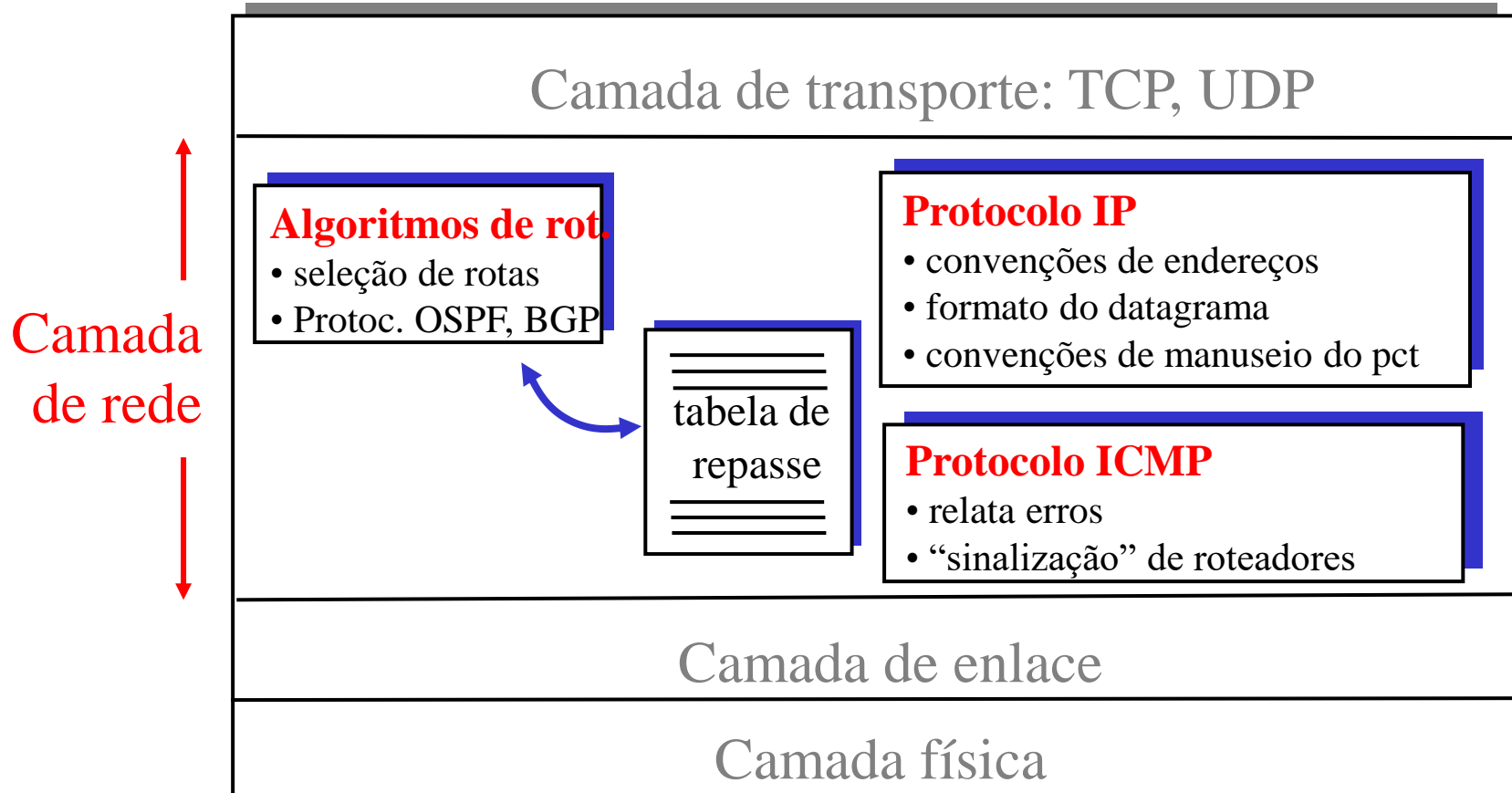
