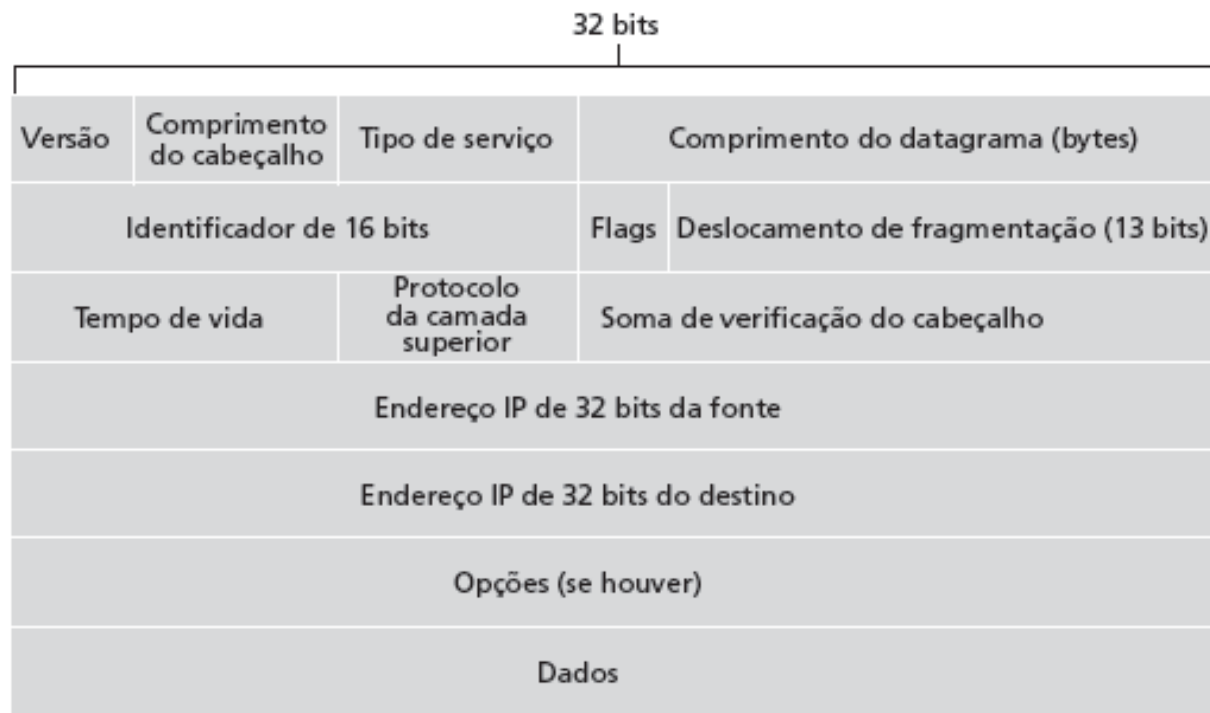


Capítulo 4: Camada de rede

- 4.1 Introdução
- 4.2 Redes de circuitos virtuais e de datagramas
- 4.3 O que há dentro de um roteador?
- 4.4 IP: Internet Protocol
 - formato do datagrama
 - endereçamento IPv4
 - ICMP
 - IPv6
- 4.5 Algoritmos de roteamento
 - estado de enlace
 - vetor de distâncias
 - roteamento hierárquico
- 4.6 Roteamento na Internet
 - RIP
 - OSPF
 - BGP
- 4.7 Roteamento broadcast e multicast

Formato do datagrama IP

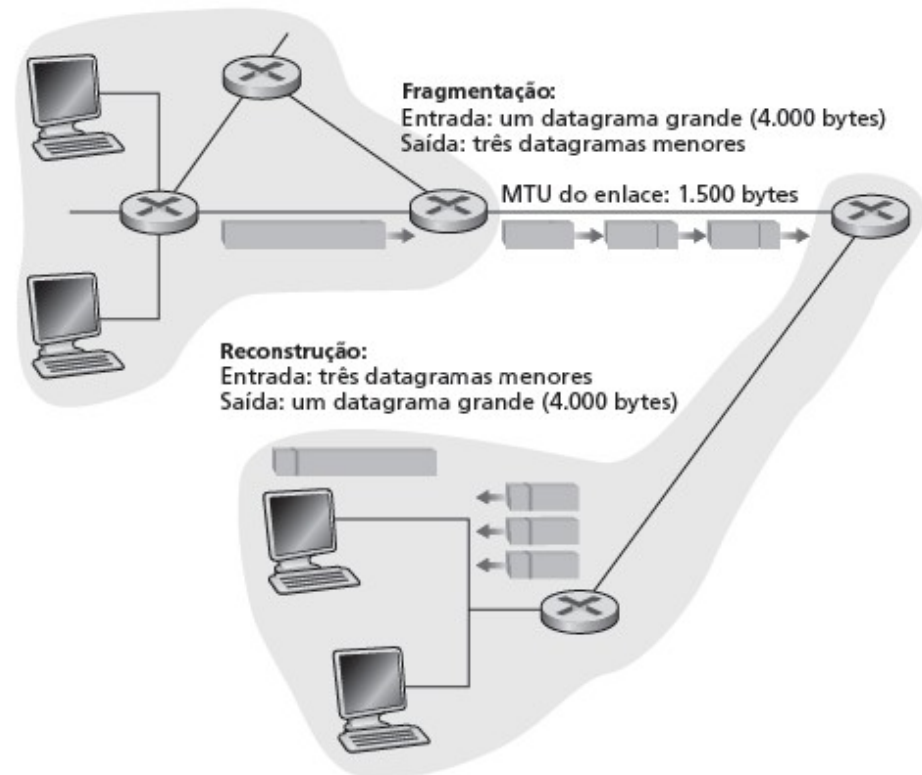


Quanto overhead com TCP?

- ❑ 20 bytes de TCP
- ❑ 20 bytes de IP
- ❑ = 40 bytes + overhead da camada de aplicação

Fragmentação e reconstrução do IP

- enlaces de rede têm MTU (tamanho máx. transferência) - maior quadro em nível de enlace possível.
 - diferentes tipos de enlace, diferentes MTUs
- grande datagrama IP dividido ("fragmentado") dentro da rede
 - um datagrama torna-se vários datagramas
 - "reconstruído" somente no destino final
 - bits de cabeçalho IP usados para identificar, ordenar fragmentos relacionados



Exemplo

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

1480 bytes no campo de dados

deslocamento = $1480/8$

	tam. = 4000	ID = x	fragflag = 0	desloc. = 0	
--	----------------	-----------	-----------------	----------------	--

Um datagrama grande torna-se vários datagramas menores

	tam. = 1500	ID = x	fragflag = 1	desloc. = 0	
--	----------------	-----------	-----------------	----------------	--

	tam. = 1500	ID = x	fragflag = 1	desloc. = 185	
--	----------------	-----------	-----------------	------------------	--

	tam. = 1060	ID = x	fragflag = 0	desloc. = 370	
--	----------------	-----------	-----------------	------------------	--

