



**EACH**

Escola de Artes, Ciências e Humanidades  
da Universidade de São Paulo

---

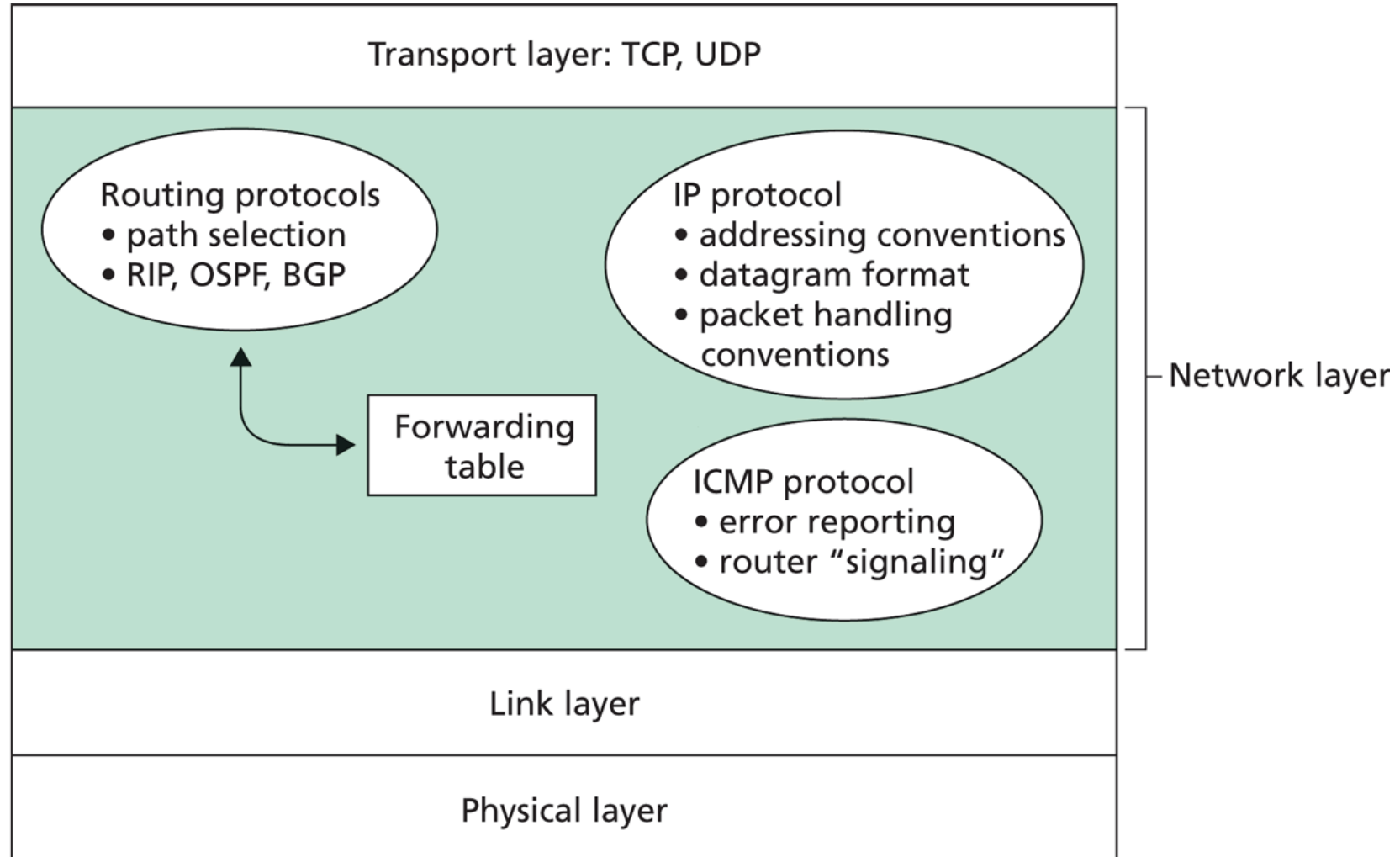
# Redes de Computadores

## Capítulo 4.4 – IP (Internet Protocol)

Profa. Cíntia B. Margi  
Outubro/2009



# A camada de rede da Internet



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



