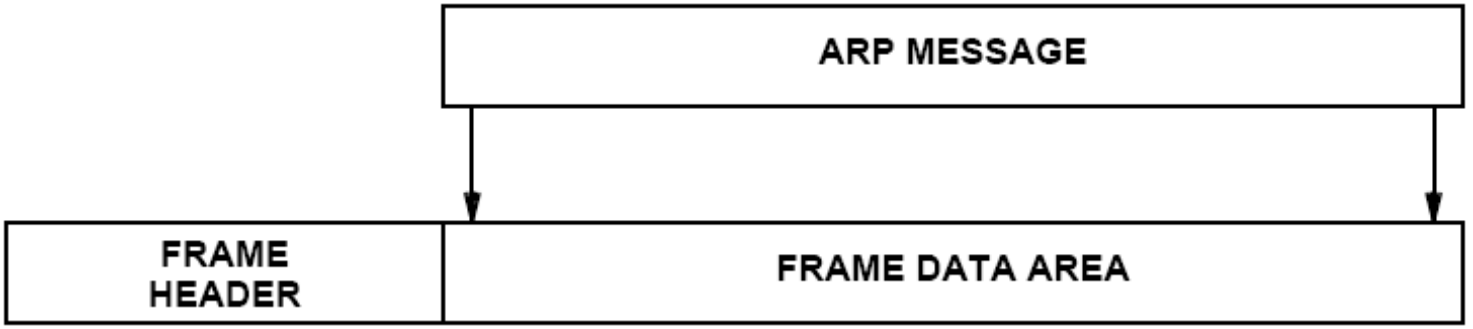
OPERATION: 1 (requisição ARP) ou 2 (resposta ARP)

Observações sobre o formato do pacote ARP

- Campos de comprimento variável, os quais dependem dos tipos dos endereços, logo o ARP pode ser usado com:
  - Endereço de *hardware* arbitrário
  - Endereço de protocolo arbitrário (qualquer versão do IP e até outros que não o IP)

Encapsulamento ARP

- A mensagem ARP é transportada dentro da parte reservada ao pacote de rede em um quadro



- ARP não vai dentro de um pacote IP, ARP não é “roteável”

Tópicos

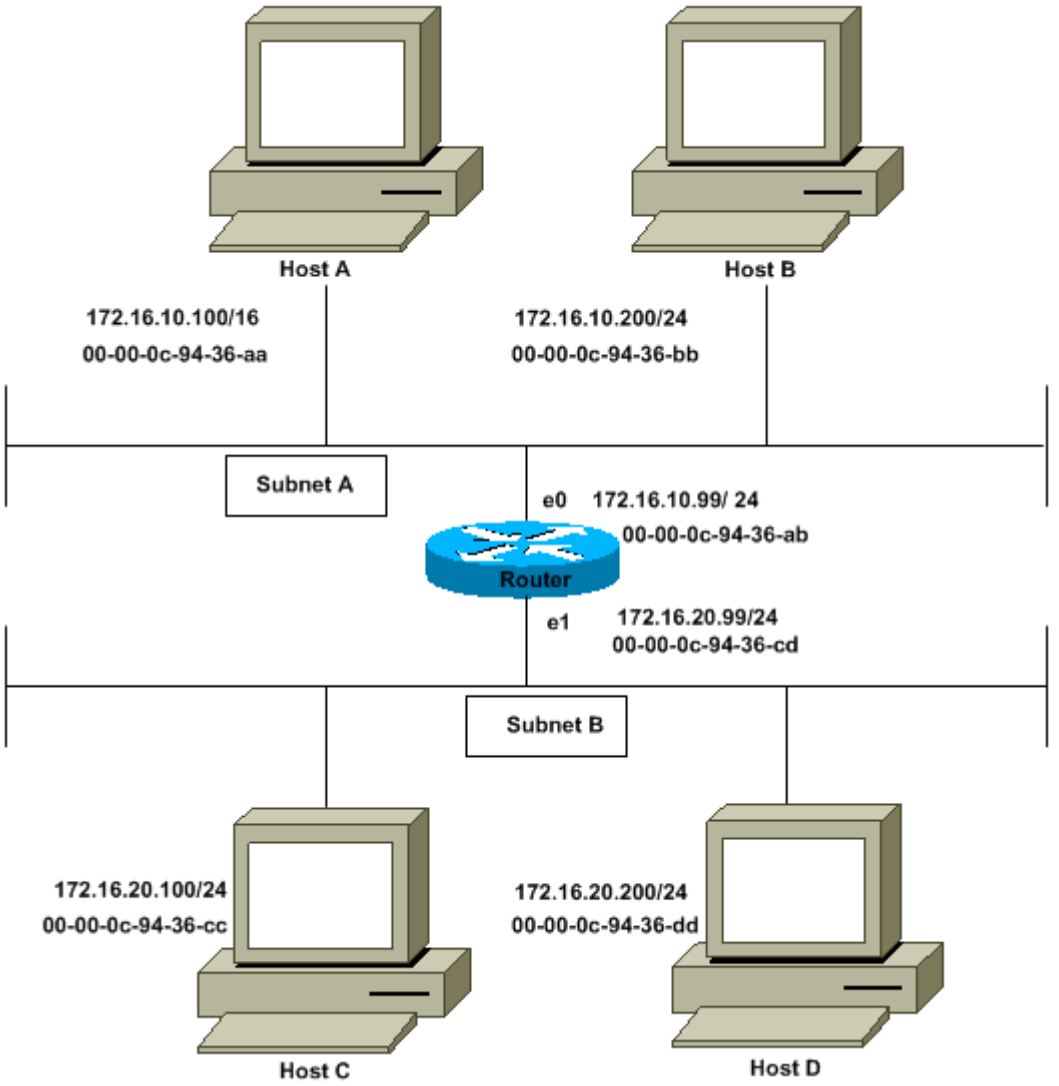
- Endereçamento MAC
- ARP (*Address Resolution Protocol*)
- Variantes do ARP – indo além da resolução convencional de endereços

