



Redes de Computadores

Capítulo 4.4 – IP (Internet Protocol)

Prof. Jó Ueyama
Abril/2011



A camada de rede da Internet

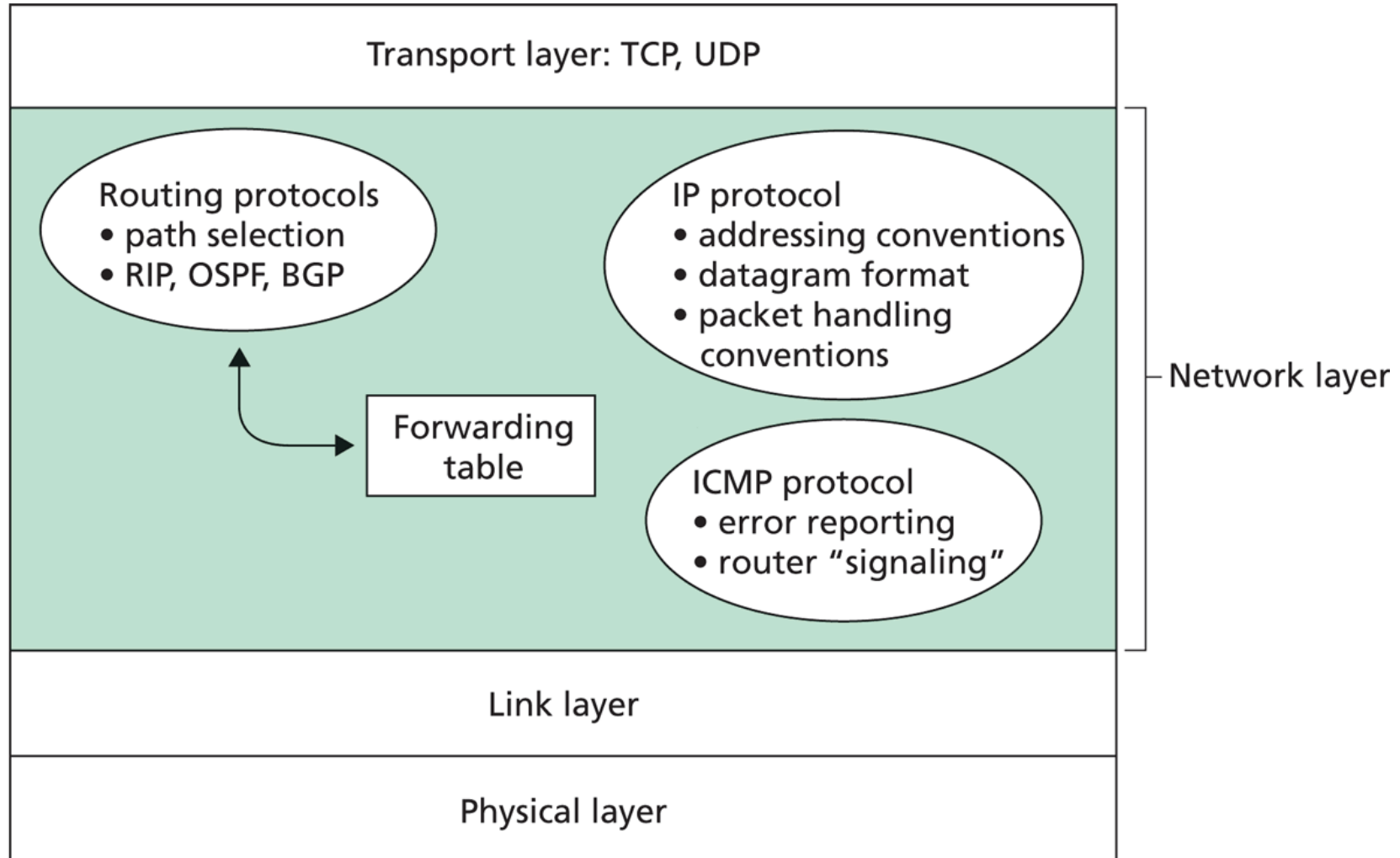


Figure 4.12 ♦ A look inside the Internet's network layer



Protocolo Internet (IP)

- IP v4 – RFC 791
 - em uso na Internet.
- IP v6 – RFC 2373 e 2460
 - proposta para substituir IP v4.
- Funções na Internet:
 - endereçamento;
 - repasse (ou encaminhamento ou comutação).