Capítulo 4: Camada de rede

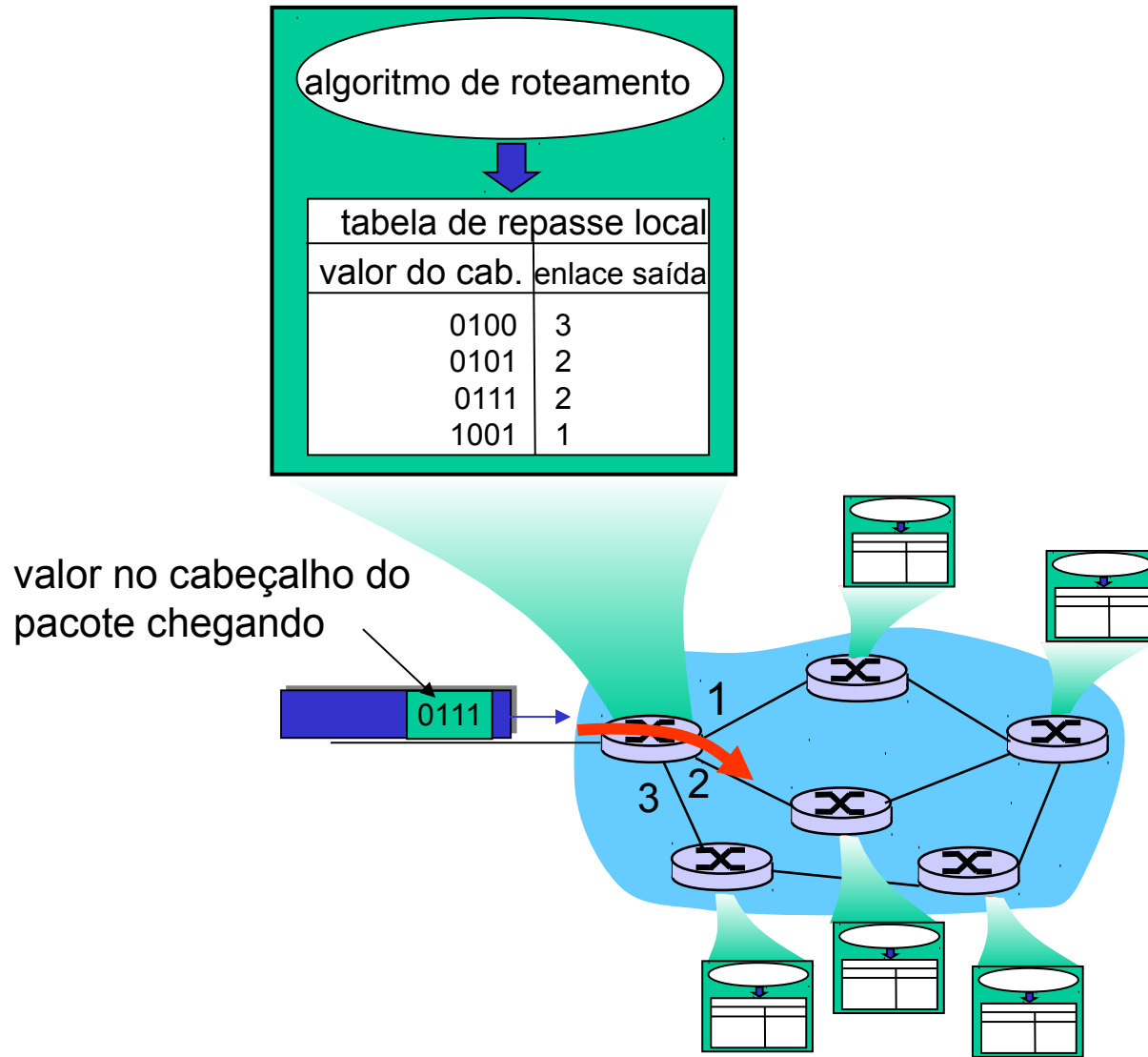
- ❑ 4.1 Introdução
- ❑ 4.2 Redes de circuitos virtuais e de datagramas
- ❑ 4.3 O que há dentro de um roteador?
- ❑ 4.4 IP: Internet Protocol
 - formato do datagrama
 - endereçamento IPv4
 - ICMP
 - IPv6
- ❑ 4.5 Algoritmos de roteamento
 - estado de enlace
 - vetor de distâncias
 - roteamento hierárquico
- ❑ 4.6 Roteamento na Internet
 - RIP
 - OSPF
 - BGP
- ❑ 4.7 Roteamento broadcast e multicast

Duas importantes funções da camada de rede

- *repasse*: mover pacotes da entrada do roteador para a saída apropriada do roteador

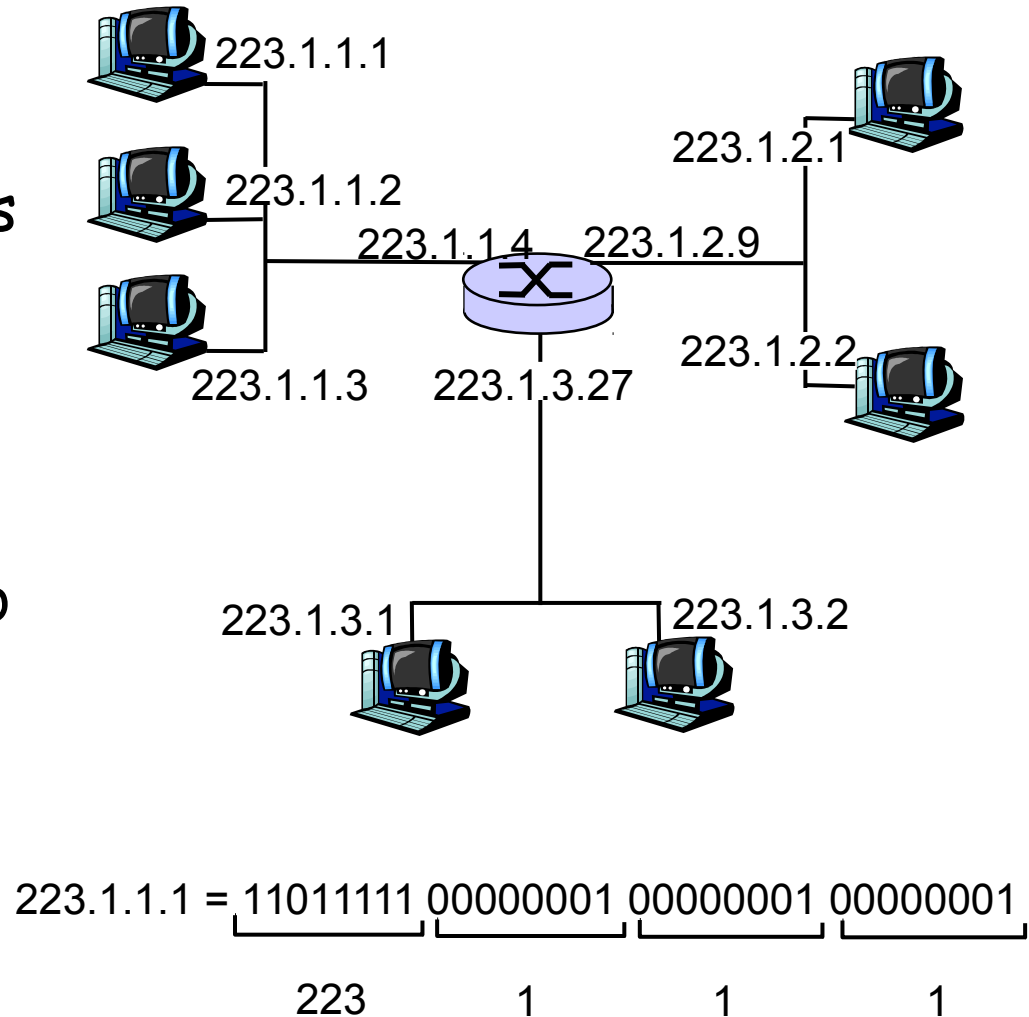
- *roteamento*: determinar rota seguida pelos pacotes da origem ao destino
 - *algoritmos de roteamento*