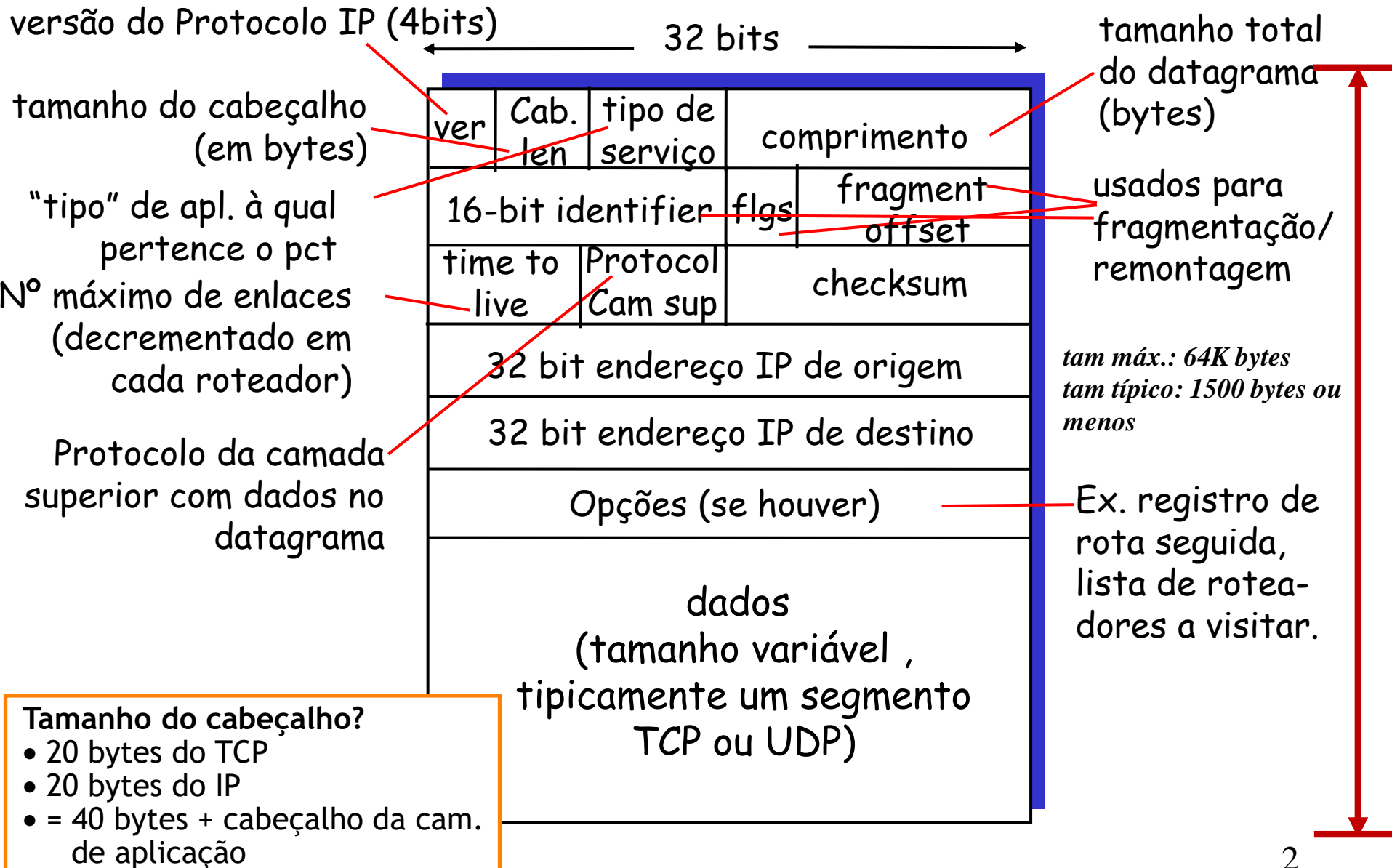