Formato do Datagrama IPv4

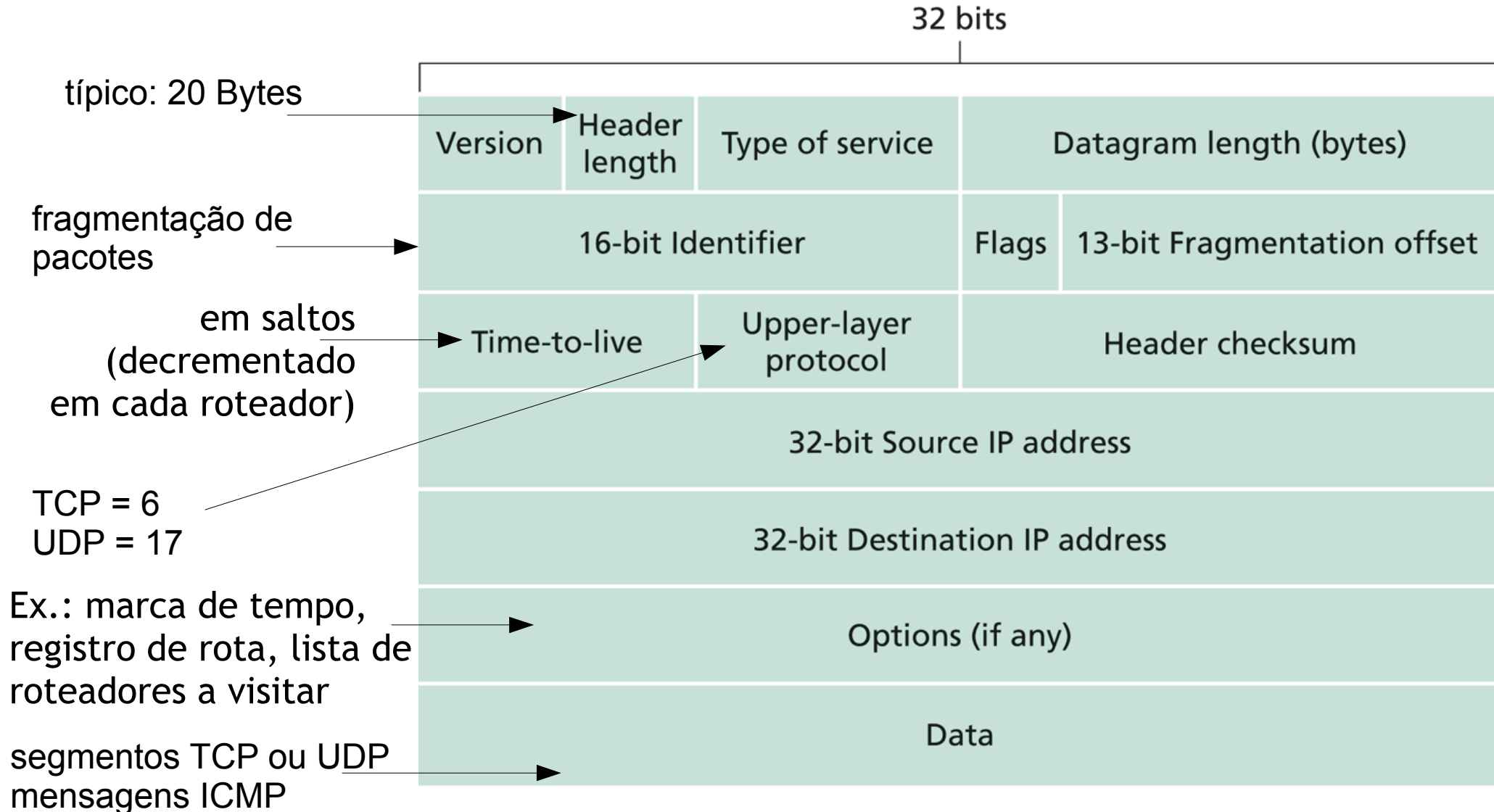
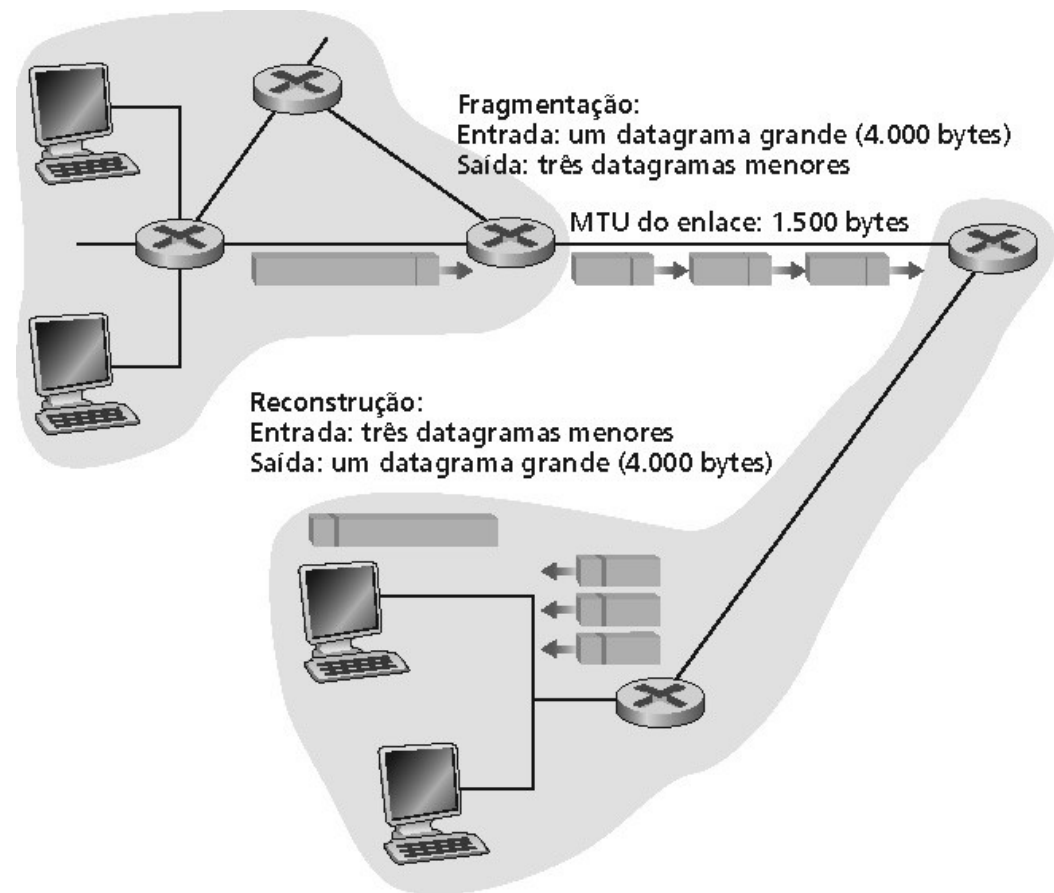