Interação entre roteamento e repasse



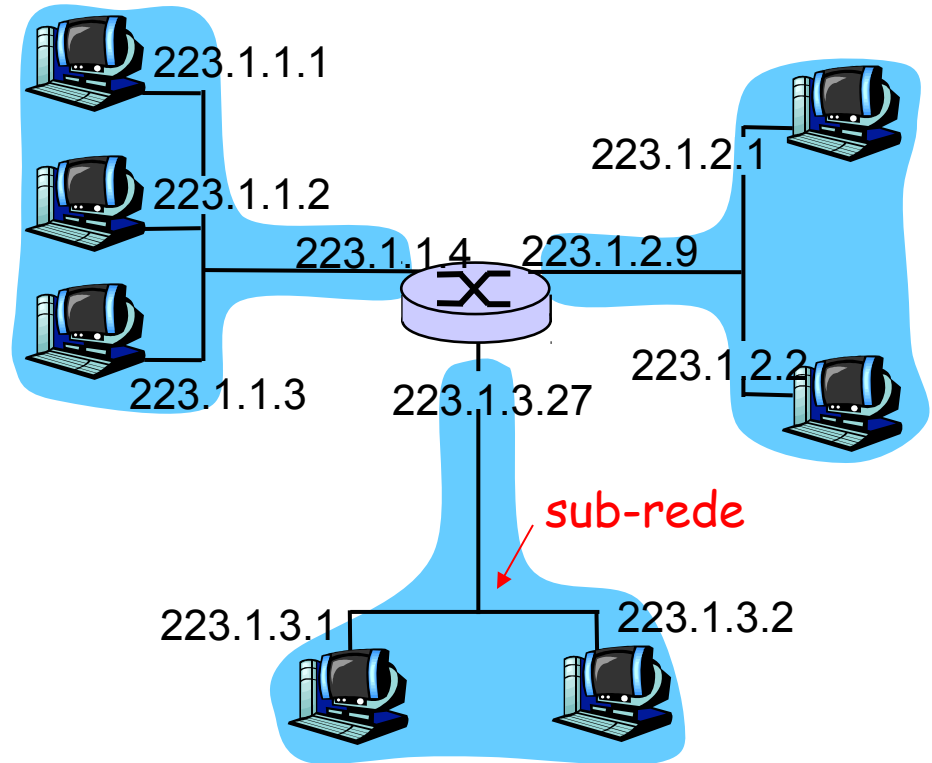
Endereçamento IP: introdução

- endereço IP:
identificador de 32 bits
para *interface de*
hospedeiro e roteador
- *interface*: conexão
entre hospedeiro/
roteador e enlace físico
 - roteadores normalmente
têm várias interfaces
 - hospedeiro normalmente
tem uma interface
 - endereços IP associados
a cada interface



Sub-redes

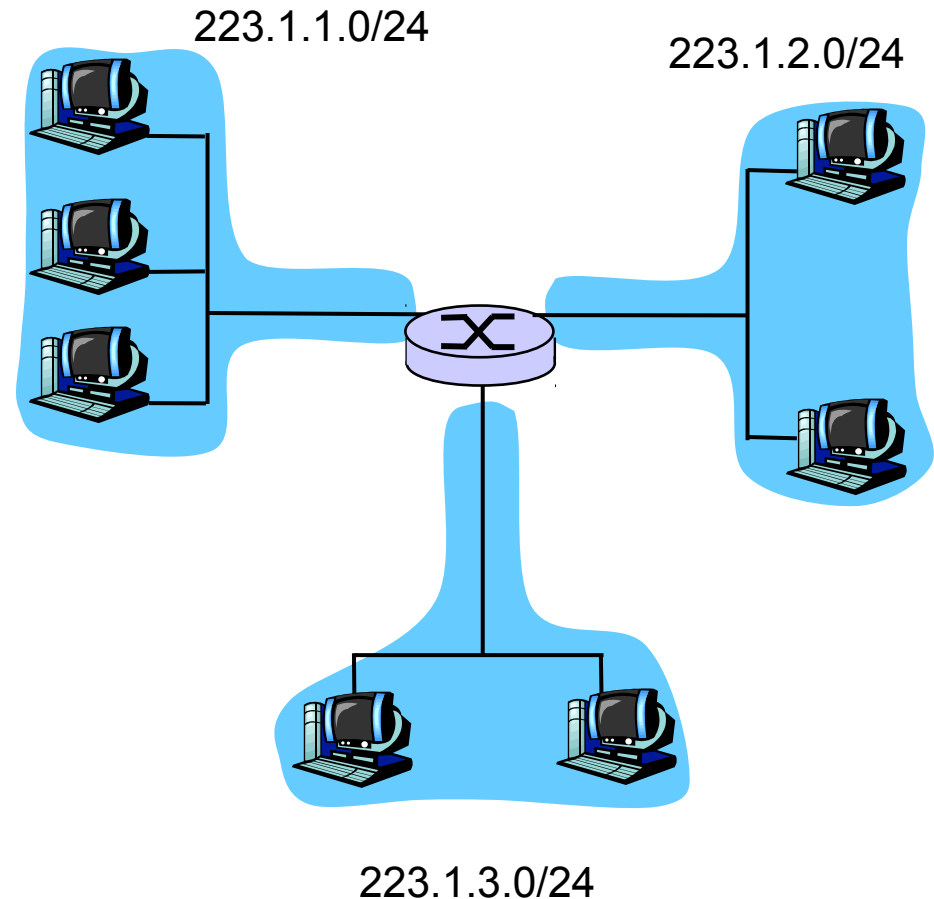
- endereço IP:
 - parte da sub-rede (bits de alta ordem)
 - parte do host (bits de baixa ordem)
- *O que é uma sub-rede?*
 - dispositivo se conecta à mesma parte da sub-rede do endereço IP
 - pode alcançar um ao outro fisicamente sem roteador intermediário



