

Redes de Computadores

Protocolos ARP e ICMP

Aula 18

Introdução

- A camada de rede fornece um endereço lógico
 - Uniforme independente da tecnologia empregada pelo enlace subjacente
- No entanto, a comunicação “real” ocorre é na camada de enlace
 - e.g. na IEEE 802.3 as máquinas fonte e destino são identificadas através de seu endereço MAC e não pelo endereço lógico de rede (aliás, o enlace nem interpreta o que está carregando → encapsulamento)

As máquinas se “conhecem” através do endereço lógico da rede
MAS se comunicam através de seus endereços MAC



Mapeamento de endereço lógico para endereço físico

Resolução de nomes na Internet e redes Ethernet

- Endereços IP são “virtuais”
 - Abstração para endereçar máquinas “enxergando” apenas a camada de rede
 - Mantidos por software e não possuem uma “amarração” direta com endereço de hardware da máquina (MAC address)
- Para uma comunicação ser possível é necessário o conhecimento do endereço MAC e do endereço IP
 - Tradução de endereço IP para endereço físico
 - IP = 143.54.83.20 → MAC = 00:02:B3:29:89:8F
 - Resolução de endereços (*resolver*).

Técnicas para resolução de endereços

- Mapeamento direto
 - Considera que o endereço físico tem relação com o endereço lógico
 - Função de cálculo: ex.: obtém MAC a partir do endereço IP
 - Problema: no IPv4, o endereço IP não tem relação com o MAC
- Mapeamento indireto:
 - Baseado em troca de mensagem
 - Ex.: Requisição na forma “qual o endereço MAC associado ao IP a.b.c.d?”
 - Método mais comum
 - Duas formas básicas:
 - Centralizada (com servidor): solicitação é feita a um servidor
 - Distribuída (sem servidor): solicitação é feita a todas estações da rede
 - Rede física deve suportar *broadcast*

ARP: Address Resolution Protocol

- Protocolo para resolução de endereços baseado em troca de mensagem sem servidor
 - Portanto, necessário suporte a broadcast
 - A resolução de endereços é local ao domínio de *broadcast*
 - Na prática, corresponde a uma rede (sub-rede), sentido nível 3
- Concebido de forma a ser genérico
 - Resolver endereços lógicos de rede para qualquer endereço físico, independente de tecnologia da camada de rede e de enlace
- Mensagens básicas:
 - ARP *request*: "Qual MAC do IP 192.168.10.5?"
 - ARP *reply*: "O IP 192.168.10.5 tem o MAC 0E:08:1A:01:2A:03"

ARP PDU (encapsulada em Ethernet)

0x0806				
MAC destino	MAC origem	Tipo	Dados	CRC

Tipo de operação:
ARP request
ARP reply

1	Tipo do hardware (2 bytes)			
2	Tipo de protocolo (2 bytes)			
3	Largura end. de hardware (1 byte)		Largura end. do protocolo (1 byte)	
4	Tipo de operação (2 bytes)			
5	Endereço de hardware da estação origem (6 bytes)			
6	Endereço de protocolo da estação origem (4 bytes)			
7	Endereço de hardware da estação destino (6 bytes)			
8	Endereço de protocolo da estação destino (4 bytes)			

28 bytes

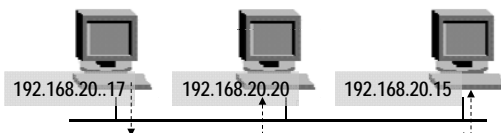
Tipo do hardware: 0x01 para Ethernet Tipo de protocolo: 0x0800 (IP)

Funcionamento do protocolo ARP

- Resolução baseada em uma tabela (cache *arp*) mantida em cada máquina → questão de desempenho
 - Se endereço não está na cache *arp* então realiza o protocolo ARP