Figure 4.13 ♦ IPv4 datagram format

Fragmentação e reconstrução IP

- Enlaces de rede diferentes possuem MTU diferentes
- Ethernet: 1.518 bytes
- Datagramas IP grandes devem ser divididos dentro da rede (fragmentados).
- O cabeçalho IP é usado para identificar e ordenar datagramas relacionados.





Fragmentação e reconstrução IP

- **Exemplo**
- datagrama de 4000 bytes
- MTU = 1500 bytes

tamanho =4000	ID =x	frag flag =0	offset =0	
------------------	----------	-----------------	--------------	--

Um grande datagrama se torna vários datagramas menores

tamanho =1500	ID =x	frag flag =1	offset =0	
------------------	----------	-----------------	--------------	--

tamanho =1500	ID =x	frag flag =1	offset = 185	
------------------	----------	-----------------	-----------------	--

tamanho =1060	ID =x	frag flag =0	offset = 370	
------------------	----------	-----------------	-----------------	--

1480 bytes no campo de dados

offset (em múltiplos de 8 bytes) =
 $1480/8 = 185$



Fragmentação e reconstrução IP

- Applet com exemplo de cálculo de fragmentos em:
http://media.pearsoncmg.com/aw/aw_kur_ose_network_2/applets/ip/ipfragmentation.html