rede consistindo em 3 sub-redes

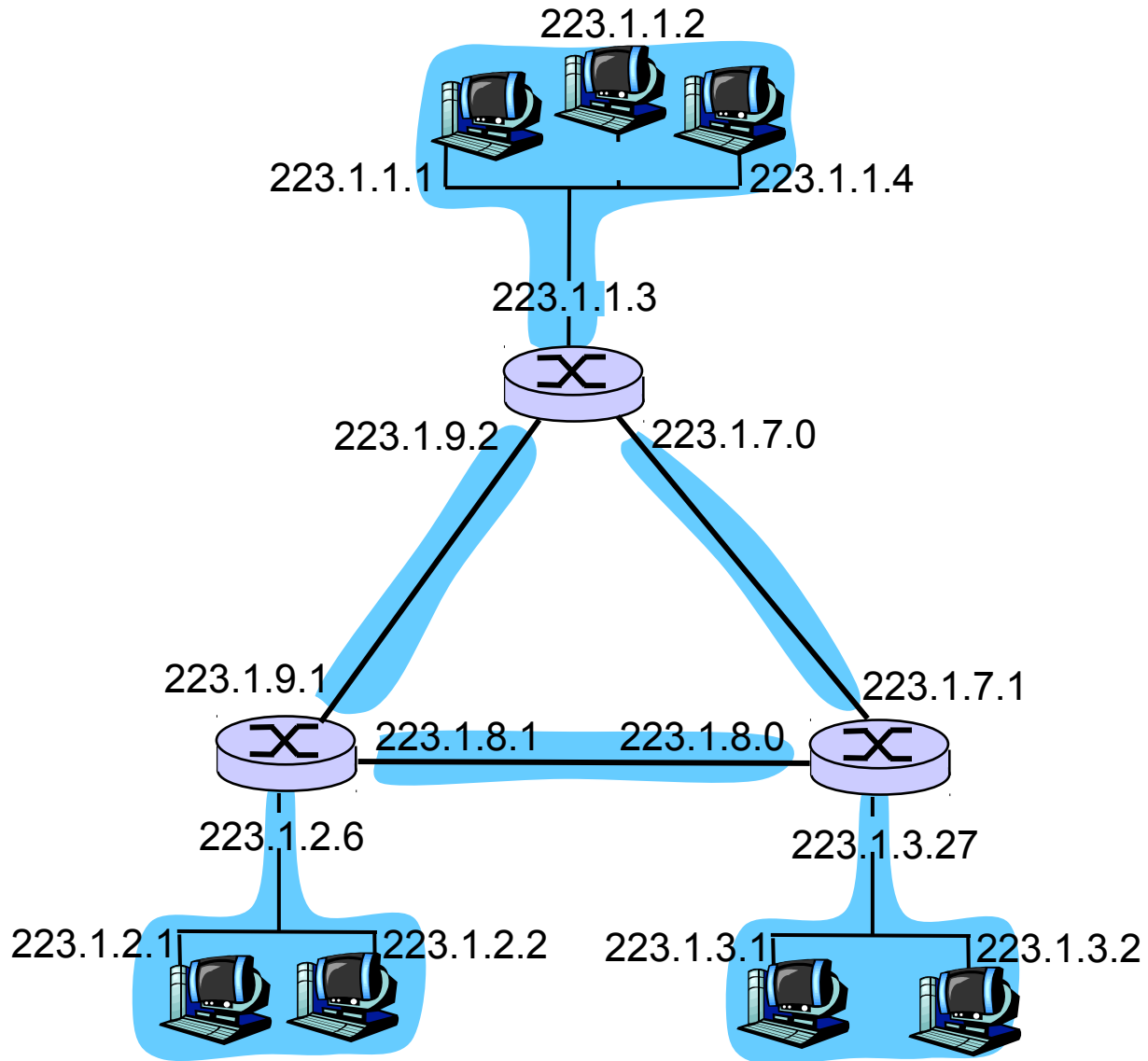
Receita

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



Máscara de sub-rede: /24

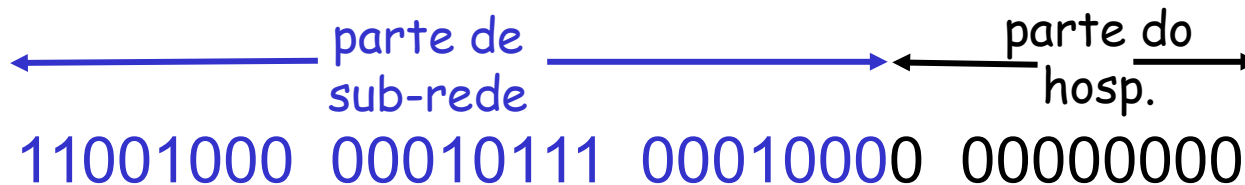
Quantas?



Endereçamento IP: CIDR

CIDR: Classless InterDomain Routing (roteamento interdomínio sem classes)

- parte de sub-rede do endereço de tamanho arbitrário
- formato do endereço: **a.b.c.d/x**, onde x é # bits na parte de sub-rede do endereço
- x é a quantidade de uns na máscara de rede



200.23.16.0/23

Endereçamento IP: endereços especiais

Endereço Loop Back

- 127.0.0.1 (localhost)
- Interface de rede virtual para comunicação no mesmo sistema

Endereço de broadcast global

- 255.255.255.255 (todos os bits 1)

Endereço de broadcast da sub-rede

- Último endereço na sub-rede
- Pode ser obtido por: \sim Máscara (OR lógico) IP

Endereço da sub-rede

- Primeiro endereço na sub-rede
- Pode ser obtido por: Máscara (AND lógico) IP

Endereçamento IP: comando route

Mostra a tabela de roteamento IP

```
valdinei@valdinei-220-1010br: ~  
valdinei@valdinei-220-1010br:~$ route  
Tabela de Roteamento IP do Kernel  
Destino      Roteador      MáscaraGen.   Opções Métrica Ref  Uso Iface  
default      172.16.0.5    0.0.0.0       UG     0     0     0 eth0  
link-local   *             255.255.0.0   U     1000  0     0 wlan0  
172.16.0.0   *             255.255.252.0 U     1     0     0 eth0  
172.16.0.0   *             255.255.0.0   U     2     0     0 wlan0  
valdinei@valdinei-220-1010br:~$
```