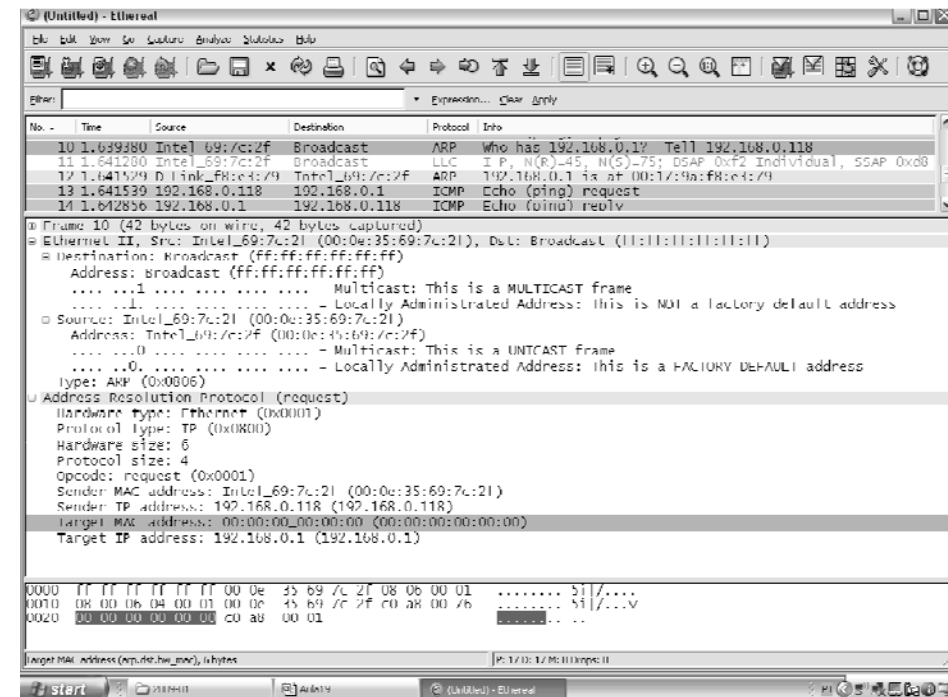
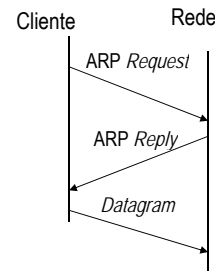
MAC address	IP address
00:02:3A:4E:5A:3F	192.168.20.12
00:02:1D:FE:1C:11	192.168.20.15

Cache ARP



Qual MAC do IP 192.168.20.20?

Problema: resolução é baseada em mensagem de *broadcast*, o que a limita ao escopo de uma sub-rede

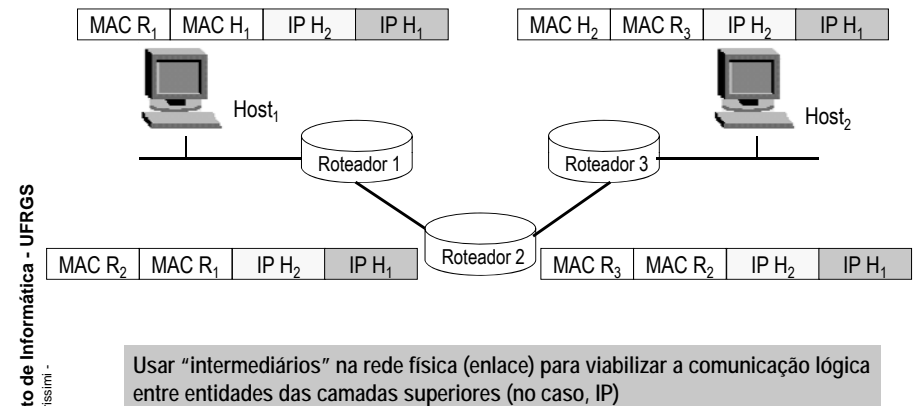


Mecanismos de entrega

- Entrega direta: origem e destino estão na mesma rede
 - Não há problema: estão no mesmo meio (enlace)
 - A máquina origem transmite e a destino “escuta”
- Entrega indireta: origem e destino não estão na mesma rede
 - Problema 1: o *broadcast* é limitado a cada rede (ARP não resolve)
 - Problema 2: a máquina origem transmite e o destino não tem como “escutar”
 - Não há um meio (enlace) comum
 - Solução: fazer a entrega por uma sequência de entregas diretas
 - Datagramas são encaminhados, rede a rede, através de intermediários
 - Intermediários são contatados com seu endereço MAC e o destino e a origem com seu endereço lógico de rede (IP)