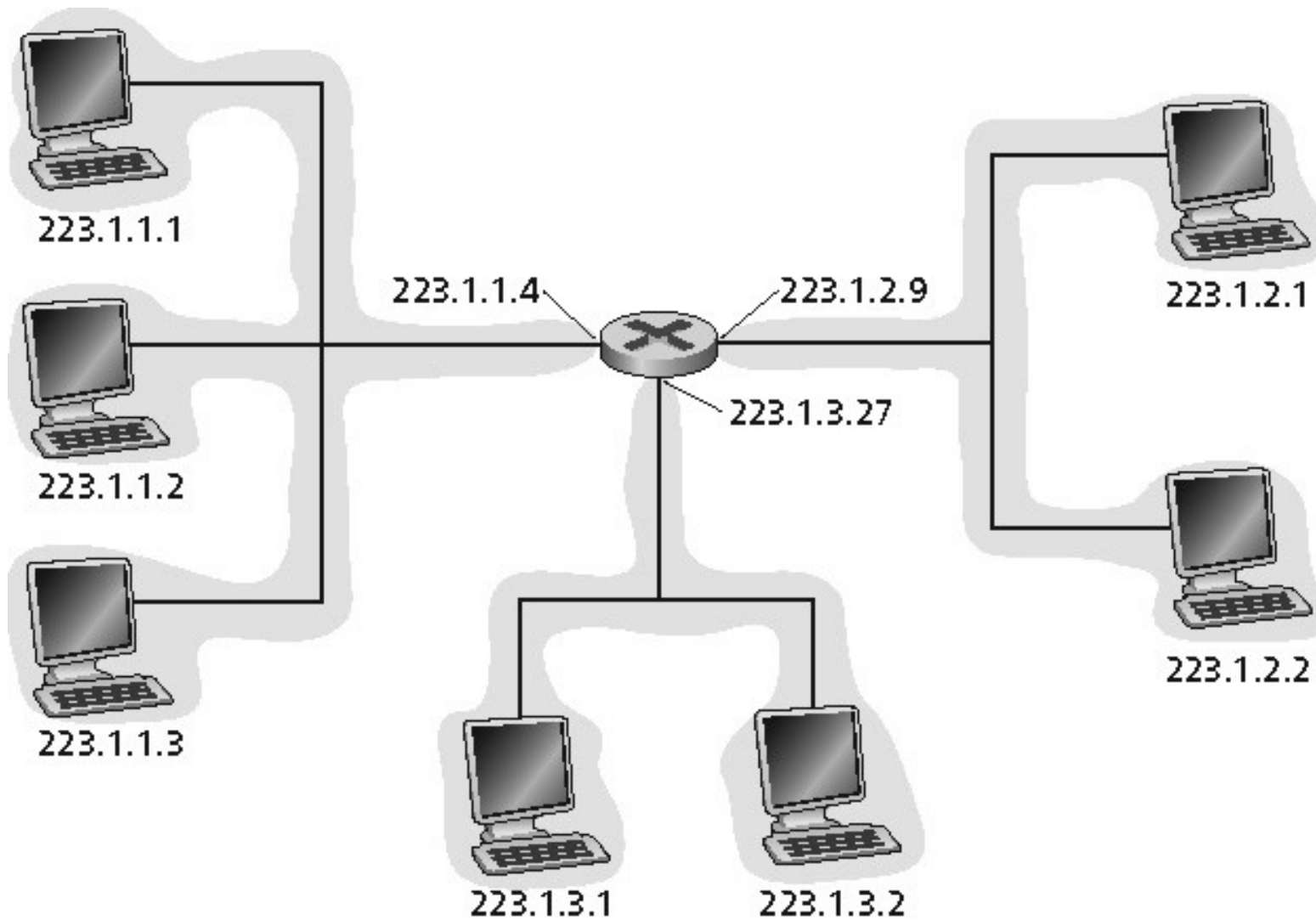
Endereçamento IP



Endereços IP

- “Um endereço IP é um número binário de 32 bits único atribuído a um host e usado para toda a comunicação com este”.
- Escritos em notação decimal separada por pontos (*dotted-decimal notation*)
- Ex.: 223.1.1.1 =
11011111 00000001 00000001 00000001

Endereços IP





Hierarquia de Endereços IP

- Cada endereço IP é dividido em 2 partes:
prefixo e sufixo.
 - prefixo: identifica a rede física ao qual o computador está conectado;
 - sufixo: identifica um *host* na rede específica.



Endereçamento IP de Classes

- ou *Classfull IP Addressing*
- 3 classes primárias e 1 para *multicast*.
- 4 bits iniciais determinam a classe.

bits 0 1 2 3 8 16 24 31

Classe A 0 prefixo sufixo

Classe B 10 prefixo sufixo

Classe C 110 prefixo sufixo

Classe D 1110 endereço multicast

Classe E 1111 reservado para uso futuro



Endereçamento IP de Classes

- Gama de endereços (primeiros 8 bits):
 - Classe A - 0 a 127
 - Classe B - 128 a 191
 - Classe C - 192 a 223
 - Classe D - 224 a 239
 - Classe E - 240 a 255

Classe do Endereço	Bits no prefixo	Número máximo de redes	Bits no sufixo	Número máximo de hosts/rede
A	7	128	24	16777216
B	14	16384	16	65536
C	21	2097152	8	256

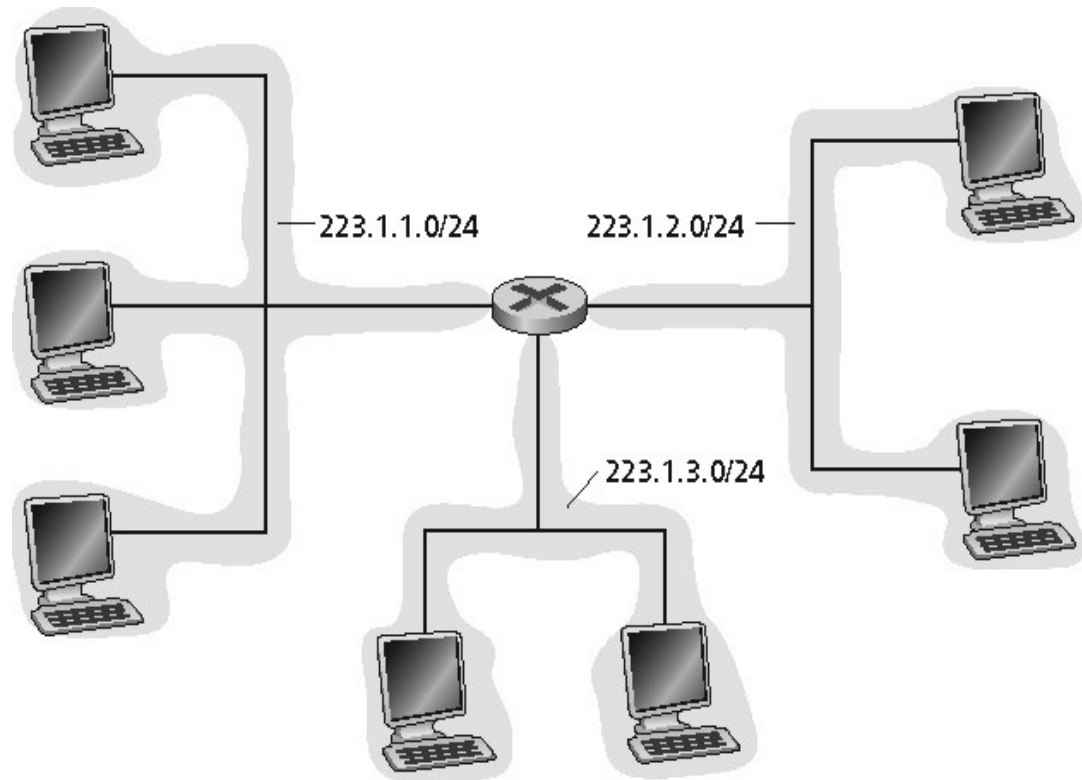


Como separar sufixos e prefixos IP?