Endereçamento IP: comando ifconfig

Mostra as configurações das interfaces de rede

```
valdinei@valdinei-220-1010br: ~  
  
valdinei@valdinei-220-1010br:~$ ifconfig  
eth0      Link encap:Ethernet  Endereço de HW e4:11:5b:0b:3a:14  
          inet end.: 172.16.3.230  Bcast:172.16.3.255  Masc:255.255.252.0  
          endereço inet6: fe80::e611:5bff:fe0b:3a14/64  Escopo:Link  
          UP BROADCAST RUNNING MULTICAST  MTU:1500  Métrica:1  
          pacotes RX:22900748  erros:0  descartados:1777  excesso:0  quadro:0  
          Pacotes TX:1611428  erros:0  descartados:0  excesso:0  portadora:0  
          colisões:0  txqueuelen:1000  
          RX bytes:3221283490 (3.2 GB)  TX bytes:366509046 (366.5 MB)  
          IRQ:47  
  
lo        Link encap:Loopback Local  
          inet end.: 127.0.0.1  Masc:255.0.0.0  
          endereço inet6: ::1/128  Escopo:Máquina  
          UP LOOPBACK RUNNING  MTU:16436  Métrica:1  
          pacotes RX:774829  erros:0  descartados:0  excesso:0  quadro:0  
          Pacotes TX:774829  erros:0  descartados:0  excesso:0  portadora:0  
          colisões:0  txqueuelen:0  
          RX bytes:74421900 (74.4 MB)  TX bytes:74421900 (74.4 MB)  
  
wlan0    Link encap:Ethernet  Endereço de HW e4:11:5b:a6:20:f9  
          inet end.: 172.16.3.62  Bcast:172.16.255.255  Masc:255.255.0.0  
          endereço inet6: fe80::e611:5bff:fea6:20f9/64  Escopo:Link  
          UP BROADCAST RUNNING MULTICAST  MTU:1500  Métrica:1  
          pacotes RX:12086591  erros:0  descartados:5  excesso:0  quadro:0  
          Pacotes TX:245652  erros:0  descartados:0  excesso:0  portadora:0  
          colisões:0  txqueuelen:1000  
          RX bytes:1570094216 (1.5 GB)  TX bytes:44583163 (44.5 MB)  
  
valdinei@valdinei-220-1010br:~$
```

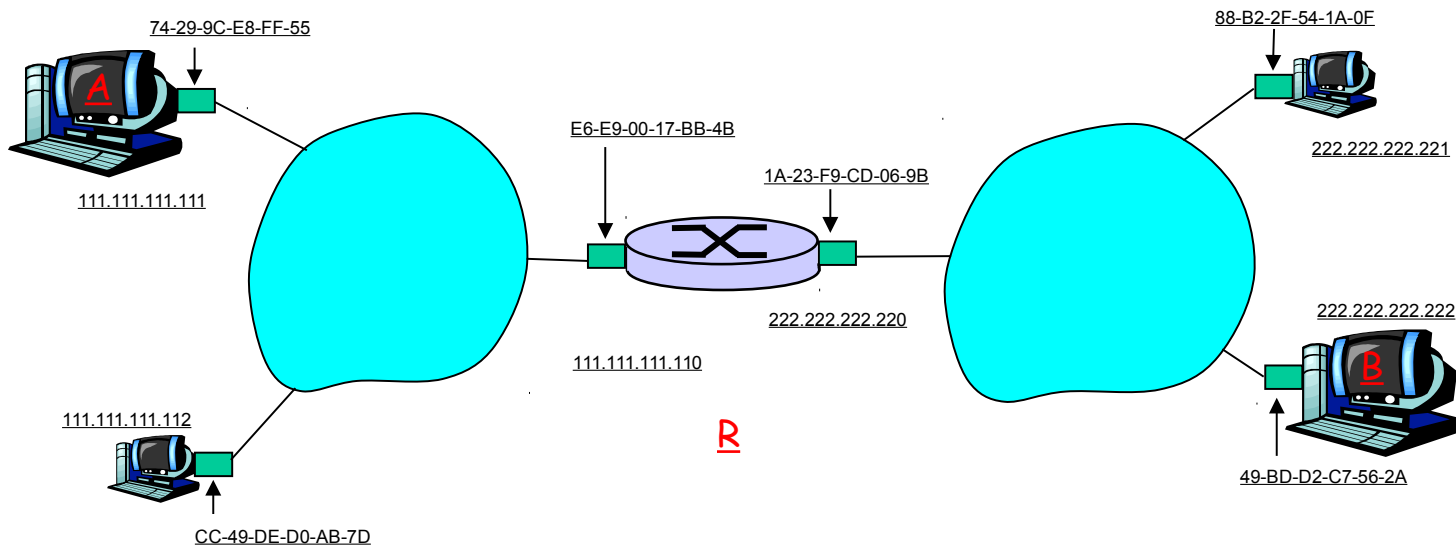
Endereçamento MAC e ARP

- Endereço IP de 32 bits:
 - endereço da *camada de rede*
 - usado para levar datagrama até sub-rede IP de destino

- Endereço MAC (ou LAN ou físico ou Ethernet) :
 - função: *levar quadro de uma interface para outra interface conectada fisicamente (na mesma rede)*
 - Endereço MAC de 48 bits (para maioria das LANs)
 - queimado na ROM da NIC, às vezes também configurável por software

