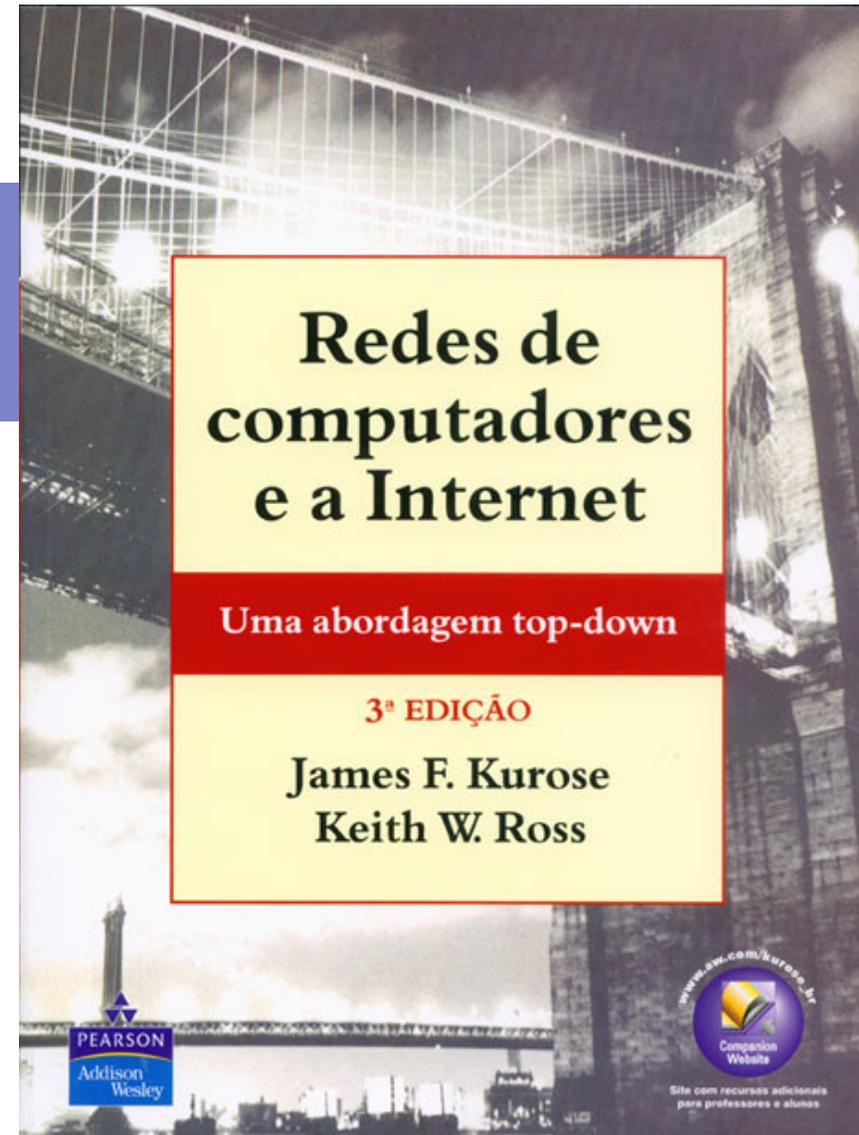


Redes de computadores e a Internet

Prof. Gustavo Wagner

Capítulo 4

A camada
de rede



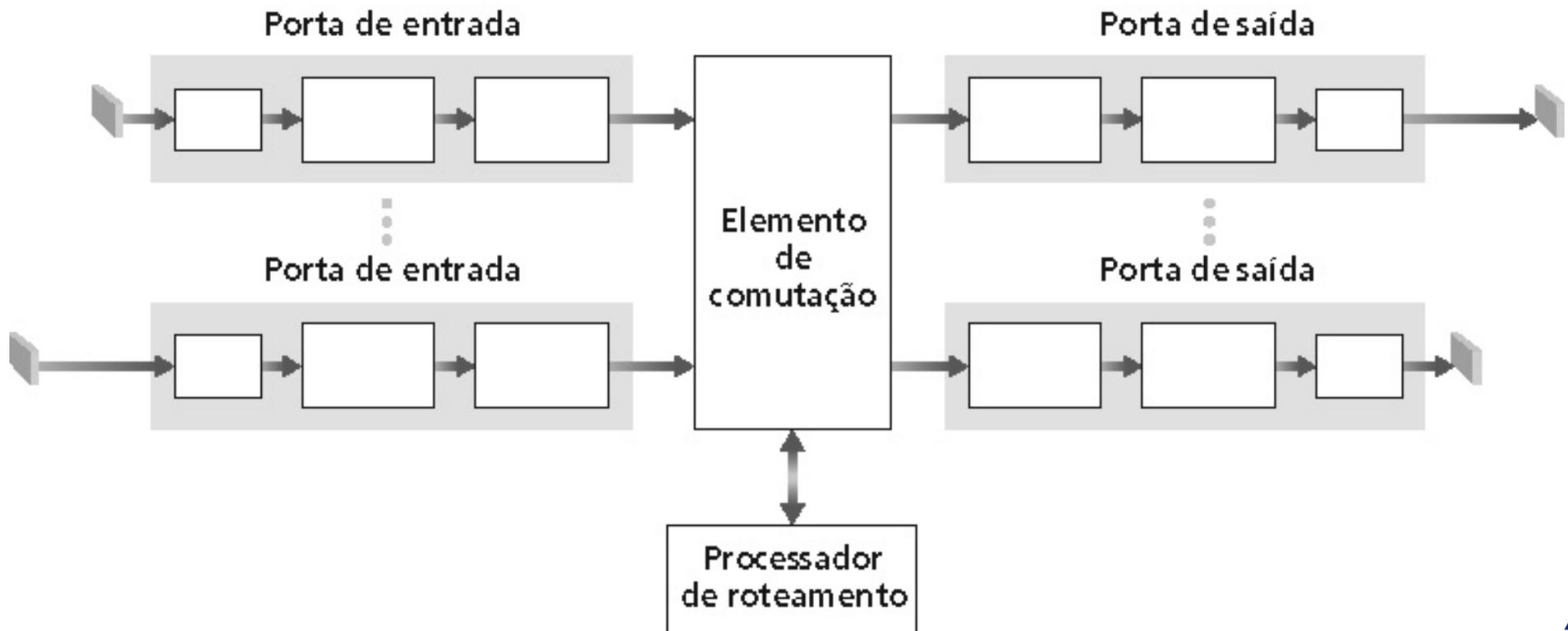
4 A camada de rede

- 4.1 Introdução
- 4.2 Circuito virtual e redes de datagrama
- 4.3 O que há dentro de um roteador
- 4.4 IP: Protocolo da Internet
 - Formato do datagrama
 - Endereçamento IPv4
 - ICMP
 - IPv6
- 4.5 Algoritmos de roteamento
 - Link state
 - Distance vector
 - Roteamento hierárquico
- 4.6 Roteamento na Internet
 - RIP
 - OSPF
 - BGP
- 4.7 Roteamento de broadcast e multicast