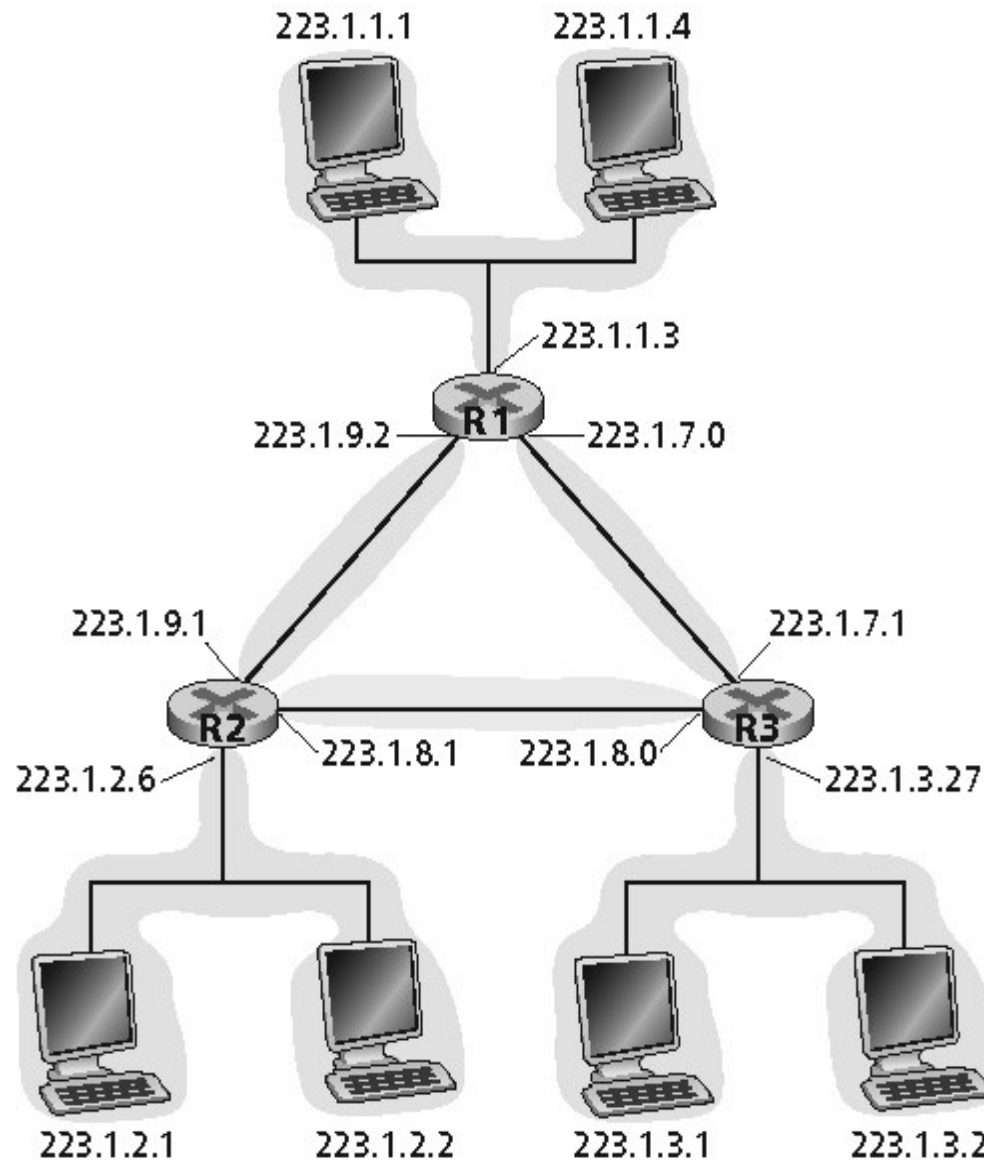
- Roteadores decidem caminhos baseados em endereços, porém utilizam somente o sufixo (parte da rede)!
- Como separar o sufixo do prefixo?
 - Através de **máscaras de rede!**
- Máscaras das classes de endereço:
 - classe A – 255.0.0.0 (8 bits)
 - classe B – 255.255.0.0 (16 bits)
 - classe C – 255.255.255.0 (24 bits)

O que são sub-redes?

- ▽ Interfaces de dispositivo com o mesmo sufixo do endereço IP.
- ▽ Podem alcançar fisicamente uns aos outros sem intervenção de roteador.
- ▽ Mesmo domínio de broadcast!



Exemplo: Quantas sub-redes?





Endereços IP Reservados

- Utilizados para fins específicos

0 0		This host		
0 0	...	0 0	Host	A host on this network
1 1				Broadcast on the local network
Network	1 1 1 1	...	1 1 1 1	Broadcast on a distant network
127	(Anything)			Loopback



Endereçamento IP CIDR

- CIDR = *Classless InterDomain Routing*
- O uso de endereços IP com classes não é flexível!
- Ex.: USP possui endereço 143.107.0.0
 - qual a classe desse endereço?
 - como distribuir entre as diversas unidades?
 - como ficam as tabelas de roteamento?



Endereçamento IP CIDR

- ∇ A porção de endereço de rede tem tamanho arbitrário.
- ∇ Formato do endereço: **a.B.C.D/x**, em que **x** é o número de bits na parte de rede do endereço.
- ∇ Ex.: 200.23.16.0/**24**
11001000 00010111 00010000 00000000



CIDR endereços IP flexíveis

- O host com máscara 255.255.255.192
- 11111111.11111111.11111111.11000000
- Não desperdiça endereços IP
- Essa é a vantagem em relação às classes cheias



Como a interface de rede obtém IP?

- ∇ Definido pelo administrador do sistema em “arquivos de configuração”.
- ∇ **DHCP**: **D**ynamic **H**ost **C**onfiguration **P**rotocol
 - obtém dinamicamente endereços IP de um servidor.