# Protocolo Internet (IP)

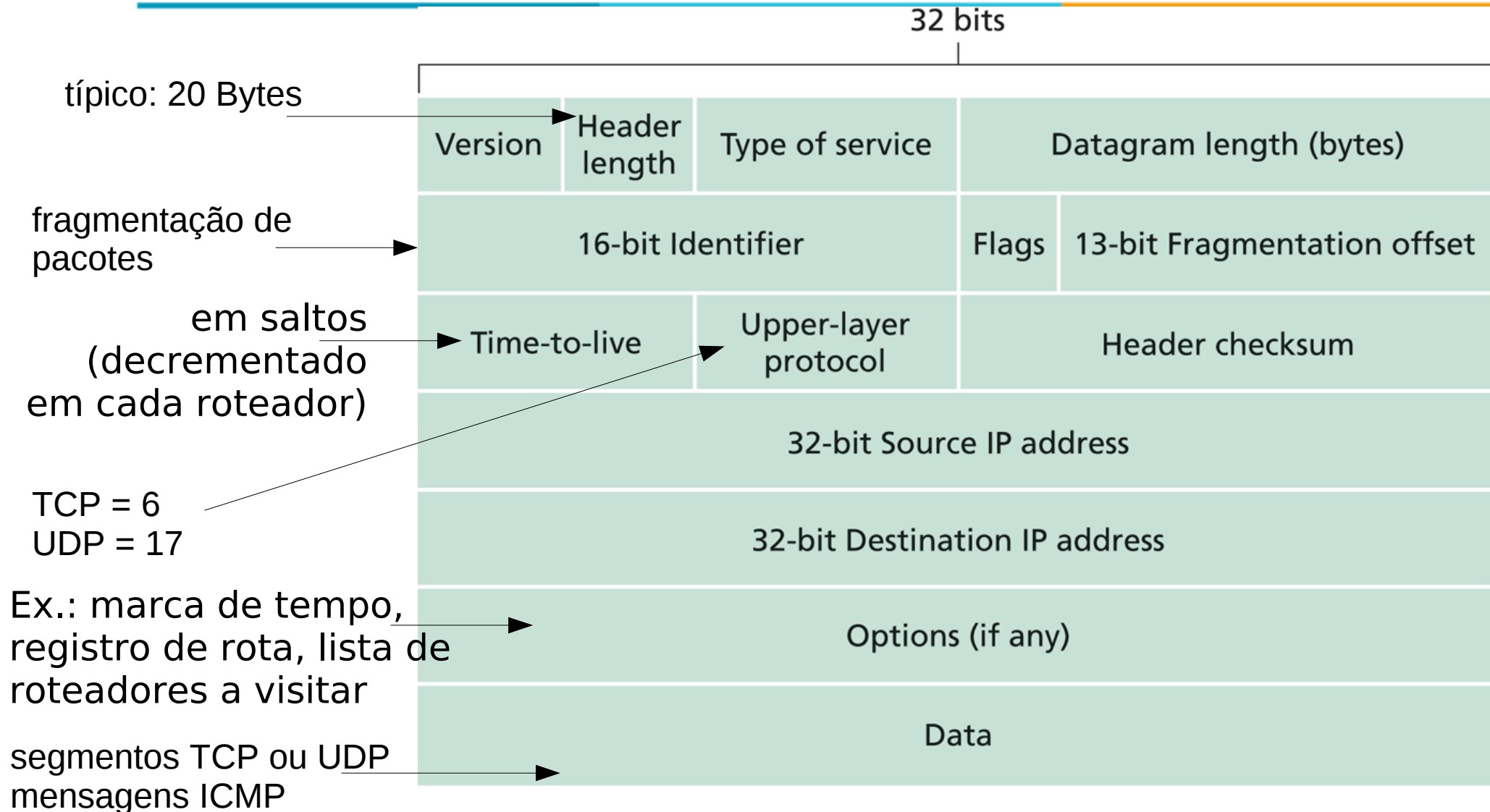
- IP v4 – RFC 791
  - em uso na Internet.
- IP v6 – RFC 2373 e 2460
  - proposta para substituir IP v4.
- Funções na Internet:
  - endereçamento;
  - repasse (ou encaminhamento ou comutação).