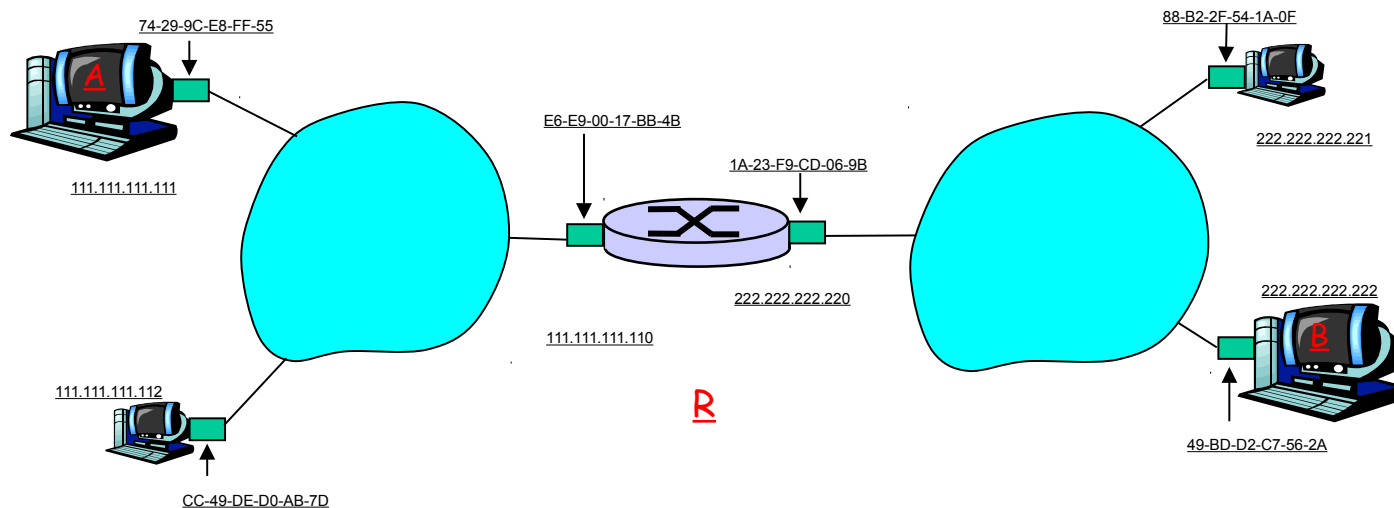
Endereçamento: roteando para outra LAN

acompanhamento: **enviar datagrama de A para B via R**
suponha que A saiba o endereço IP de B



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

- ❑ A cria datagrama IP com origem A, destino B
- ❑ A usa ARP para obter endereço MAC de R para 111.111.111.110
- ❑ A cria quadro da camada de enlace com endereço MAC de R como destino, quadro contém datagrama IP A-para-B
- ❑ NIC de A envia quadro
- ❑ NIC de R recebe quadro
- ❑ R remove datagrama IP do quadro Ethernet, vê o seu destinado a B
- ❑ R usa ARP para obter endereço MAC de B
- ❑ R cria quadro contendo datagrama IP A-para-B e envia para B



Endereçamento IP: comando traceroute

Mostra a rota de pacotes até um host

```
valdinei@valdinei-220-1010br: ~  
valdinei@valdinei-220-1010br:~$ traceroute www.google.com  
traceroute to www.google.com (173.194.118.243), 30 hops max, 60 byte packets  
 1  172.16.0.5 (172.16.0.5)  0.475 ms  0.472 ms  0.469 ms  
 2  143.107.58.1 (143.107.58.1)  1.618 ms  1.620 ms  1.617 ms  
 3  143.107.251.65 (143.107.251.65)  2.911 ms  3.158 ms  3.251 ms  
 4  as15169.sp.ptt.br (187.16.216.55)  3.876 ms  3.977 ms  3.863 ms  
 5  209.85.254.74 (209.85.254.74)  5.133 ms  5.124 ms  5.134 ms  
 6  209.85.246.77 (209.85.246.77)  4.685 ms  3.805 ms  4.095 ms  
 7  gru09s16-in-f19.1e100.net (173.194.118.243)  3.769 ms  4.872 ms  4.869 ms  
valdinei@valdinei-220-1010br:~$
```

Endereços IP: como obter um?

P: Como um *hospedeiro* obtém endereço IP?

- fornecido pelo administrador do sistema em um arquivo
 - Linux (Ubuntu): /etc/network/interfaces
- **DHCP: Dynamic Host Configuration Protocol**: recebe endereço dinamicamente do servidor
 - "plug-and-play"

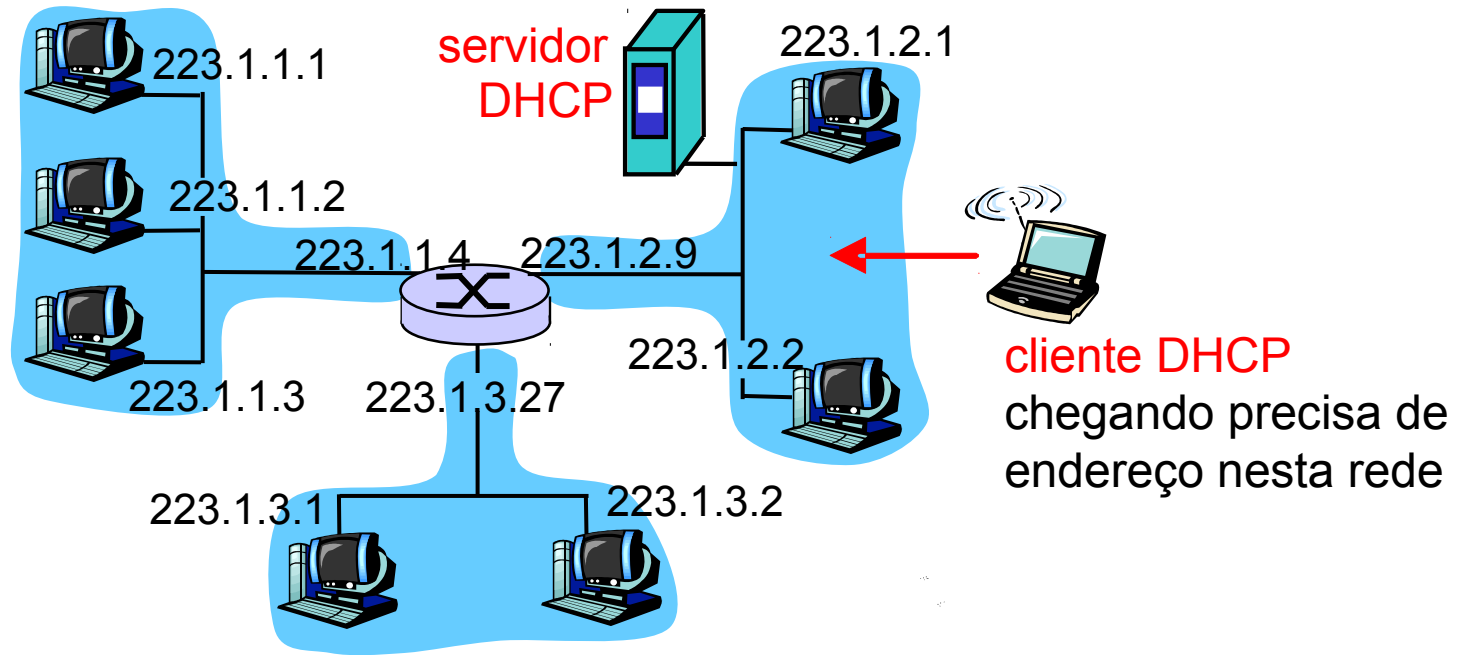
DHCP: Dynamic Host Configuration Protocol

Objetivo: permitir que o hospedeiro obtenha *dinamicamente* seu endereço IP do servidor de rede quando se conectar à rede
pode renovar seu prazo no endereço utilizado
permite reutilização de endereços (só mantém endereço enquanto conectado e "ligado")

Visão geral do DHCP:

- host broadcasts "DHCP discover" msg [opcional]
- servidor DHCP responde com msg "DHCP offer" [opcional]
- hospedeiro requer endereço IP: msg "DHCP request"
- servidor DHCP envia endereço: msg "DHCP ack"

DHCP - cenário cliente/servidor



DHCP: mais do que endereço IP

DHCP pode retornar mais do que apenas o endereço IP alocado na sub-rede:

- endereço do roteador do primeiro salto para o cliente
- nome e endereço IP do servidor DNS
- máscara de rede (indicando parte de rede *versus* hospedeiro do endereço)

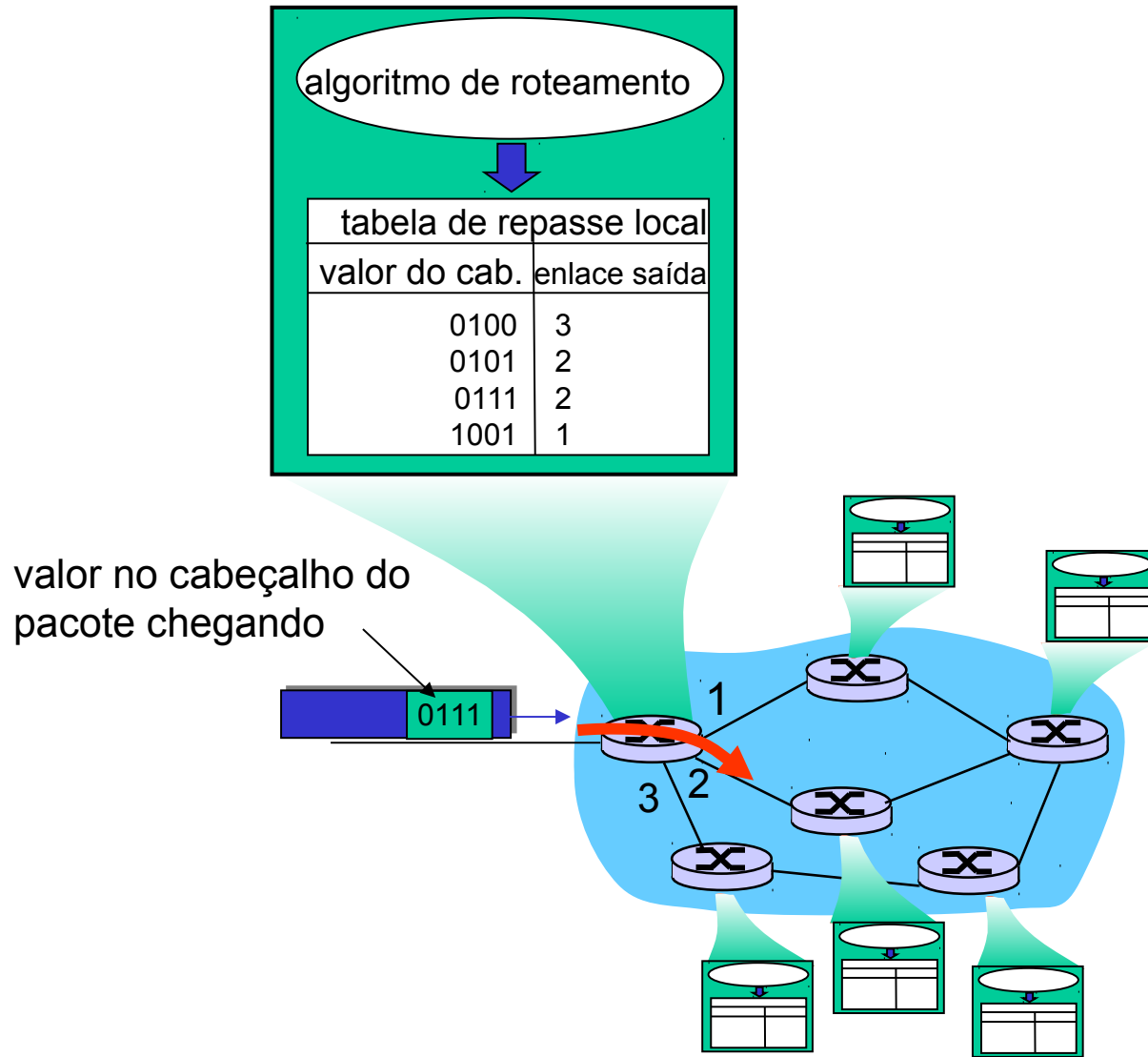
Endereços IP: como obter um?

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

R: Recebe parte alocada do espaço de endereços do seu ISP

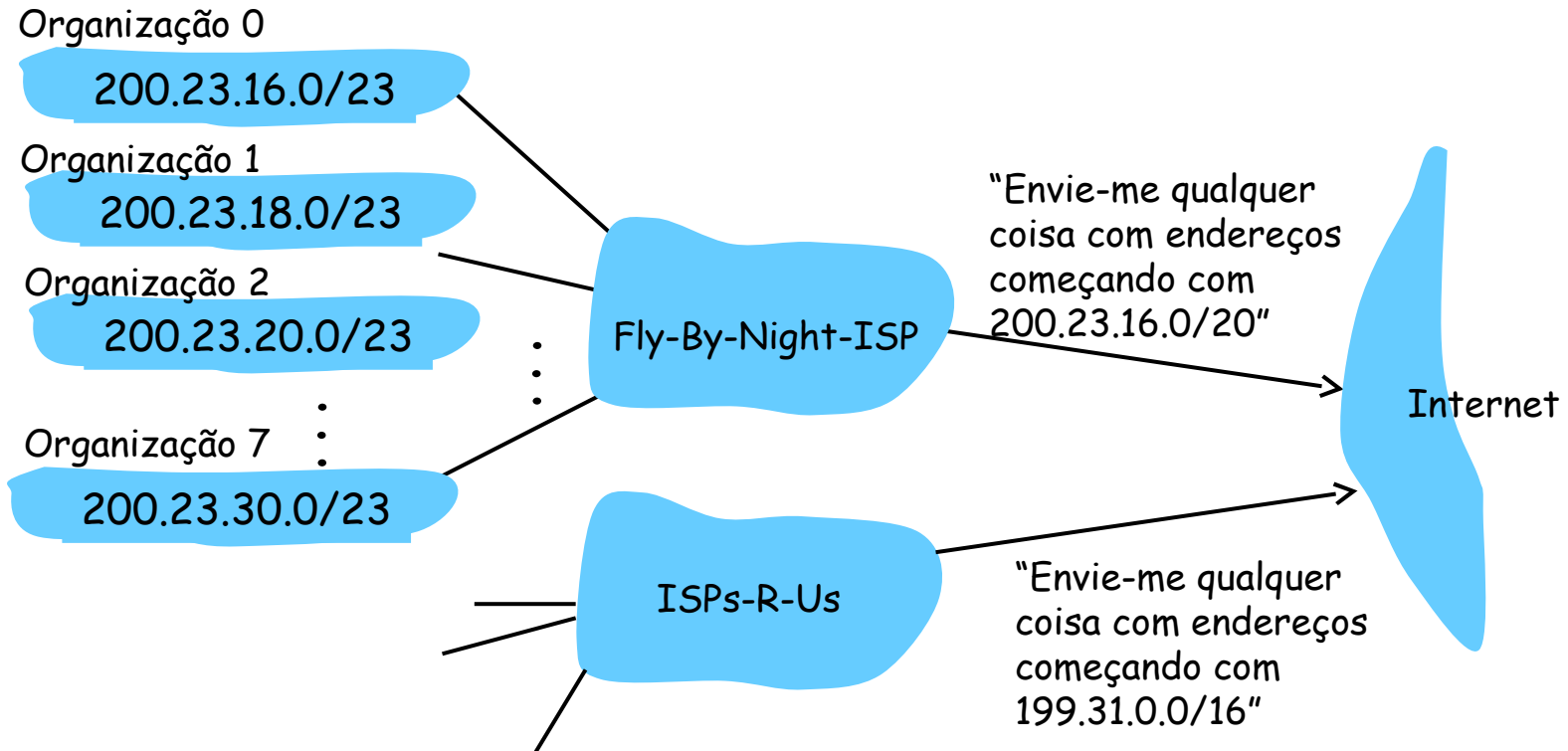
Bloco do ISP	<u>11001000</u>	<u>00010111</u>	<u>00010000</u>	00000000	200.23.16.0/20
Organização 0	<u>11001000</u>	<u>00010111</u>	<u>00010000</u>	00000000	200.23.16.0/23
Organização 1	<u>11001000</u>	<u>00010111</u>	<u>00010010</u>	00000000	200.23.18.0/23
Organização 2	<u>11001000</u>	<u>00010111</u>	<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