E o endereço IP da rede?

- ▽ **ICANN: Internet Corporation for Assigned Names and Numbers**
 - aloca endereços;
 - gerencia DNS;
 - atribui nomes de domínios e resolve disputas.

- ▽ **Brasil:**
 - LACNIC: <http://www.lacnic.net/pt/registro/>
 - através de ISPs (provedores de serviço).



Tradução de Endereços de Rede



Tradução de Endereços de Rede

- ▽ NAT = Network Address Translation
- ▽ Motivação:
 - número reduzido de IPs disponíveis;
 - simplificar configurações:
 - redes locais podem utilizar apenas um endereço IP!
 - pode-se mudar de ISP sem alterar os endereços dos dispositivos na rede local.
 - Segurança: dispositivos da rede local não são explicitamente endereçáveis ou visíveis pelo mundo exterior.



NAT: Funcionamento

- ▽ O roteador que implementa NAT deve:
 - **Datagramas que saem: substituir** (endereço IP de origem, porta #) de cada datagrama para (endereço IP do NAT, nova porta #).
 - . . . clientes/servidores remotos responderão usando (endereço IP do NAT, nova porta #) como endereço de destino.
 - **Lembrar (na tabela de tradução do NAT)** cada (endereço IP de origem, porta #) para o par de tradução (endereço IP do NAT, nova porta #).



NAT: Funcionamento (2)

- ▽ O roteador que implementa NAT deve:
 - **Datagramas que chegam: substituir** (endereço IP do NAT, nova porta #) nos campos de destino de cada datagrama pelos correspondentes (endereço IP de origem, porta #) armazenados da tabela NAT.

NAT

NAT translation table	
WAN side	LAN side
138.76.29.7, 5001	10.00.00.1, 3345
...	...

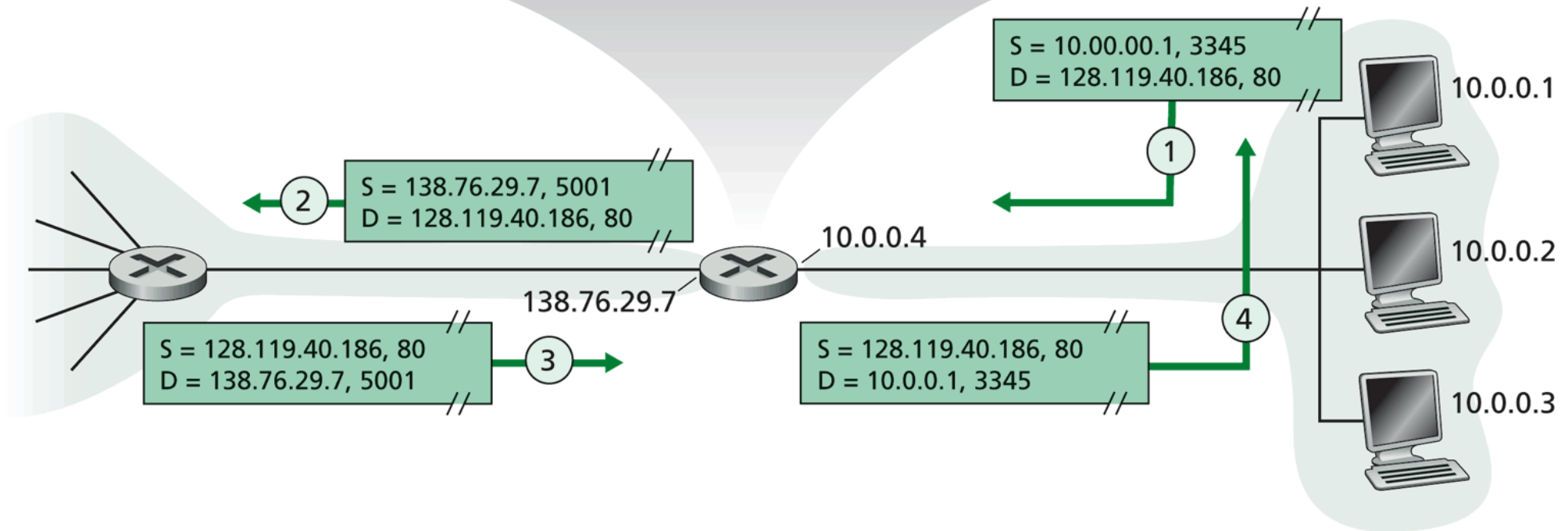


Figure 4.20 ♦ Network address translation



NAT: considerações

- ∇ Campo número de porta com 16 bits:
 - 60.000 conexões simultâneas com um único endereço de LAN.
- ∇ NAT é controverso:
 - roteadores deveriam processar somente até a camada 3;
 - violação do argumento fim-a-fim;
 - a possibilidade de NAT deve ser levada em conta pelos desenvolvedores de aplicações;
 - ex.: aplicações P2P.
 - escassez de endereços resolvida pelo IPv6.²⁸



ICMP: Internet Control Message Protocol



ICMP: Internet Control Message Protocol

- ∇ Usado por computadores e roteadores para troca de informação de controle da camada de rede:
 - comunicação de erros: hospedeiro, rede, porta ou protocolo.
 - requisição/resposta de eco (usado pela aplicação ping).