EACH

Escola de Artes, Ciências e Humanidades  
da Universidade de São Paulo

# Formato do Datagrama IPv4

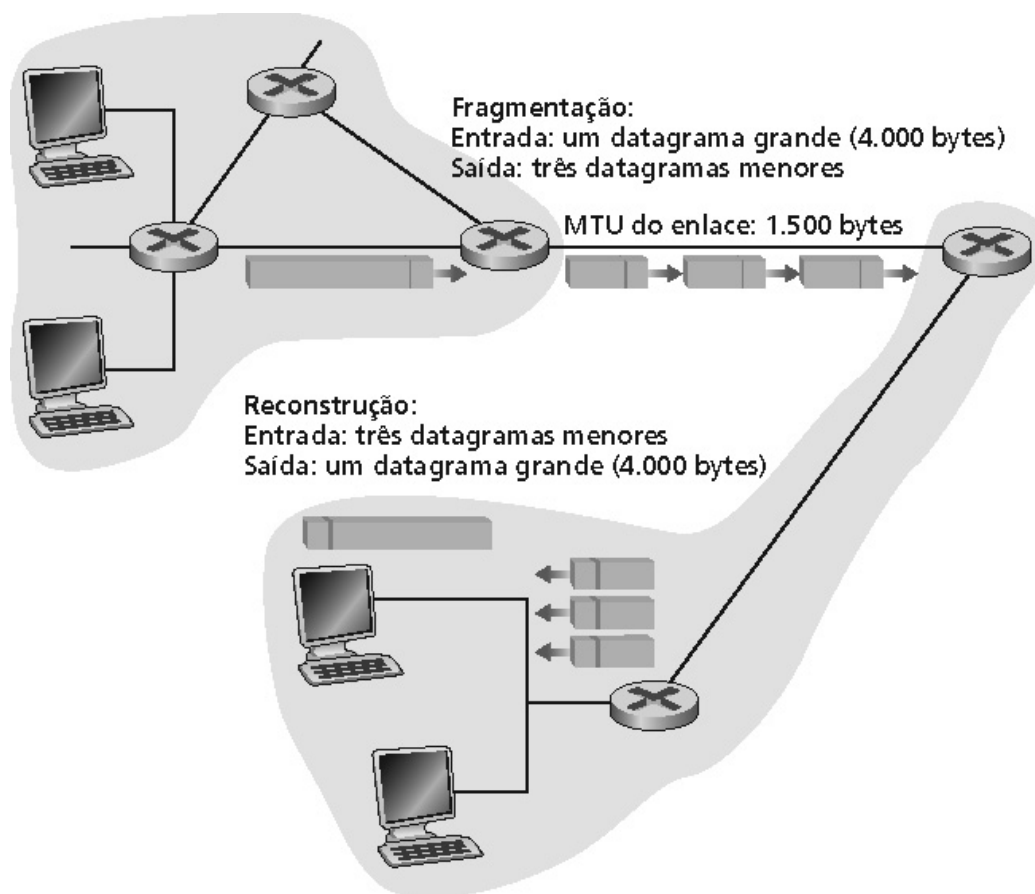


**Figure 4.13** ♦ IPv4 datagram format



# 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	ID	frag flag	offset	
=4000	=x	=0	=0	

Um grande datagrama se torna  
vários datagramas menores

1480 bytes no  
campo de dados

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

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

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

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



# 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](http://media.pearsoncmg.com/aw/aw_kur<br/>ose_network_2/applets/ip/ipfragmentation.html)