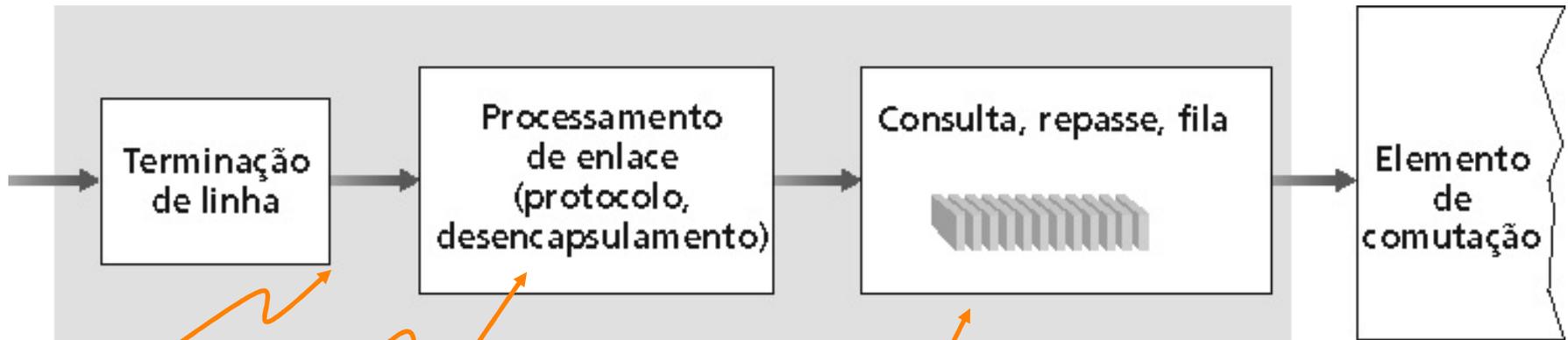
4 Visão geral da arquitetura do roteador

Duas funções-chave do roteador:

- Executar algoritmos/protocolos (RIP, OSPF, BGP)
- **Comutar** os datagramas do link de entrada para o link de saída



4 Funções da porta de entrada



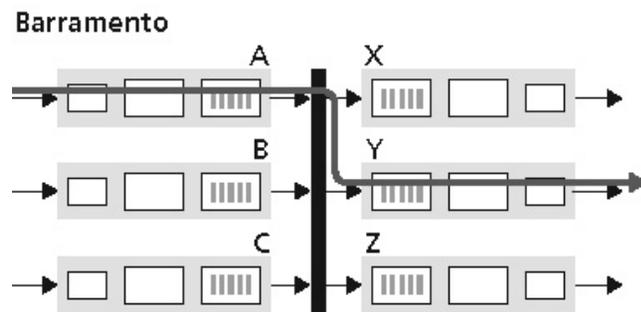
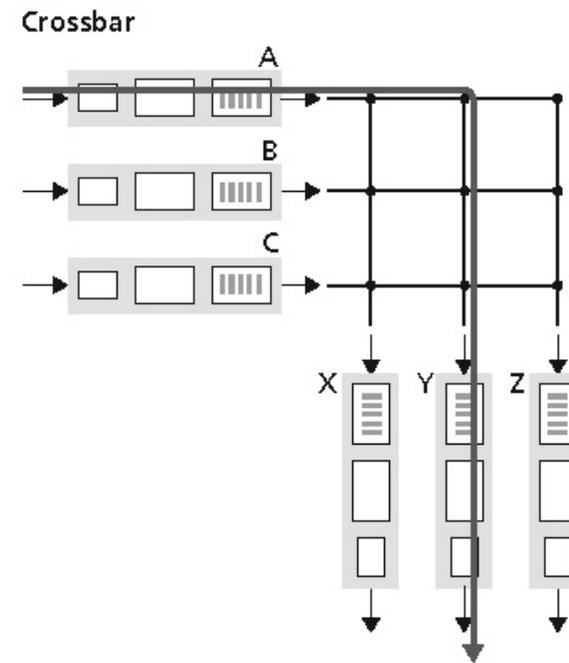
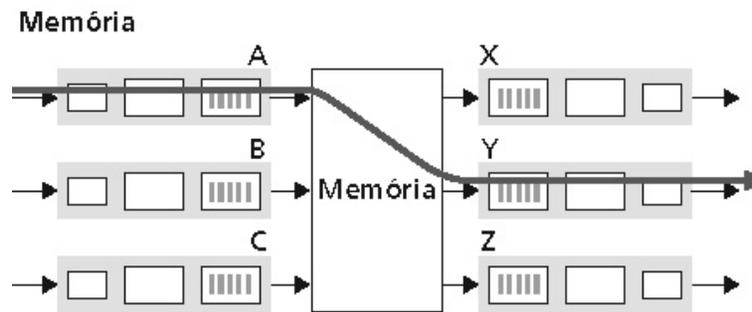
Camada física:
recepção de bits

Camada de enlace:
ex.: Ethernet
(veja capítulo 5)

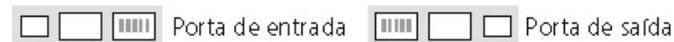
Comutação descentralizada:

- Dado o destino do datagrama, procura a porta de saída usando a tabela de comutação na memória da porta de entrada
- Objetivo: completar o processamento da porta de entrada na 'velocidade da linha'
- Fila: se os datagramas chegam mais rápido do que a taxa de comutação para o switch

4 Três tipos de estrutura de comutação



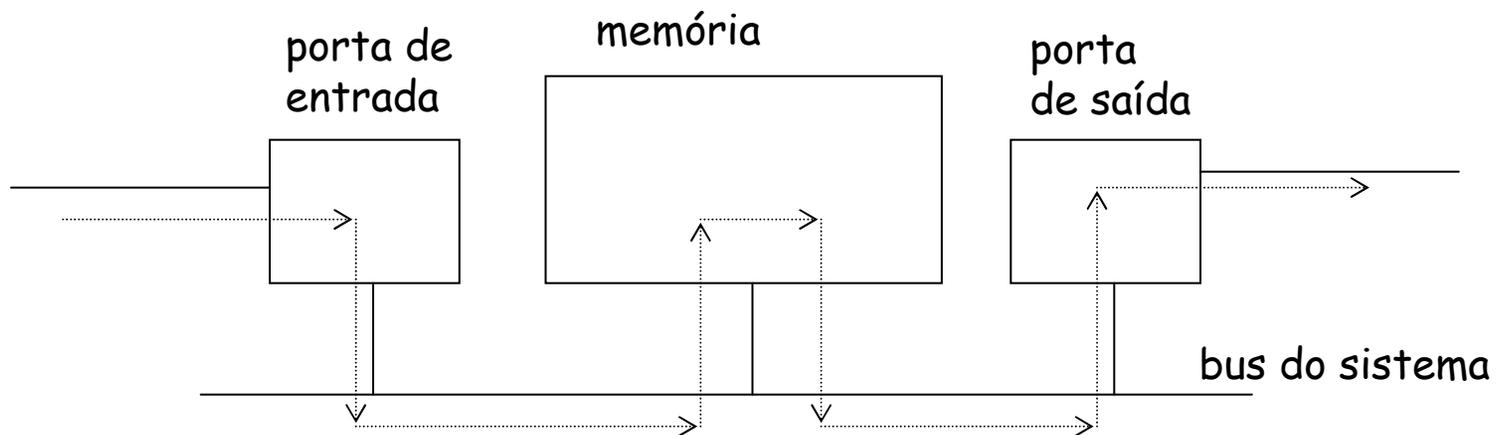
Legenda:



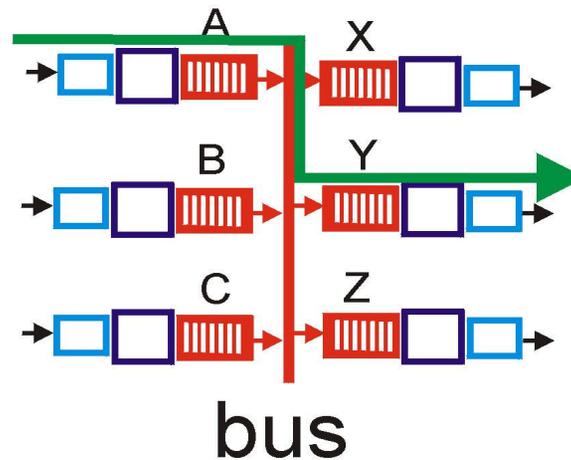
4 Comutação via memória

Primeira geração de roteadores:

- Computadores tradicionais com comutação sob controle direto da CPU
- Pacote copiado para a memória do sistema
- Velocidade limitada pela largura de banda (2 bus cruzados por datagrama)

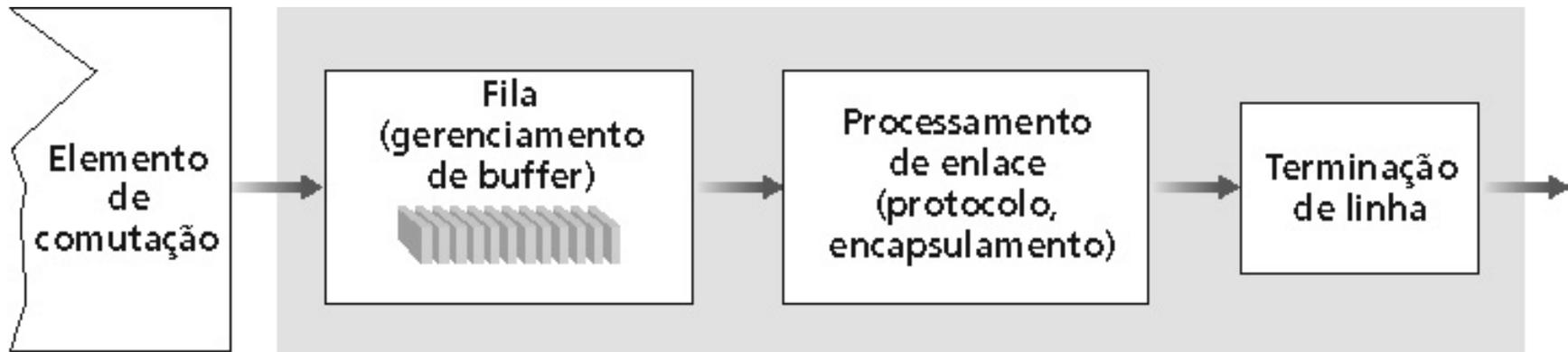


4 Comutação via bus



- Datagrama da memória da porta de entrada para a memória da porta de saída através de um bus compartilhado
- **Contenção do bus:** velocidade de comutação limitada pela largura de banda do bus
- Barramento de 1 Gbps, Cisco 1900: velocidade suficiente para roteadores de acesso e de empresas (não para roteadores regionais ou de backbone)

4 Portas de saída

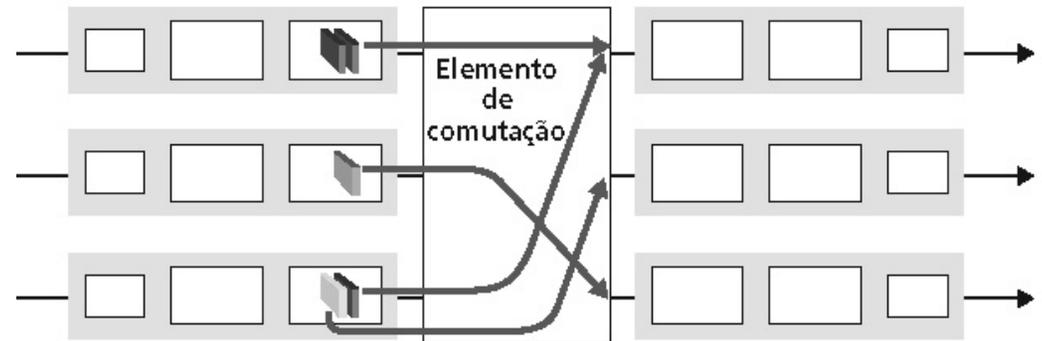


- **Buffering** necessário quando datagramas chegam do switch mais rápido do que a taxa de transmissão
- **Disciplina de agendamento** escolhe entre os datagramas na fila para transmissão

4 Enfileiramento na porta de saída

- Buffering: quando a taxa de chegada pelo switch excede a velocidade da linha de saída
- **Queueing (atraso) e perda devido ao buffer overflow da porta de saída!**