Mensagens ICMP

- ∇ Mensagens ICMP transportadas em datagramas IP.
- ∇ **Mensagem ICMP:** tipo, código, mais primeiros 8 bytes do datagrama IP que causou o erro.



ICMP: Internet Control Message Protocol

ICMP Type	Code	Description
0	0	echo reply (to ping)
3	0	destination network unreachable
3	1	destination host unreachable
3	2	destination protocol unreachable
3	3	destination port unreachable
3	6	destination network unknown
3	7	destination host unknown
4	0	source quench (congestion control)
8	0	echo request
9	0	router advertisement
10	0	router discovery
11	0	TTL expired
12	0	IP header bad

Figure 4.21 ♦ ICMP message types



traceroute e ICMP

- ∇ O transmissor envia uma série de segmentos UDP para o destino:
 - 1º possui TTL = 1, 2º possui TTL = 2, etc.
 - nº de porta improvável.
- ∇ Quando o enésimo datagrama chega ao enésimo roteador:
 - o roteador descarta o datagrama;
 - e envia à origem uma mensagem ICMP (type 11, code 0);
 - a mensagem inclui o nome do roteador e o endereço IP.
- ∇ Quando a mensagem ICMP chega, a origem calcula o RTT.
- ∇ O traceroute faz isso três vezes.
- ∇ **Critério de interrupção:**
 - segmento UDP finalmente chega ao hospedeiro de destino;
 - destino retorna o pacote ICMP “hospedeiro unreachable” (type 3, code 3).
- ∇ Quando a origem obtém esse ICMP, ela pára.



IP v6

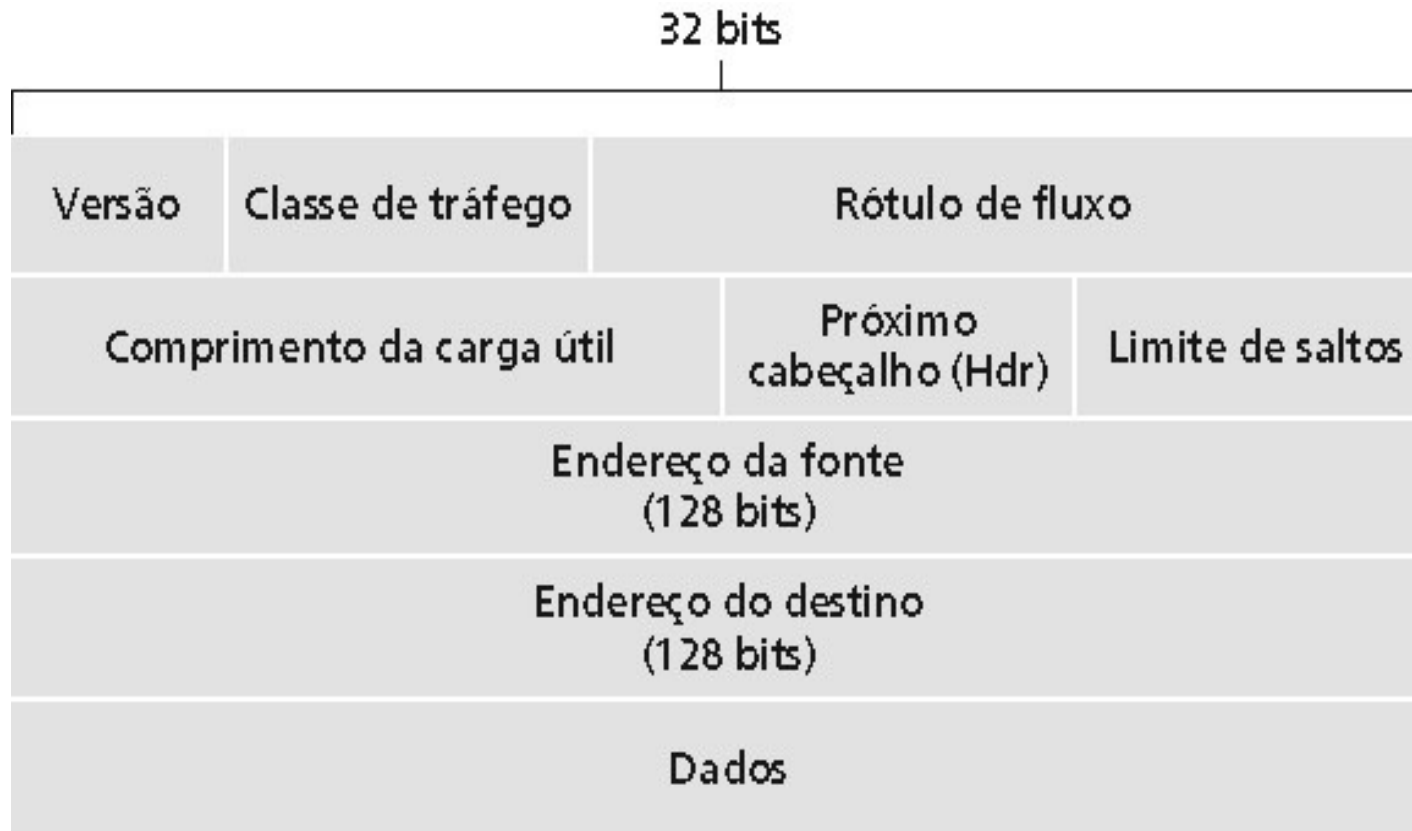


IPv6

- ▽ Motivação inicial: o espaço de endereços de 32 bits está próximo de esgotar-se.
- ▽ Motivação adicional:
 - melhorar formato do cabeçalho para aumentar velocidade de processamento e de transmissão;
 - mudanças no cabeçalho para incorporar mecanismos de controle de QoS.
- ▽ Formato do datagrama IPv6:
 - cabeçalho fixo de 40 bytes;
 - não é permitida fragmentação.