A entrega é direta ou é indireta? Como saber? → Máscara de rede

Funcionamento de ARP entre redes (sub-redes) distintas

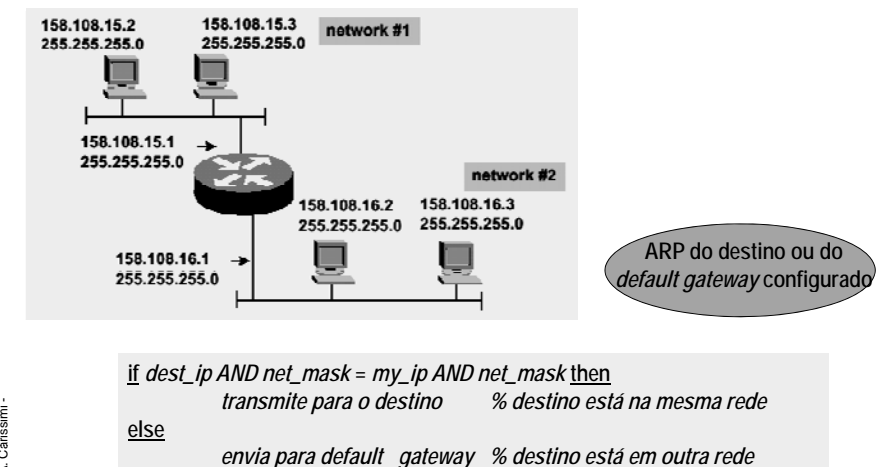


Entrega indireta: como conhecer o intermediário?

- *Default gateway* configurado na rede:
 - Datagrama é enviado para o endereço MAC desse
- Sistema intermediário emprega mensagens de “anúncio”:
 - Datagrama é enviado ao endereço MAC do sistema intermediário que se “anuncia”
- *Proxy ARP*
 - Sistema intermediário é configurado para responder com seu endereço MAC toda requisição ARP com faixa de endereços fora da sub-rede de onde o ARP request partiu.

Geralmente, o sistema intermediário é um equipamento do tipo roteador!

Funcionamento entre redes (sub-redes): *default gateway*



Parâmetros Importantes em Redes IP (situação comum)

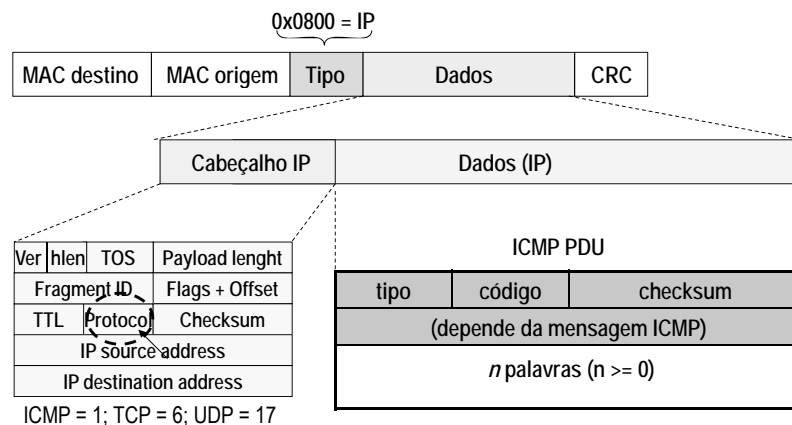
- Endereço IP
 - Forma pela qual uma máquina é identificada na Internet
 - Deve ser único (exceção quando NAT é empregado, mas nesse caso deve ser único na rede NAT)
- Máscara de rede/sub-rede
 - Importante para determinar se o destino pertence ou não a mesma rede (sub-rede) do remetente
- *Default gateway* (*gateway* padrão)
 - Indicação para quem um datagrama deve ser encaminhado caso o destino não pertença a mesma rede do remetente.