Contenção pela porta de saída no tempo t — um pacote escuro pode ser transferido



Pacote claro do último retângulo sofre bloqueio HOL

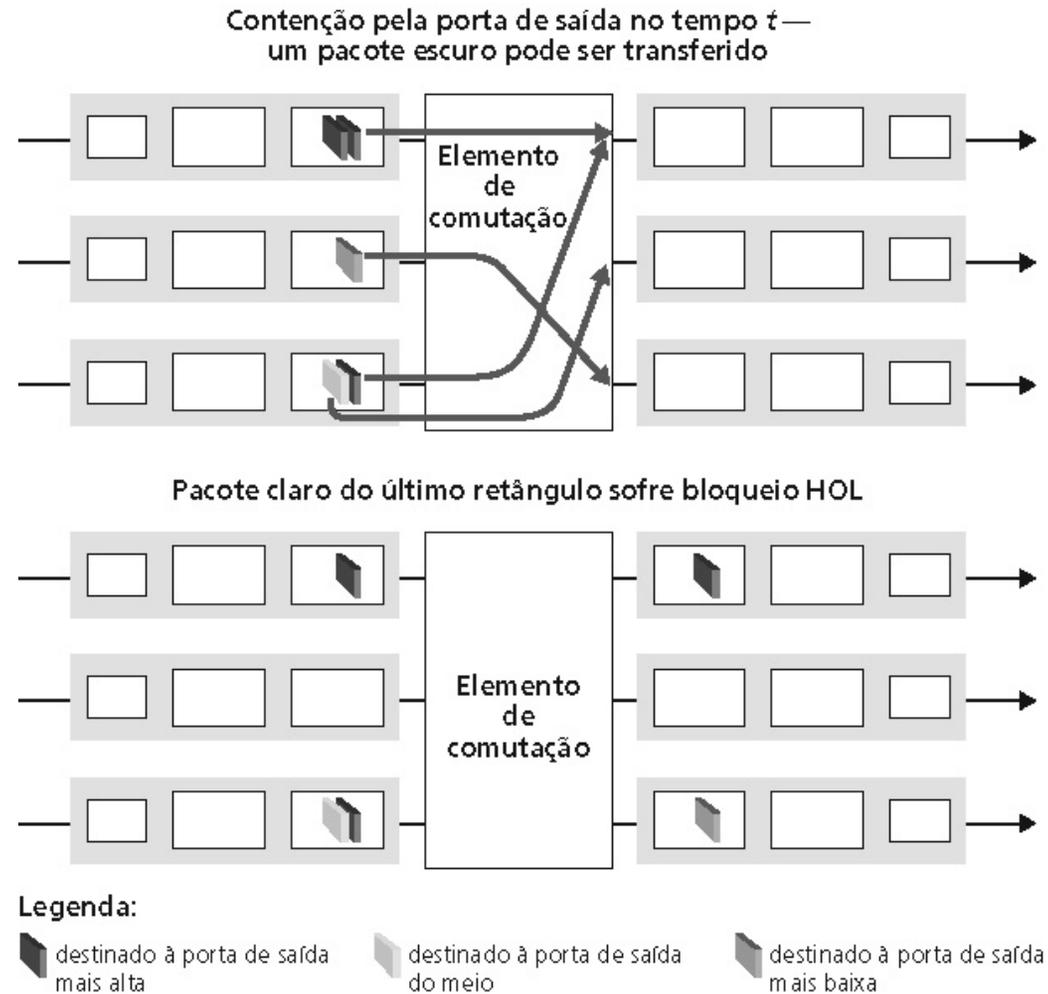


Legenda:

- destinado à porta de saída mais alta
- destinado à porta de saída do meio
- destinado à porta de saída mais baixa

4 Enfileiramento na porta de entrada

- Switch mais lento que as portas de entrada combinadas -> pode ocorrer filas na entrada
- **Bloqueio Head-of-the-Line (HOL):** datagrama na frente da fila impede os outros na fila de se moverem para adiante
- **Atraso e perda na fila devido ao overflow no buffer de entrada!**

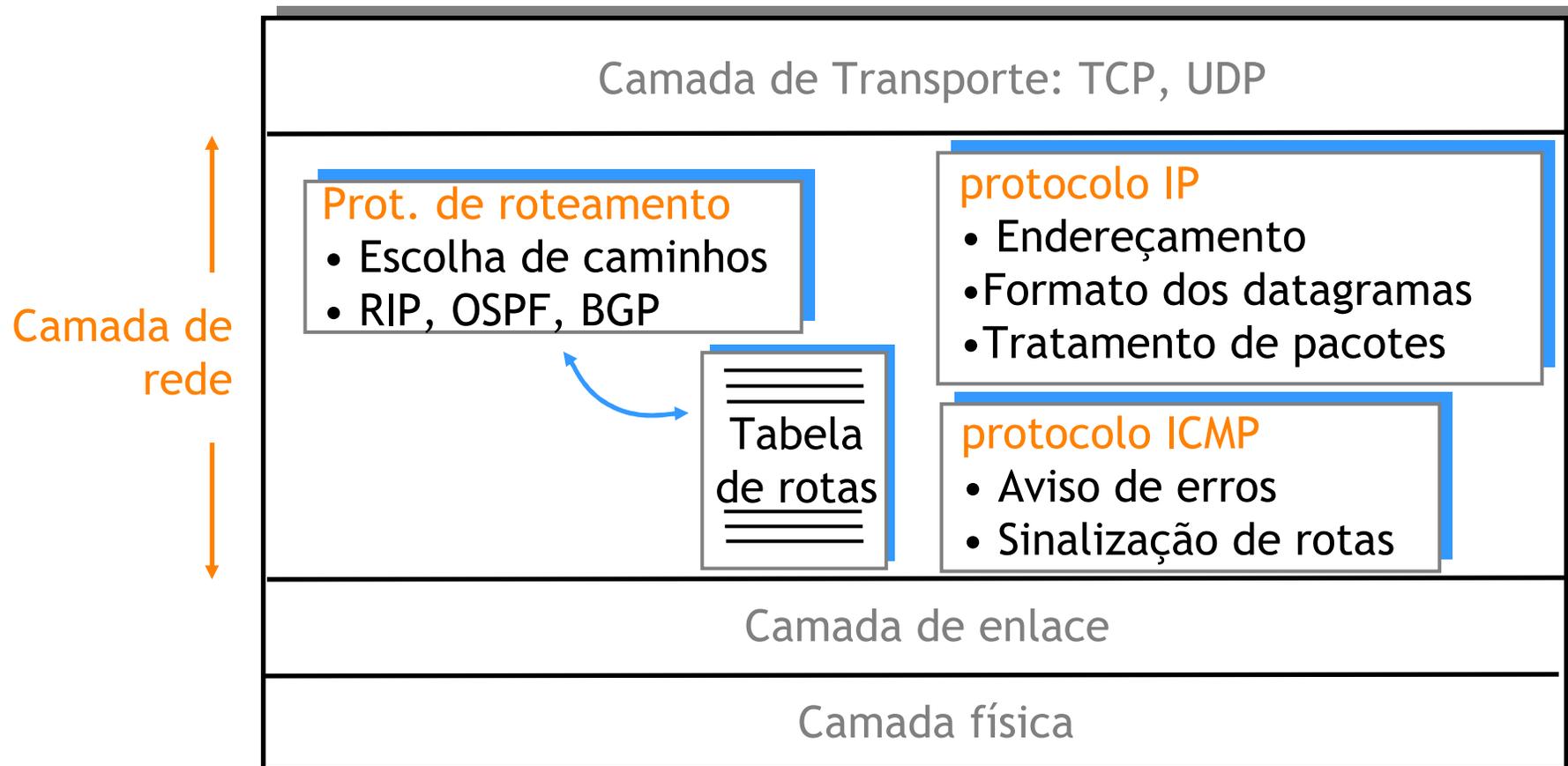


4 A camada de rede

- 4.1 Introdução
- 4.2 Circuito virtual e redes de datagrama
- 4.3 O que há dentro de um roteador
- **4.4 IP: Protocolo da Internet**
 - Formato do datagrama
 - Endereçamento IPv4
 - ICMP
 - IPv6
- 4.5 Algoritmos de roteamento
 - Link state
 - Distance vector
 - Roteamento hierárquico
- 4.6 Roteamento na Internet
 - RIP
 - OSPF
 - BGP
- 4.7 Roteamento de broadcast e multicast