# A Camada de Rede na Internet

Funções da camada de rede em estações, roteadores:



# Formato do datagrama IP

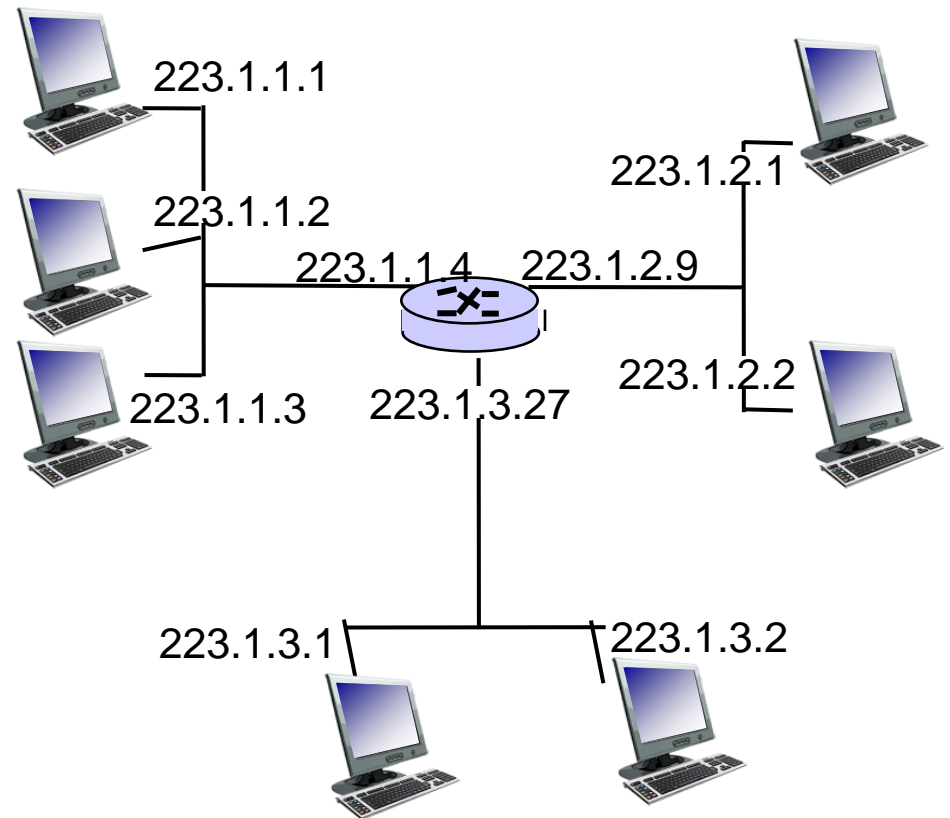


# Endereçamento IPv4

- Cada endereço IP tem comprimento de 32 bits (equivalente a 4 bytes).
- Portanto, há um total de  $2^{32}$  endereços IP possíveis.
- Fazendo uma aproximação de  $2^{10}$  por  $10^3$ , é fácil ver que há cerca de 4 bilhões de endereços IP possíveis.
- Esses endereços são escritos em **notação decimal separada por pontos**. Cada número decimal representando 8 bits.

# Endereçamento IPv4: Introdução

- **endereço IP:** identificador de 32-bits para interfaces de roteadores e hosts
- **interface:** conexão entre roteador ou host e enlace físico
  - ✓ Roteador tem tipicamente múltiplas interfaces
  - ✓ Hosts geralmente têm apenas uma ou duas interfaces (Wifi e Ethernet, por ex.)



**Importante:** *endereços IP  
são associados com  
interfaces, não com o  
equipamento propriamente dito  
(host ou roteador)*