ICMP: *Internet Control Message Protocol*

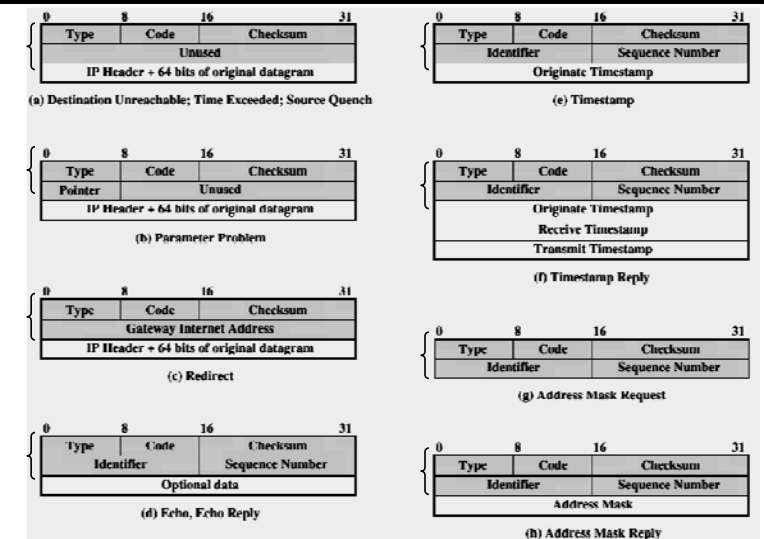
- Baseado na troca de mensagens de controle
 - Entre sistemas finais
 - Entre sistemas intermediários (roteadores) e sistemas finais
- Protocolo para sinalizar ocorrências de erros em IP
 - e.g.: destino não alcançável, falta de buffer (roteador), redirecionamento...
- Integrado ao protocolo IP
 - IP utiliza ICMP para indicar a ocorrências de erros
 - ICMP emprega IP para enviar mensagens de erros
 - Não confiável
- Descrito na RFC 792

ICMP PDU

Supondo uso do quadro Ethernet no enlace



Formatos de mensagens ICMP



Tipos de mensagens ICMP

- *Destination Unreachable*
 - Empregada sempre que não conseguir entregar um datagrama ao destinatário
 - Capaz de identificar os seguintes casos:
 - Não é possível alcançar a rede destino
 - Sistema final não implementa o protocolo ao qual o datagrama se destina
 - Não for possível enviar adiante o datagrama sem fragmentá-lo (bit DF)
- *Time exceeded*
 - Enviado ao emissor do datagrama quando:
 - Time-to-live chega a zero (sistemas intermediários e finais)
 - Ocorrência de *time-out* na remontagem de fragmentos (sistemas finais)

Tipos de mensagens ICMP (*cont.*)