4 A camada de rede

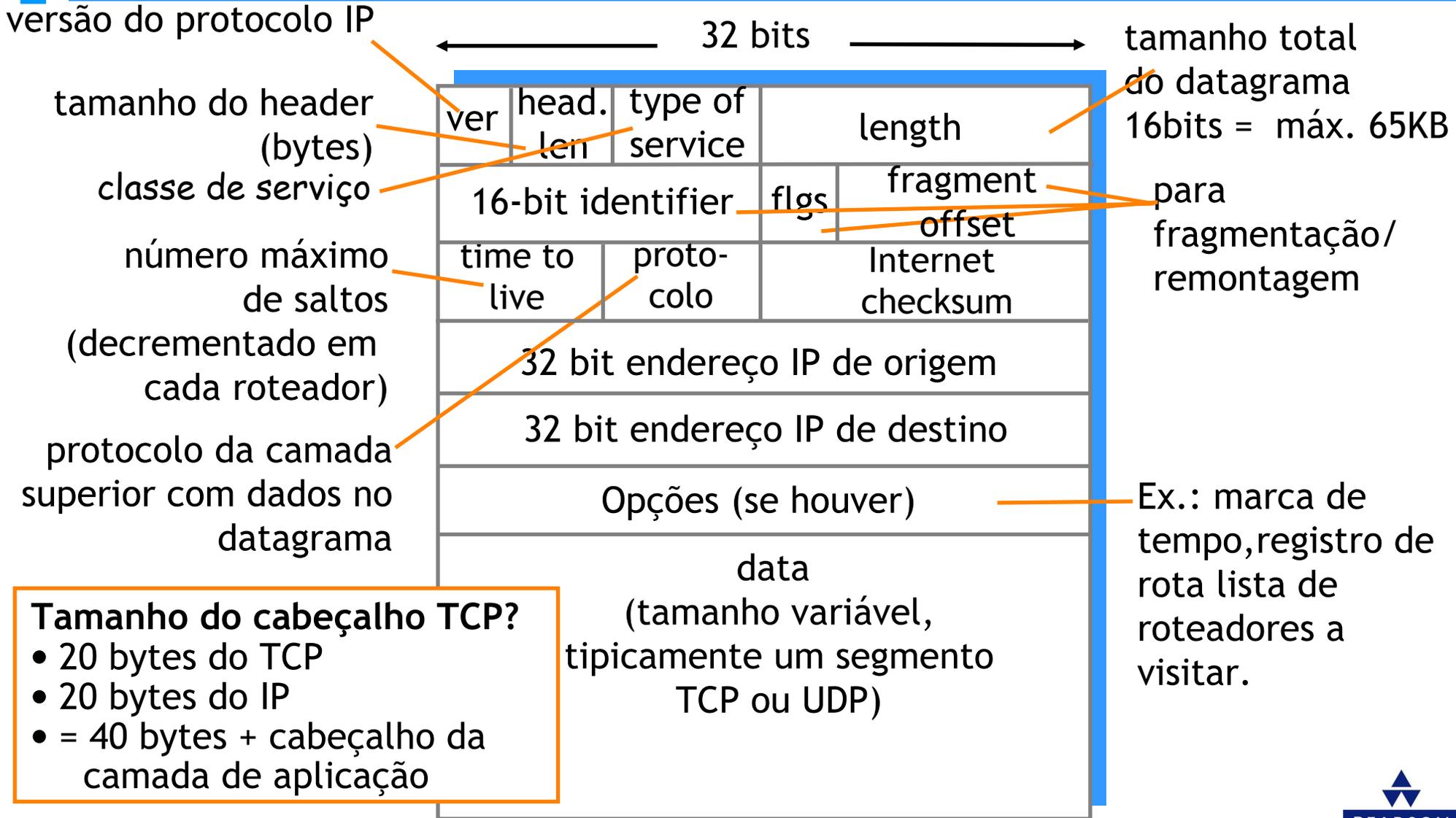
Entidade de rede em roteadores ou hospedeiros:



4 A camada de rede

- 4.1 Introdução
- 4.2 Circuito virtual e redes de datagrama
- 4.3 O que há dentro de um roteador
- 4.4 IP: Protocolo da Internet
 - Formato do datagrama
 - Endereçamento IPv4
 - ICMP
 - IPv6
- 4.5 Algoritmos de roteamento
 - Link state
 - Distance vector
 - Roteamento hierárquico
- 4.6 Roteamento na Internet
 - RIP
 - OSPF
 - BGP
- 4.7 Roteamento de broadcast e multicast

4 Formato do datagrama IP

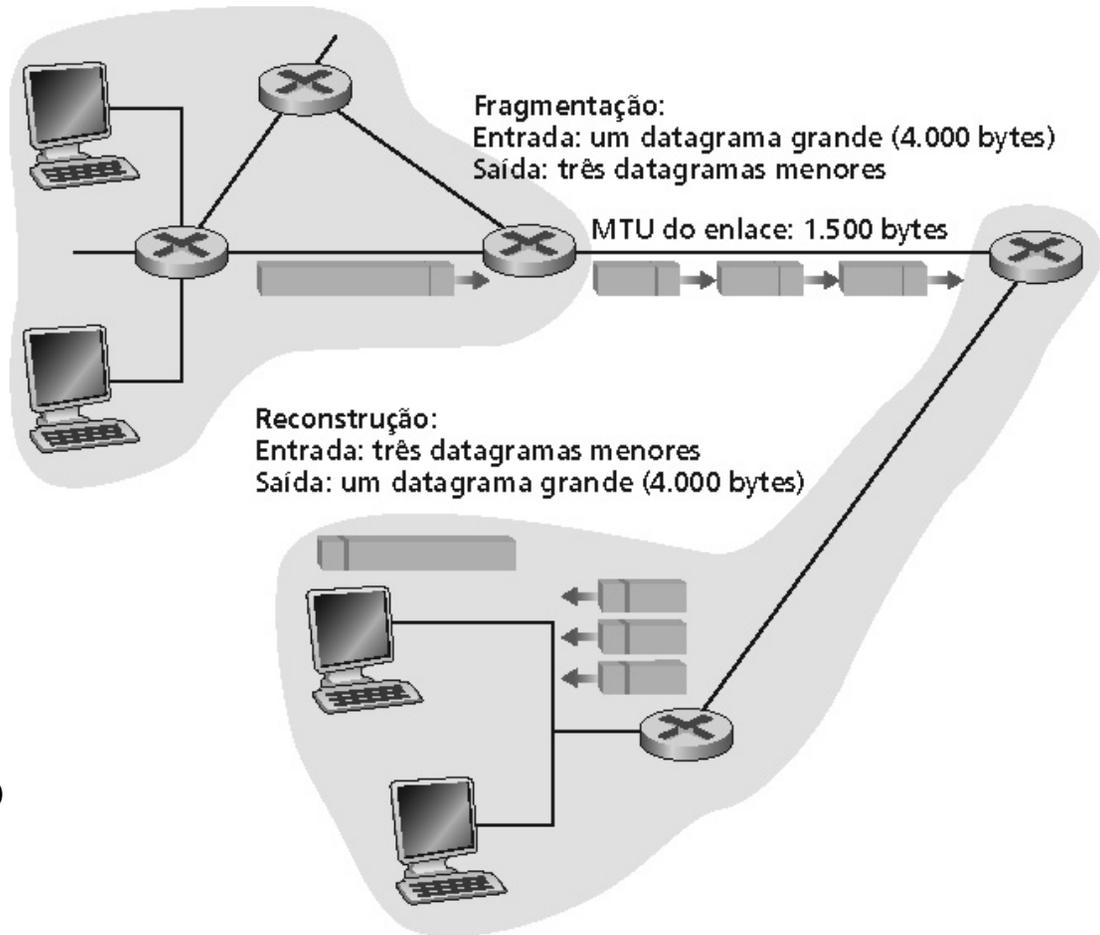


Tamanho do cabeçalho TCP?