**EACH**

Escola de Artes, Ciências e Humanidades  
da Universidade de São Paulo

# Endereçamento IP

---



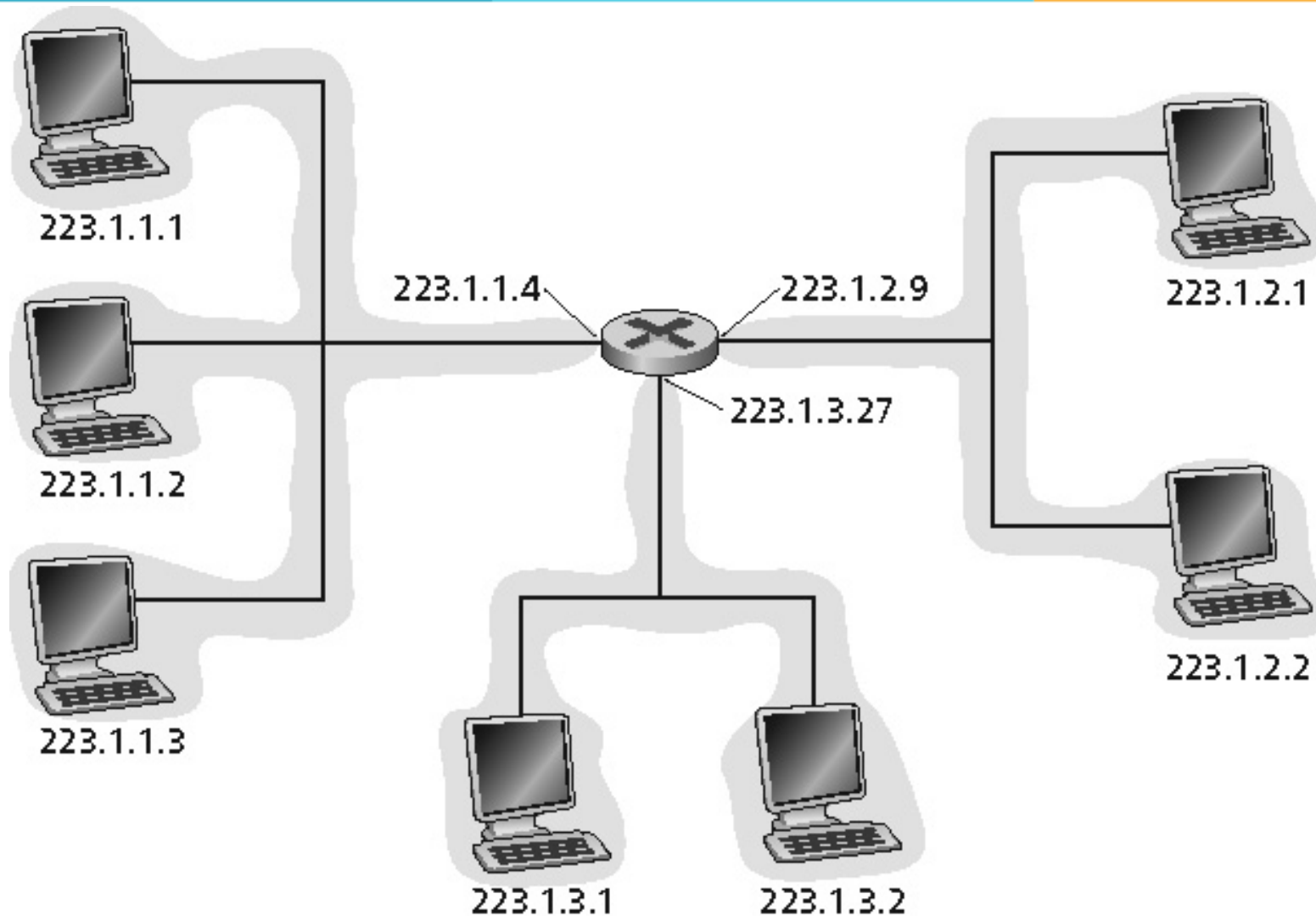


## Endereços IP

- “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

- Faixa de valores do sufixo:
  - 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