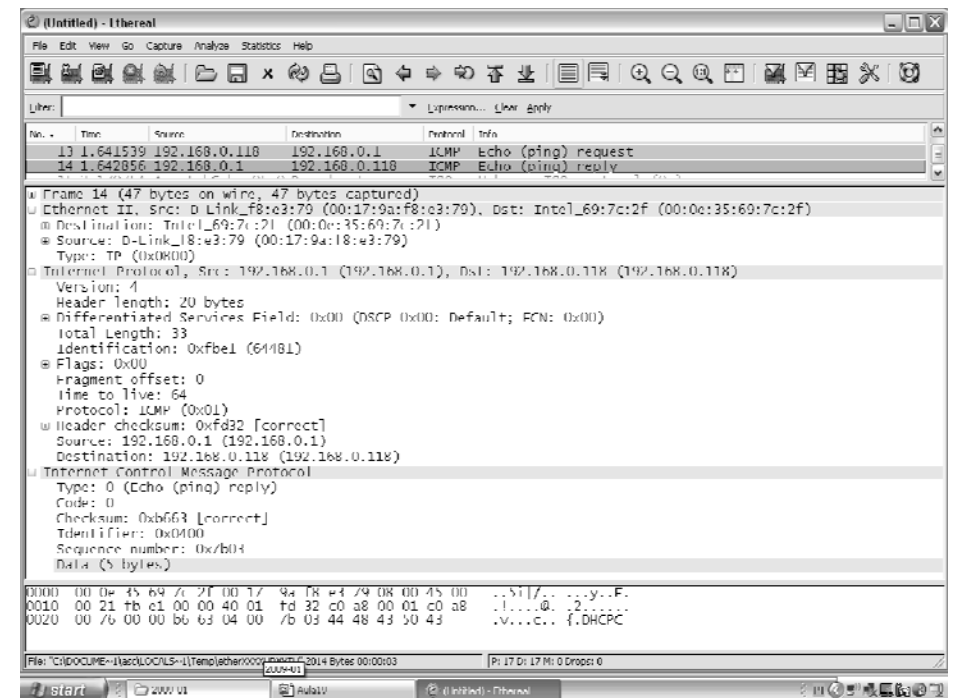
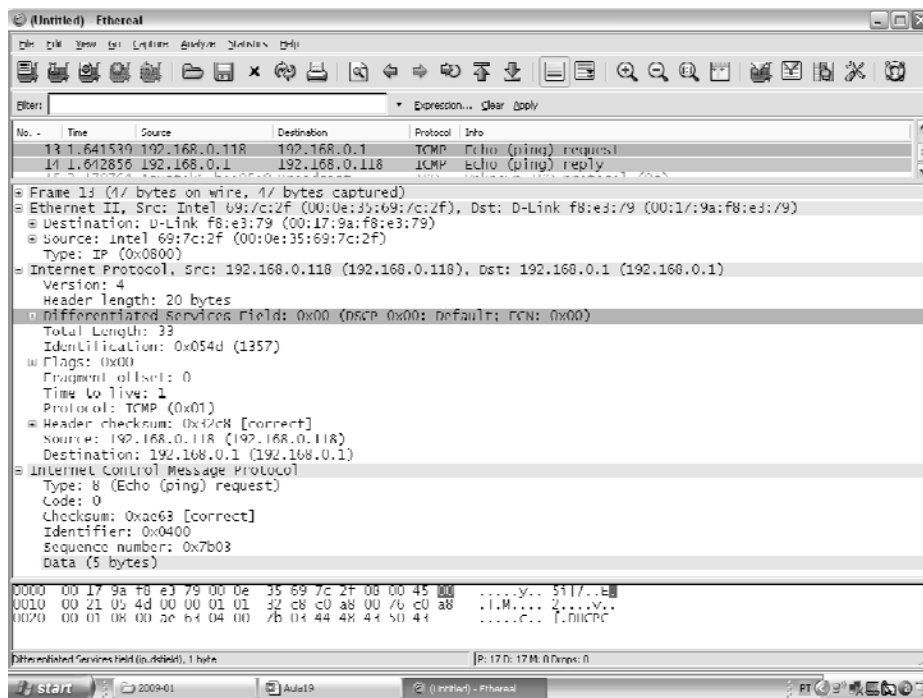
- *Source Quench*.
 - Controle de fluxo rudimentar
 - Empregado por um sistema (final ou intermediário) solicitar a redução do fluxo de envio de datagramas
- *Parameter problem*
 - Utilizado para sinalizar um erro sintático ou semântico em um cabeçalho IP
 - Enviado ao emissor tanto por sistemas intermediários (roteadores) como por sistemas finais

Tipos de mensagens ICMP (*cont.*)

- *Redirect*
 - Enviado por um roteador para sinalizar:
 - Existência de uma rota melhor para um determinado destino
 - Erro de roteamento
- *Echo request/reply*
 - Forma de testar a comunicação entre duas máquinas
 - *Request*: é enviada de um sistema qualquer a outro
 - *Reply* é a resposta a um *request* (mesma área de dados)

Tipos de mensagens ICMP (*cont.*)

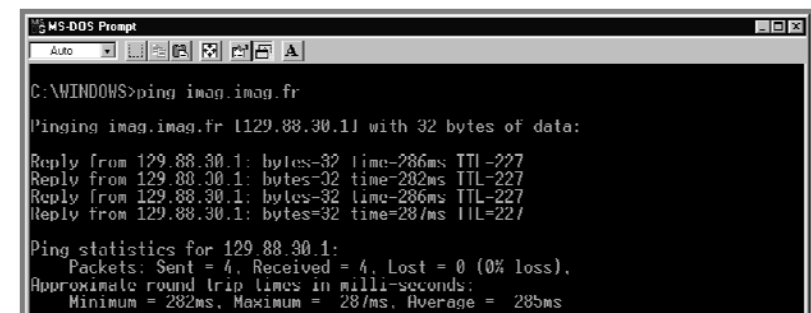
- *Time stamp request/reply*
 - Similar a mensagem de echo
 - Empregado para estimar atrasos na rede
 - *Request* inclui a hora do momento do envio
 - *Reply* adiciona a hora que foi recebido e a hora que foi transmitido
- *Address Mask Request/Reply*
 - Empregado para um sistema aprender sua máscara de subrede
 - *Mask Request*: transmitida em *broadcast*
 - *Mask Reply*: roteador da rede responde com a máscara