- 20 bytes do TCP
- 20 bytes do IP
- = 40 bytes + cabeçalho da camada de aplicação

4 IP fragmentação e remontagem

- Enlaces de rede têm MTU (max. transfer size) - corresponde ao maior frame que pode ser transportado pela camada de enlace.
 - Tipos de enlaces diferentes possuem MTU diferentes (Ethernet: 1518 bytes)
- Datagramas IP grandes devem ser divididos dentro da rede (fragmentados)
 - Um datagrama dá origem a vários datagramas
 - “remontagem” ocorre apenas no destino final
 - O cabeçalho IP é usado para identificar e ordenar datagramas relacionados



4 IP fragmentação e remontagem

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

tamanho	ID	fragflag	offset	
=4000	=x	=0	=0	

Um grande datagrama se torna vários datagramas menores

1480 bytes no campo de dados

offset =
1480/8

tamanho	ID	fragflag	offset	
=1500	=x	=1	=0	

tamanho	ID	fragflag	offset	
=1500	=x	=1	=1480	

tamanho	ID	fragflag	offset	
=1040	=x	=0	=2960	

O que acontece se um fragmento for perdido? Todos os fragmentos daquele datagrama serão descartados no destino.

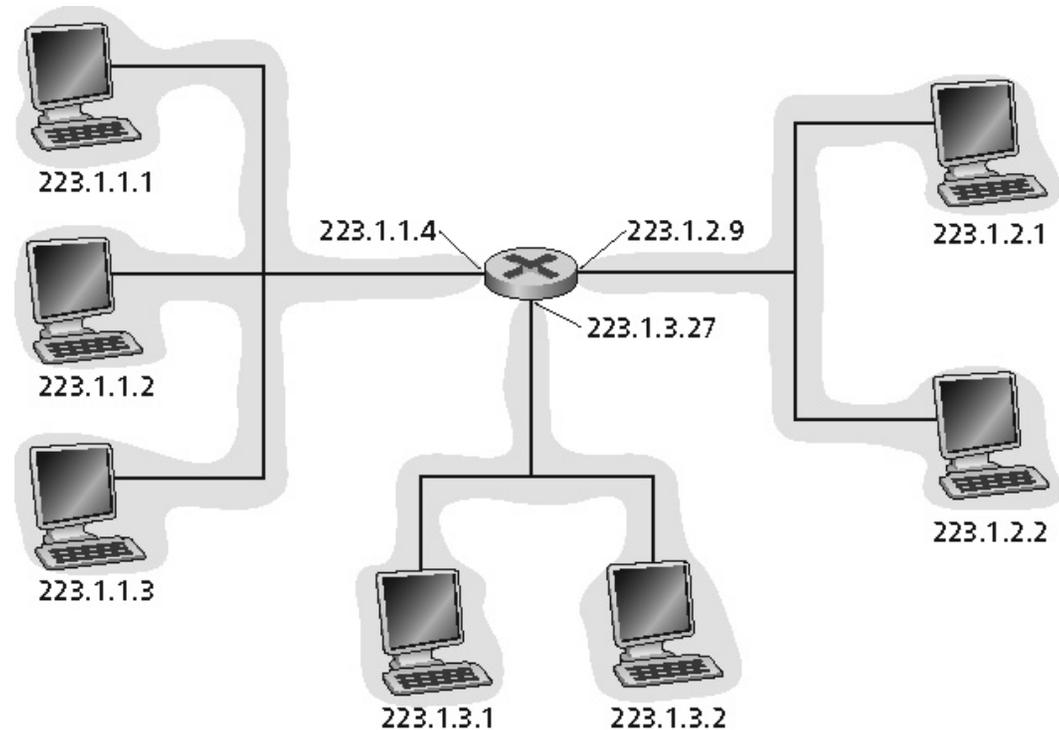
APPLET

4 A camada de rede

- 4. 1 Introdução
- 4.2 Circuito virtual e redes de datagrama
- 4.3 O que há dentro de um roteador
- 4.4 IP: Protocolo da Internet
 - Formato do datagrama
 - Endereçamento IPv4
 - ICMP
 - IPv6
- 4.5 Algoritmos de roteamento
 - Link state
 - Distance vector
 - Roteamento hierárquico
- 4.6 Roteamento na Internet
 - RIP
 - OSPF
 - BGP
- 4.7 Roteamento de broadcast e multicast

4 Endereçamento IP: Introdução

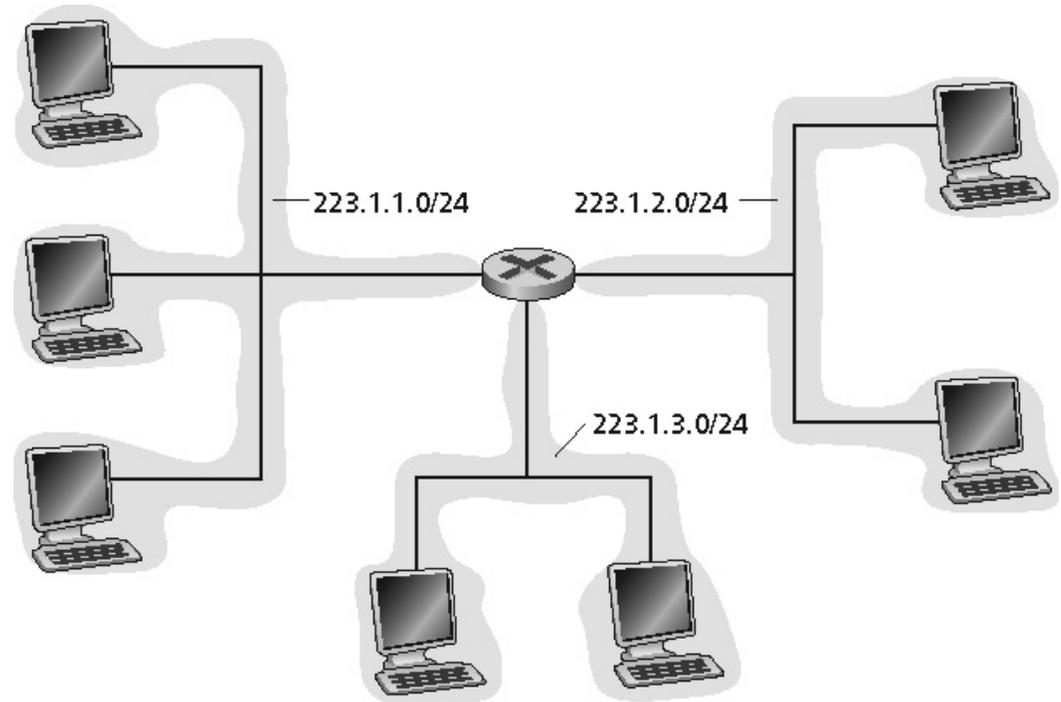
- **Endereço IP:** identificador de 32 bits para **interfaces** de roteadores e hospedeiros
- **Interface:** conexão entre roteador ou hospedeiro e enlace físico
 - Roteador tem tipicamente múltiplas interfaces
 - Hospedeiros podem ter múltiplas interfaces
 - Endereços IP são associados com interfaces, não com o hospedeiro ou com o roteador



$$223.1.1.1 = \underbrace{11011111}_{223} \underbrace{00000001}_1 \underbrace{00000001}_1 \underbrace{00000001}_1$$

4 Sub-redes

- **Endereço IP:**
 - Parte da sub-rede (bits de ordem superior)
 - Part do hospedeiro (bits de ordem inferior)
- **O que é uma sub-rede?**
 - Interfaces de dispositivo com a mesma parte de sub-rede do endereço IP
 - Podem alcançar fisicamente uns aos outros sem intervenção de roteador