Cabeçalho IPv6



Prioridade: prioridades diferenciadas para vários fluxos de informação

Rótulo de Fluxo: identifica datagramas do mesmo “fluxo.”

Próximo cabeçalho: identifica o protocolo da camada superior ou um cabeçalho auxiliar.

Endereço: 128 bits definidos na RFC 2373.



Outras mudanças

- ▽ **Checksum:** removido para reduzir o tempo de processamento em cada salto.
- ▽ **Options:** permitidas, mas alocadas em cabeçalhos suplementares, indicados pelo campo “Next header”.
- ▽ **ICMPv6:** nova versão de ICMP (RFC2463)
 - tipos de mensagens adicionais, ex.: “Packet Too Big”.
 - funções de gerenciamento de grupos multicast (IGMP) era separado no ICMPv4.



Transição IPv4 para IPv6

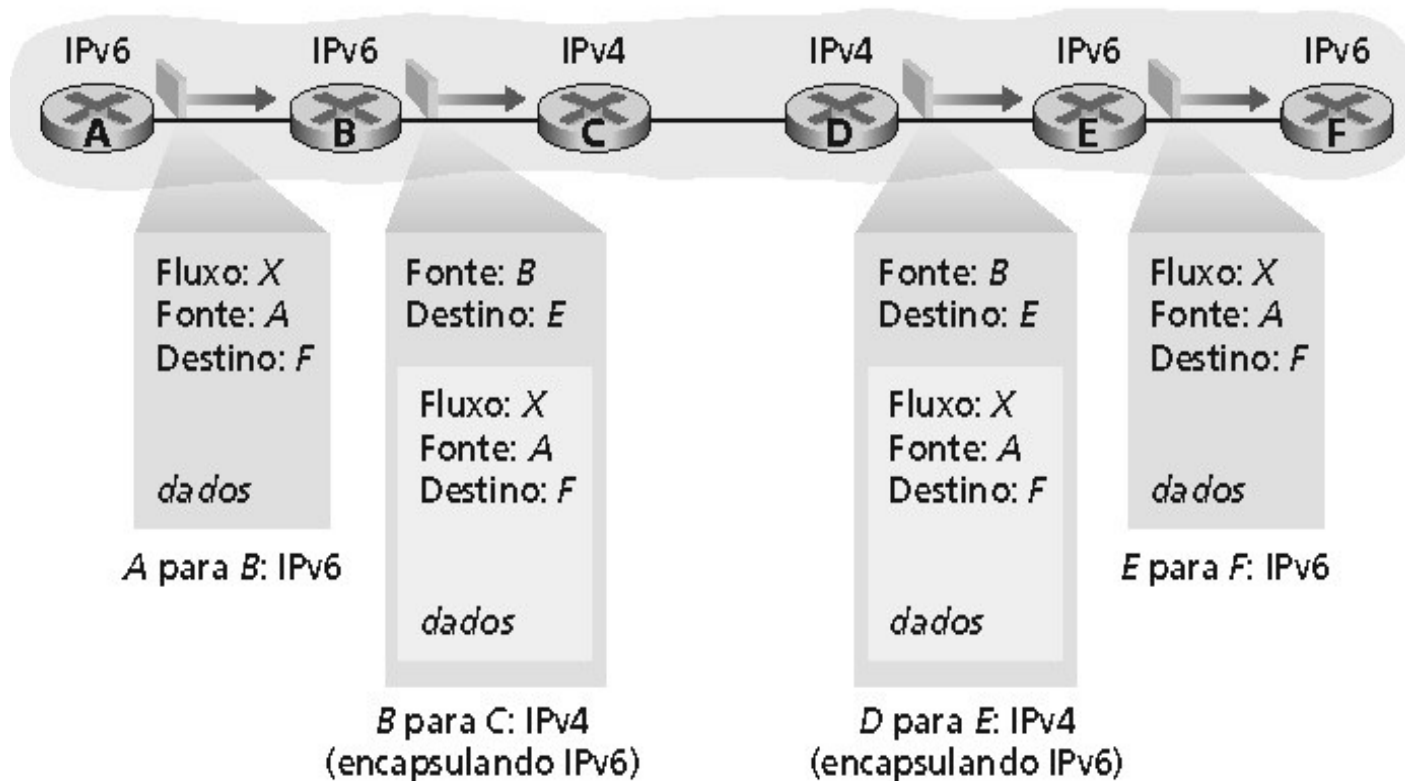
- ▽ Nem todos os roteadores poderão ser atualizados simultaneamente!
- ▽ Como a rede irá operar com roteadores mistos de IPv4 e IPv6?
 - Tunelamento:** IPv6 transportado dentro de pacotes IPv4 entre roteadores IPv4.

Transição IPv4 para IPv6

Visão lógica



Visão física





Finalizando...

- ∇ Concluimos a parte do endereçamento IP
- ∇ Próximo assunto: algoritmos de roteamento