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



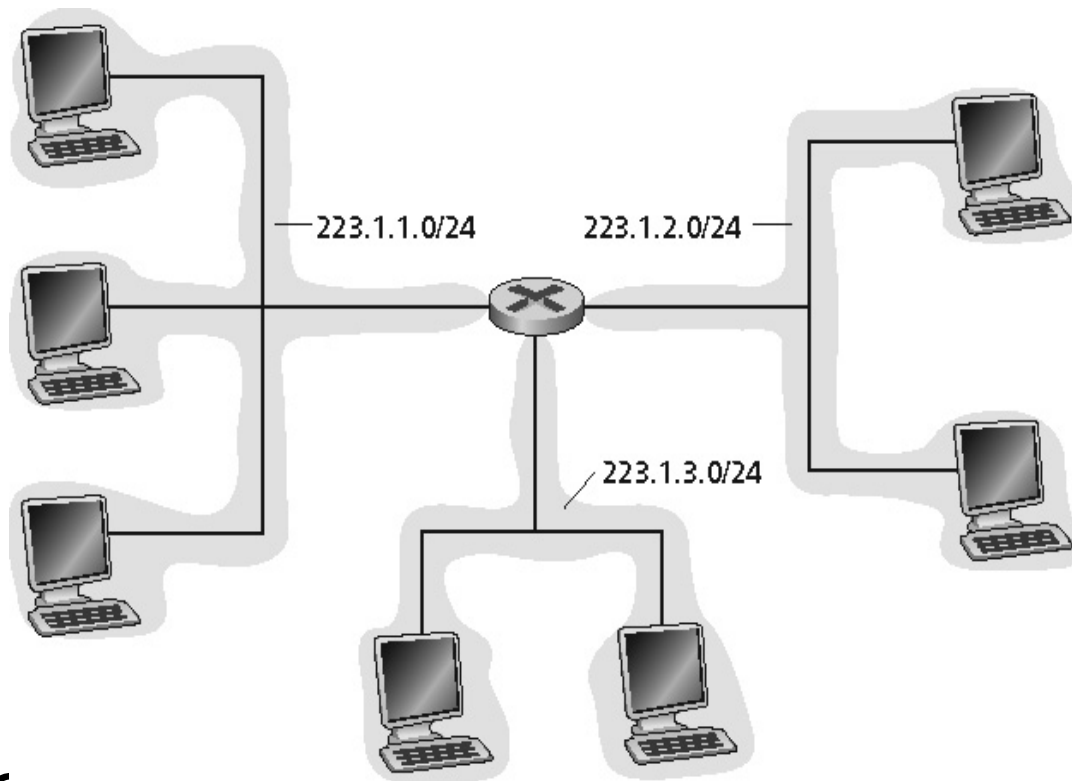
# Como separar sufixos e prefixos IP?

- 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)



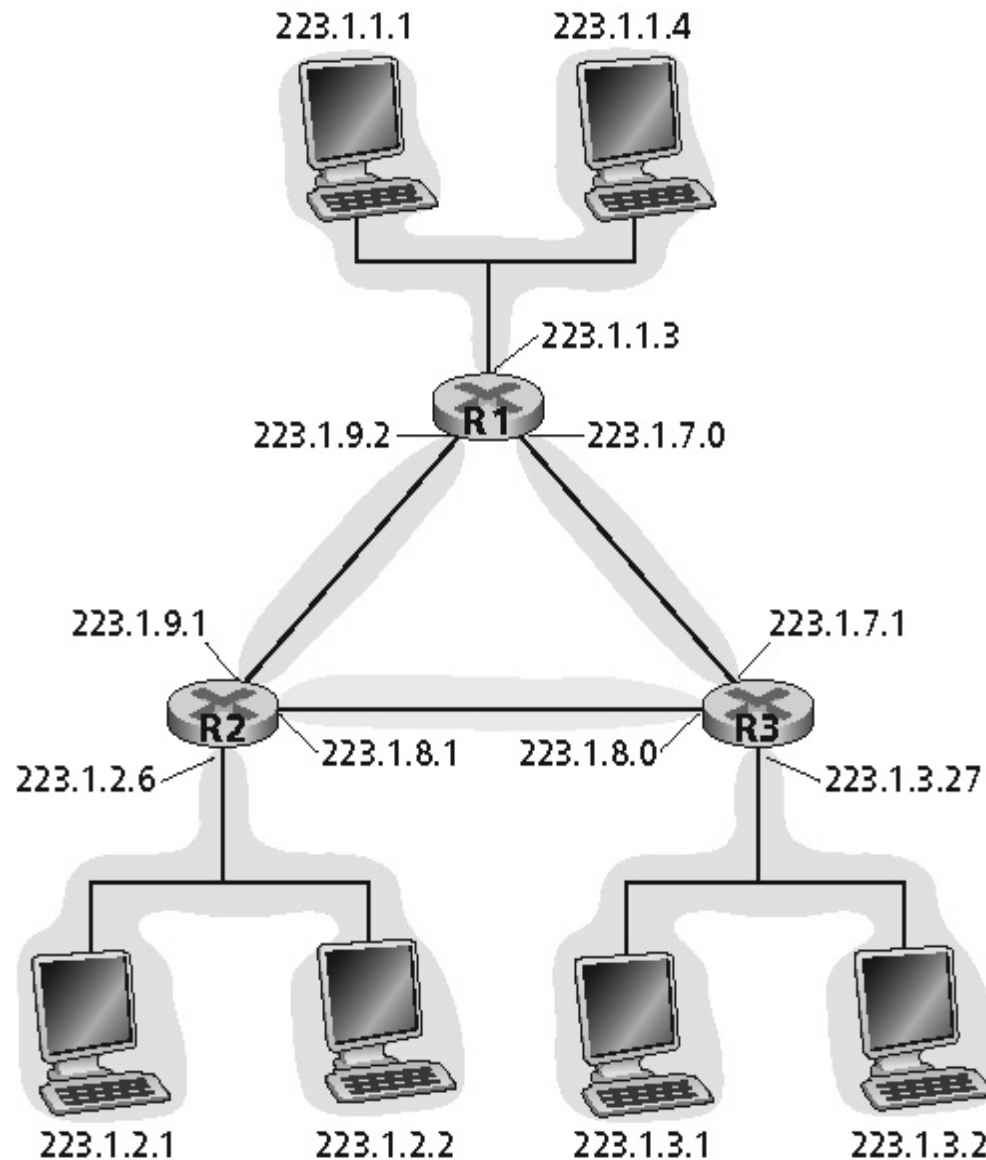
## O que são sub-redes?