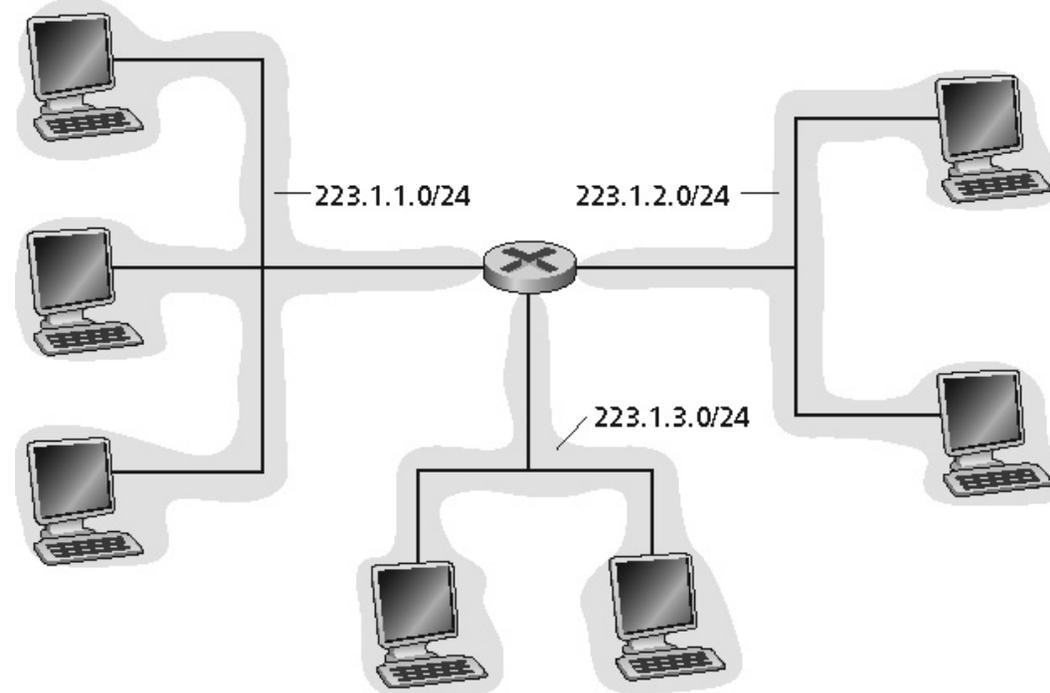


rede consistindo de 3 sub-redes

4 Sub-redes

Receita

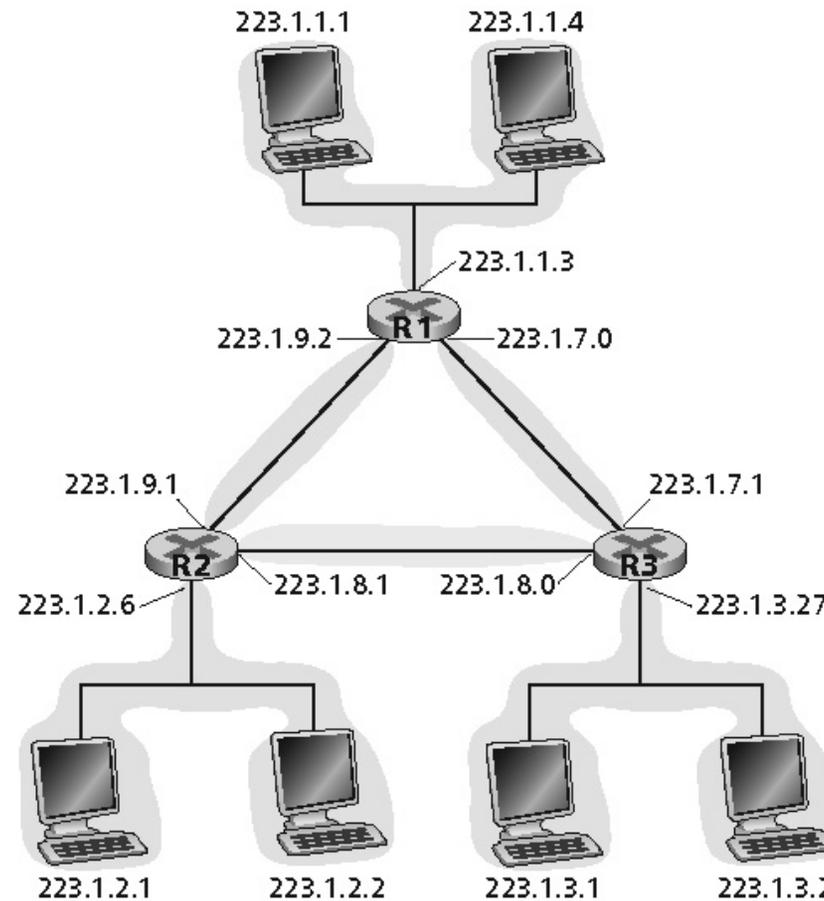
- Para determinar as sub-redes, destaque cada interface de seu hospedeiro ou roteador, criando ilhas de redes isoladas. Cada rede isolada é considerada uma **sub-rede**.



máscara de sub-rede: /24

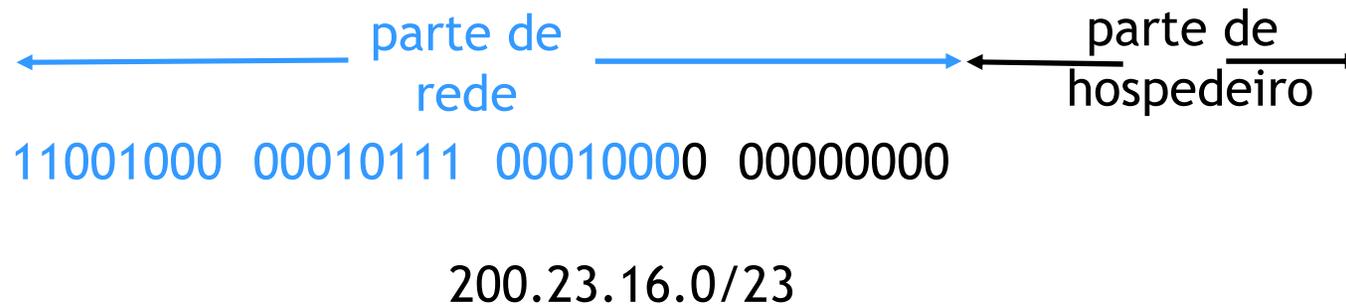
4 Sub-redes

Quantas?



4 Endereçamento IP: CIDR

- **CIDR: Classless InterDomain Routing**
 - 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



4 Como obter um endereço IP

P.: Como um hospedeiro obtém endereço IP ?