Interação entre roteamento e repasse



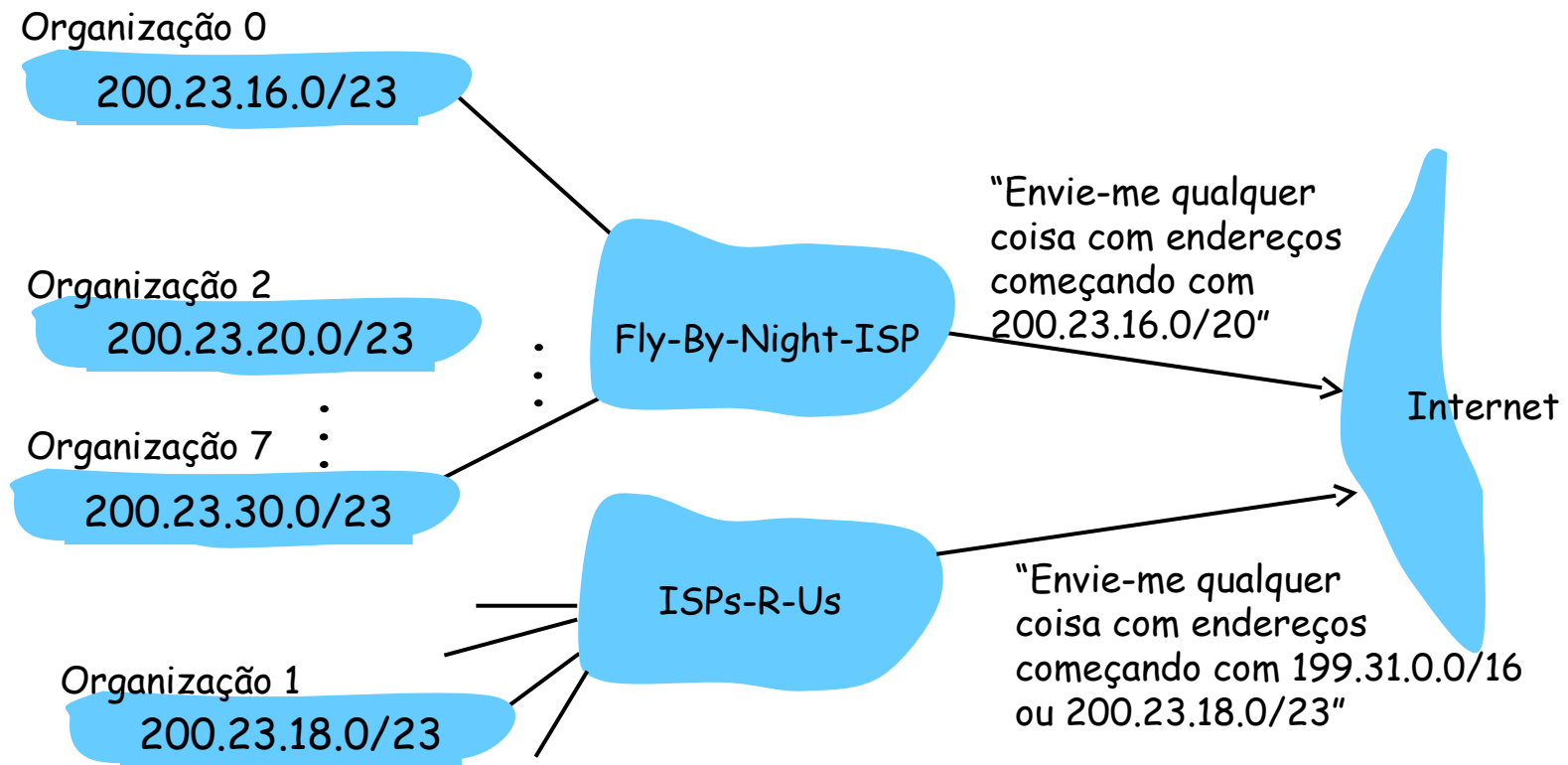
Endereçamento hierárquico: agregação de rota

Endereçamento hierárquico permite anúncio eficiente da informação de roteamento:



Endereçamento hierárquico: rotas mais específicas

ISPs-R-Us tem uma rota mais específica para Organização 1



Endereçamento IP

P: Como um ISP recebe bloco de endereços?

R: **ICANN**: **I**nternet **C**orporation for **A**ssigned
Names and **N**umbers

- aloca endereços
- administra o DNS
- atribui nomes de domínio e resolve disputas

Exercícios Recomendados (12, 13, 14, 15, 16, 17, 18 e 19)

Considere um roteador que interconecta três sub-redes. Suponha que todas as interfaces de cada uma dessas três sub-redes tenha de ter o prefixo 223.1.17/24. Suponha também que a sub-rede 1 tenha que suportar até 60 interfaces, a sub-rede 2, 90 interfaces e a sub-rede 3, 20 interfaces. Dê três endereços de rede (na forma a.b.c.d/x) que satisfaçam essas limitações.