- ∇ 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 “Especiais”

- ∇ *Loopback*: 127.0.0.1
- ∇ Redes Privativas (sufixos):
  - 10.0.0.0 (classe A)
  - 172.16.0.0 a 172.31.0.0 (16 classes B contíguas)
  - 192.168.0.0 a 192.168.16.255.0 (256 classes C contíguas)
- ∇ *Broadcast*: 255.255.255.255
  - *broadcast* restrito: prefixo da rede mais sufixo com todos os bits 1.



# 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**



# Criação de sub-redes

- Assuma que empresa ACME possui o endereço de rede 195.169.173.0.
- Gerente de TI quer criar 3 sub-redes, cada uma com no máximo 30 clientes e/ou servidores.
- Como fazer???



# 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).



**EACH**

Escola de Artes, Ciências e Humanidades  
da Universidade de São Paulo

# 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 #).



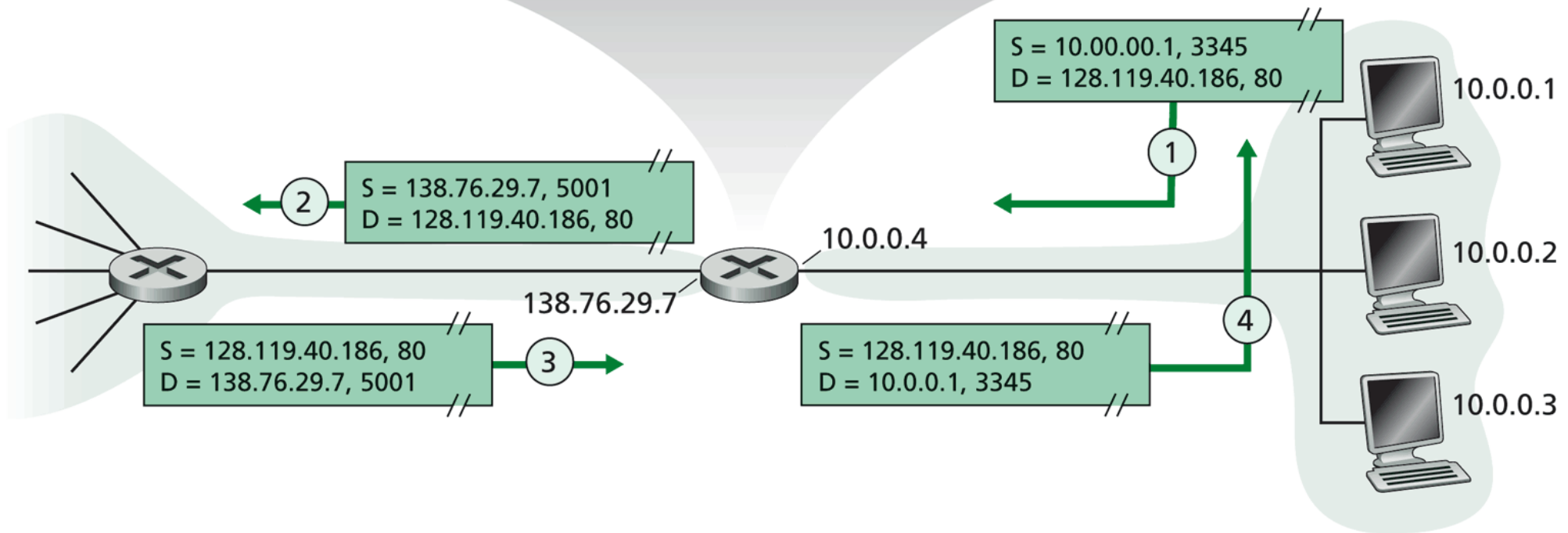
# NAT: Funcionamento (2)

- ∇ 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.