- Definido pelo administrador do sistema
 - Windows: control-panel->network->configuration->tcp/ip->properties
 - UNIX: /etc/rc.config
- **DHCP:** dynamic host configuration protocol: obtém dinamicamente endereços IP de um servidor
 - “plug-and-play”
 - (mais no próximo capítulo)

4 Como obter um endereço IP

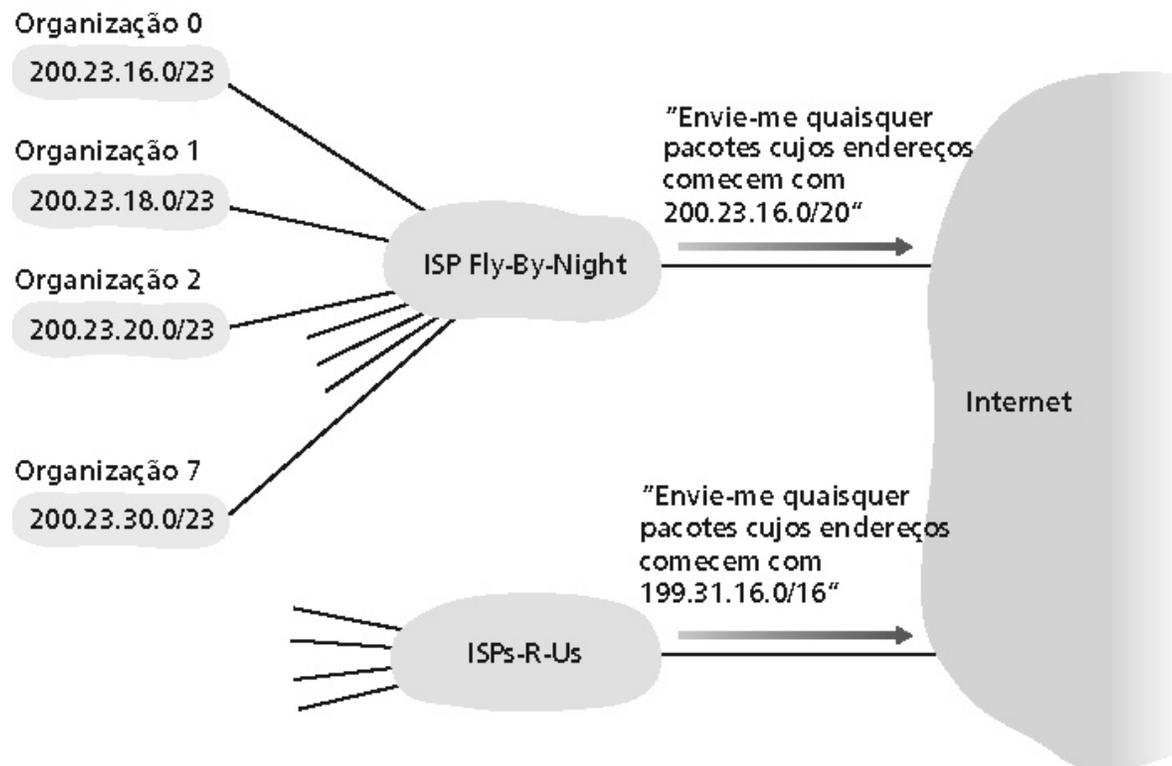
P.: Como uma **rede** obtém a parte de sub-rede do endereço IP ?

R.: obtém a porção alocada no espaço de endereço do seu provedor ISP

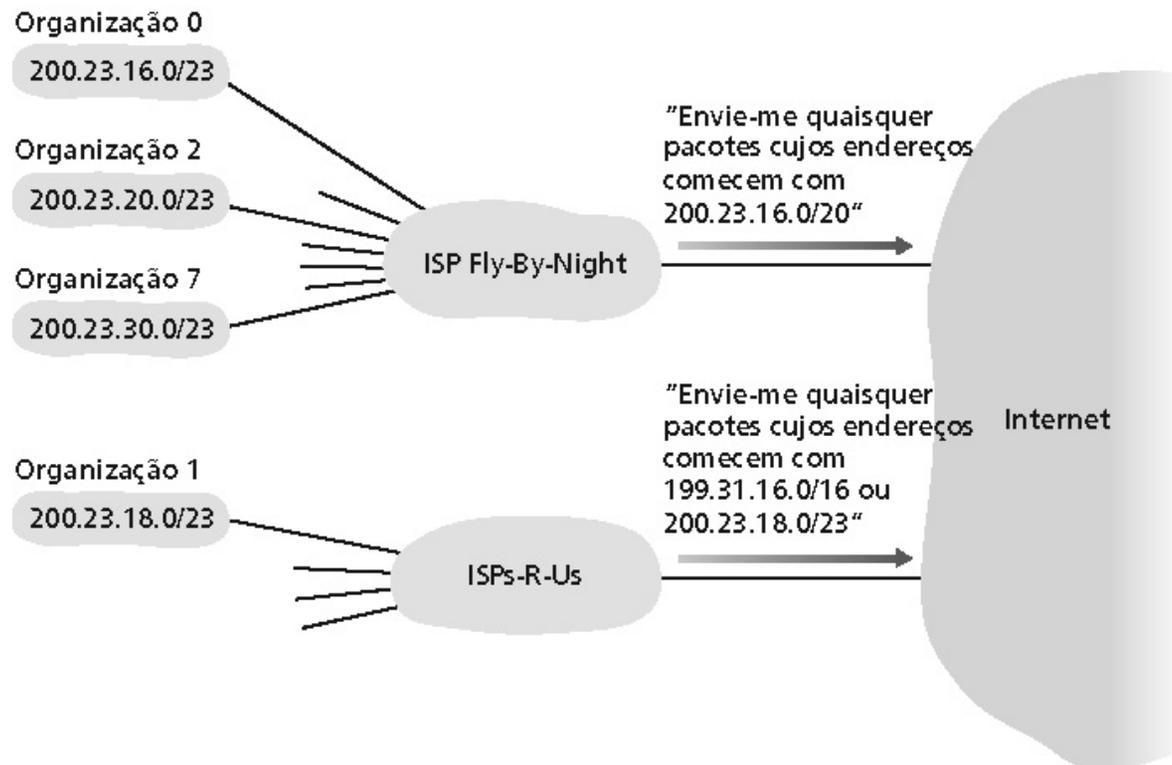
bloco do ISP	<u>11001000</u>	<u>00010111</u>	<u>00010000</u>	00000000	200.23.16.0/20
Organização 0	<u>11001000</u>	<u>00010111</u>	<u>00010000</u>	00000000	200.23.16.0/23
Organização 1	<u>11001000</u>	<u>00010111</u>	<u>00010010</u>	00000000	200.23.18.0/23
Organização 2	<u>11001000</u>	<u>00010111</u>	<u>00010100</u>	00000000	200.23.20.0/23
...
Organização 7	<u>11001000</u>	<u>00010111</u>	<u>00011110</u>	00000000	200.23.30.0/23

4 Endereçamento hierárquico: agregação de rotas

O endereçamento hierárquico permite uma propagação de rotas mais eficiente: *Imagine se fôsse necessário para cada IP na Internet, os roteadores terem entradas em suas tabelas!!*



4 Endereçamento hierárquico: rotas mais específicas



4 Classes Cheias

- ❑ Por muito tempo utilizou-se a idéia de classes IP:
 - Classe A: 8 bits
 - Classe B: 16 bits
 - Classe C: 24 bits
- ❑ Problema: e se uma rede de Classe A não tiver necessidade de usar todos os IPs de hospedeiro?

4 Endereçamento IP: a última palavra...

P.: Como o ISP obtém seu bloco de endereço?

R.: **ICANN**: internet corporation for assigned names and numbers

- Aloca endereços
- Gerencia DNS
- Atribui nomes de domínios e resolve disputas