Empregos do ICMP

- Utilizado na Internet para detectar erros e coletar informações:
 - Determinar "alcançabilidade" de um sistema: *ping*
 - Baseado no comando *echo request/echo reply*
 - Determinar rotas: *traceroute*
 - ICMP *time exceeded*

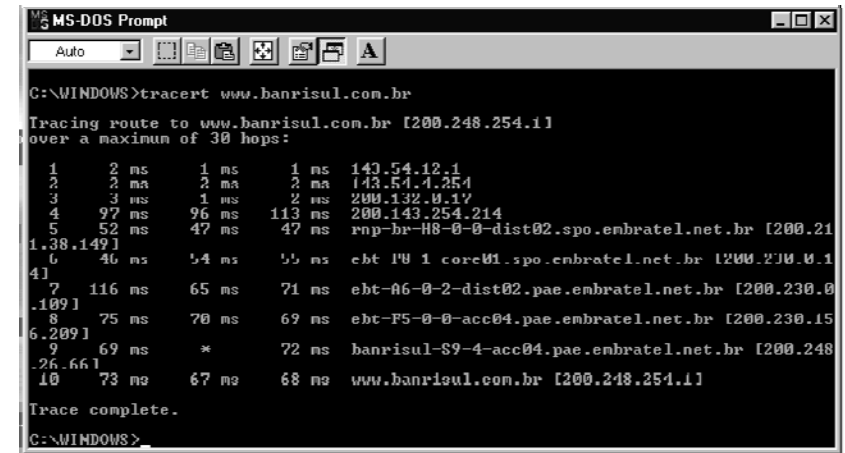
Exemplo do comando *ping*



Comando *tracert*

- Determinar caminho entre dois sistemas
- Baseado no funcionamento do campo Time to Live (TTL):
 - Envio de uma série de datagramas e espera uma resposta
 - Primeiro pacote tem TTL=1
 - primeiro roteador descarta o pacote e envia de volta uma mensagem do tipo ICMP time exceeded
 - possível detectar o endereço do roteador a partir do campo source do datagrama ICMP de resposta
 - Incrementa o TTL de uma unidade e repete o procedimento

Exemplo de *tracert*



```
MS-DOS Prompt
Auto
C:\WINDOWS>tracert www.banrisul.com.br

Tracing route to www.banrisul.com.br [200.248.254.1]
over a maximum of 30 hops:

  0  1 ms  1 ms  1 ms  143.54.12.1
  1  2 ms  2 ms  2 ms  143.54.4.254
  2  3 ms  1 ms  2 ms  200.132.0.17
  3  97 ms  96 ms  113 ms  200.143.254.214
  4  52 ms  47 ms  47 ms  rnp-br-H8-0-0-dist02.spo.embratel.net.br [200.21
1.38.149]
  5  46 ms  54 ms  55 ms  ebt-F0-1-core01.spo.embratel.net.br [200.230.0.1
4]
  6  116 ms  65 ms  71 ms  ebt-A6-0-2-dist02.pae.embratel.net.br [200.230.0
.109]
  7  75 ms  70 ms  69 ms  ebt-F5-0-0-acc04.pae.embratel.net.br [200.230.15
6.209]
  8  69 ms  *  72 ms  banrisul-S9-4-acc04.pae.embratel.net.br [200.248
.26.66]
  9  73 ms  67 ms  68 ms  www.banrisul.com.br [200.248.254.1]

Trace complete.
C:\WINDOWS>
```

Leituras complementares

- Stallings, W. *Data and Computer Communications* (6th edition), Prentice Hall 1999.
 - Capítulo 15, seção 15.3
- Tanenbaum, A. *Computer Networks* (3th edition), Prentice Hall 1996.
 - Capítulo 5, seção 5.5.4
- Carissimi, A.; Rochol, J; Granville, L.Z; *Redes de Computadores*. Série Livros Didáticos. Bookman 2009.
 - Capítulo 5, seções 5.5.3 e 5.5.5