Proxy ARP ou *promiscuous* ARP

- Usado para que múltiplas redes físicas compartilhem um único prefixo de rede
- Funcionamento:
  - Um *proxy* (geralmente, um roteador) responde aos pedidos ARP em nome de outro equipamento
  - Utiliza uma tabela especial para encaminhar os pacotes para a rede correta
- Exemplos de uso: VPN, *switches* nível-3 e suporte a estações móveis (*home agent*)

Proxy ARP – exemplo

- *Host* A precisa enviar pacotes para *host* C e D
  - Seu prefixo de rede indica que esses equipamentos estão na mesma rede física, logo é uma entrega direta
  - No entanto, há um roteador separando A de C e D
- Solução: implementar *proxy* ARP no roteador



ARP *spoofing* ou ARP *poisoning*

- Consiste em enviar mensagens ARP falsas, assumindo ser outro *host*
  - Similar a *Proxy* ARP, mas em contexto e com propósitos diferentes
- Embora usado para ataques do tipo *man-in-the-middle* e *denial-of-service*, tem usos legítimos:
  - Interceptação de tráfego para fins de depuração de erros de protocolos
  - Serviços de redundância em rede
    - Exemplo: um servidor X falha e outro servidor Y assume se anunciando com o mesmo IP, porém com outro HA

ARP *Probe*

- Requisição ARP com configuração especial:
  - SENDER IP: 0.0.0.0
  - SENDER HA: endereço HA do *host* de origem
  - TARGET IP: endereço IP do *host* de origem
  - TARGET HA: 00:00:00:00:00:00
  - Significado da requisição: “Este é o endereço IP que eu desejo utilizar”
- Útil para verificar se o endereço IP já está em uso, com intuito de escolher outro

Gratuitous ARP ou ARP *Announcement*

- Requisição/Resposta ARP com configuração especial:
  - SENDER IP: endereço IP do *host* de origem
  - SENDER HA: endereço HA do *host* de origem
  - TARGET IP: endereço IP do *host* de origem
  - TARGET HA: 00:00:00:00:00:00
  - Significado da requisição: “Este é o endereço IP que eu estou utilizando agora”
- Útil para:
  - verificar se o endereço IP já está em uso, com intuito de indicar um conflito
  - atualizar mais rapidamente tabelas ARP e de encaminhamento (de comutadores)
    - Por exemplo, se a interface de um *host* é substituída, o HA muda, mas o IP pode continuar