**EACH**

Escola de Artes, Ciências e Humanidades  
da Universidade de São Paulo

# 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.



# EACH

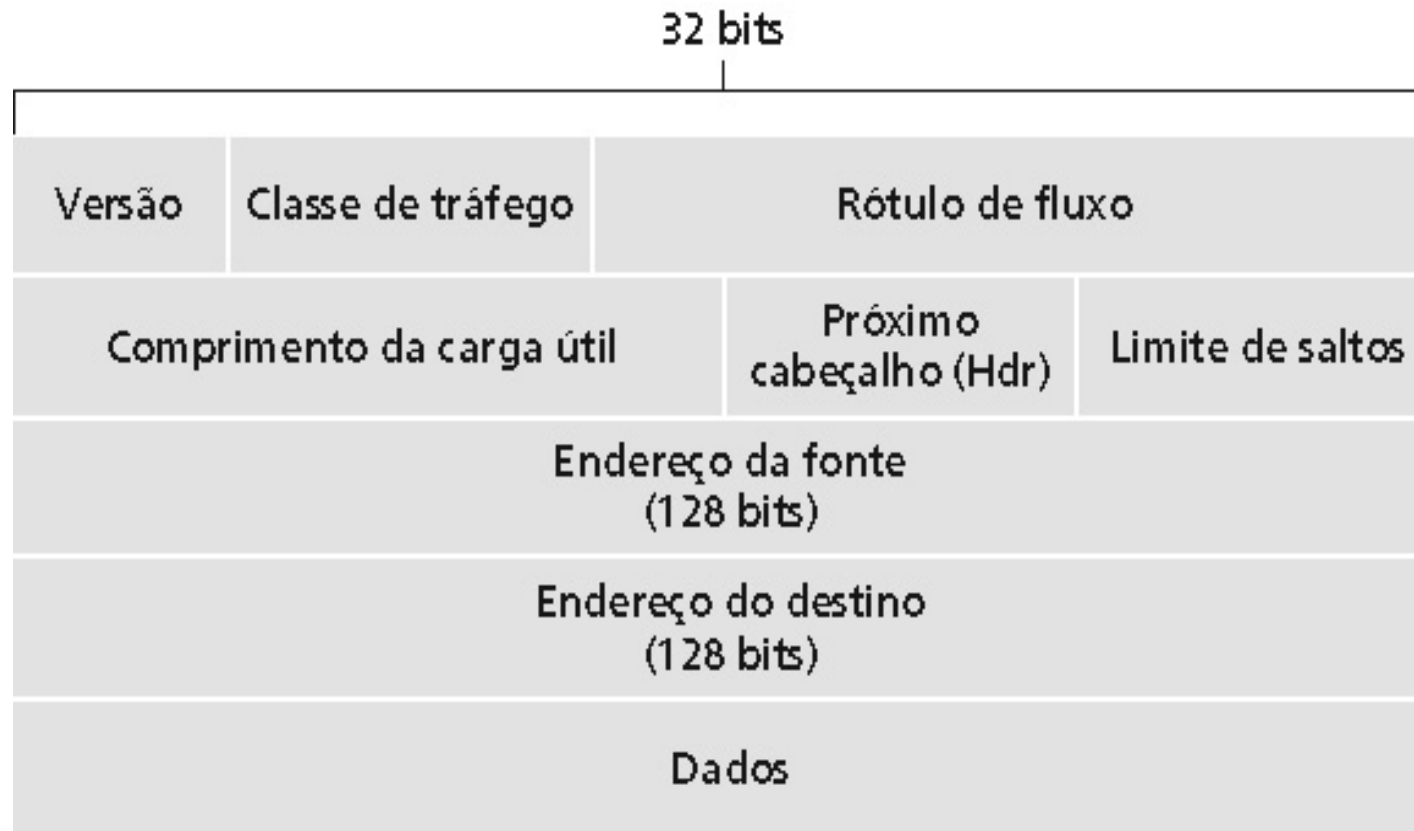
Escola de Artes, Ciências e Humanidades  
da Universidade de São Paulo

# IP v6

- ∇ 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.” (conceito de “fluxo” não é bem definido).

**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.



# 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.

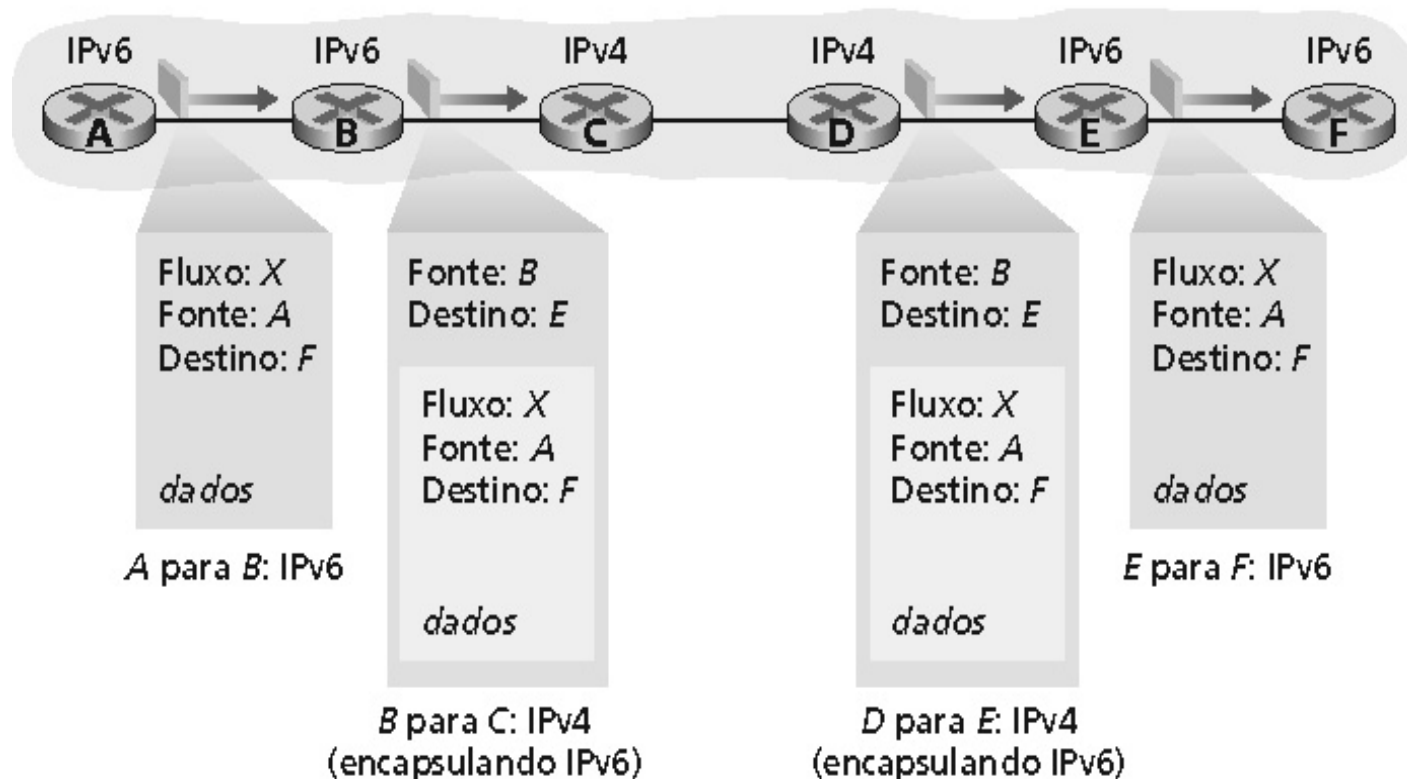


# Transição IPv4 para IPv6

## Visão lógica



## Visão física





# Mudança do Sílabo

- 05/Out - Camada de Rede (Cap 4).
- 09/Out - Camada de Rede – Endereçamento IP (Cap 4).
- 12/Out - Feriado (Padroeira Brasil)
- 16/Out - Lab 3 (wireshark).
- 19/Out - Camada de Rede – Roteamento (Cap 4)
- 23/Out - Lab 4 (Roteamento)