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

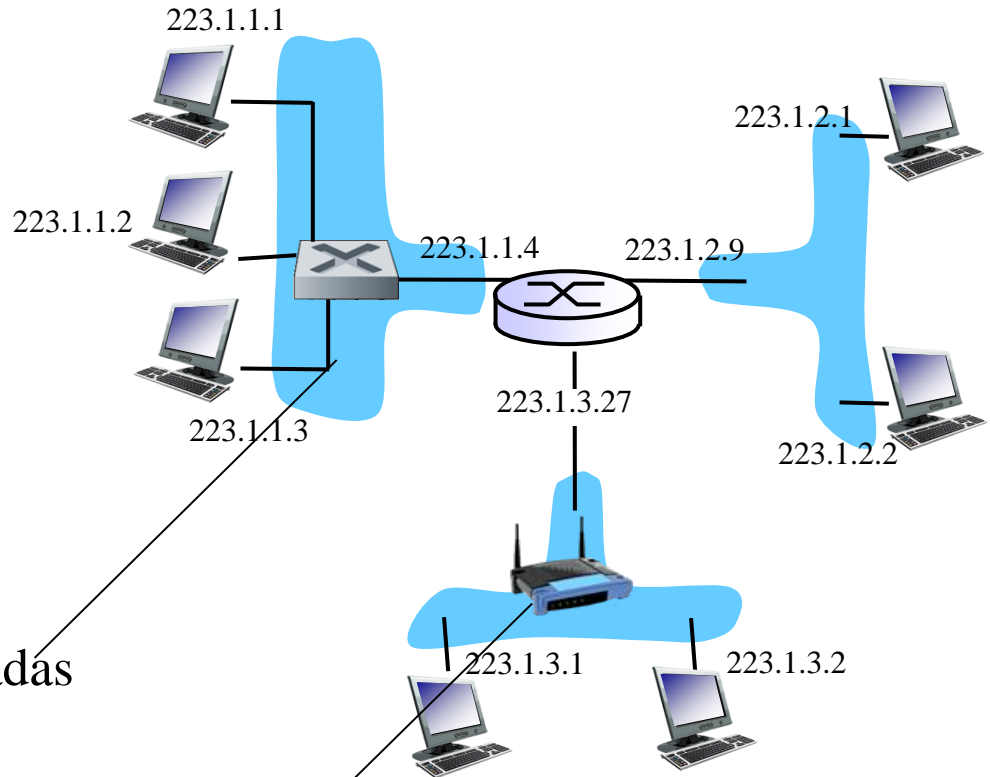
# Endereçamento IPv4: introdução

**Q:** *Como as interfaces estão conectadas?*

**R:** *aprenderemos sobre isso no capítulo 5.*

**R:** Interfaces com fio são conectadas por comutadores Ethernet

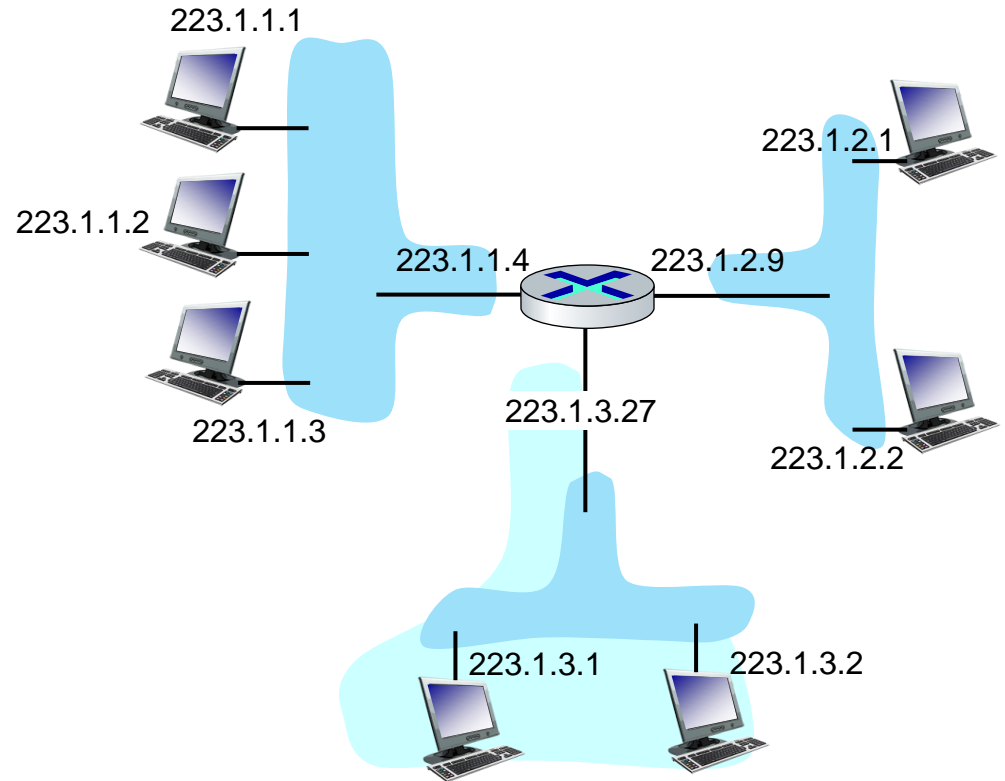
*(por enquanto não é necessário se preocupar com isso)*



**R:** interfaces WiFi são conectadas por uma estação base WiFi

# Endereçamento IPv4: Sub-redes

- *O que é uma sub-rede?* (na perspectiva do endereço)
  - Interfaces de dispositivos com a mesma parte de rede no endereço IP
  - Podem se comunicar fisicamente sem o auxílio de um roteador
- Estrutura do endereço IP:
  - parte identifica a sub-rede (dispositivos na mesma sub-rede têm os mesmos bits mais significativos)
  - parte identifica o Host (bits menos significativos restantes)

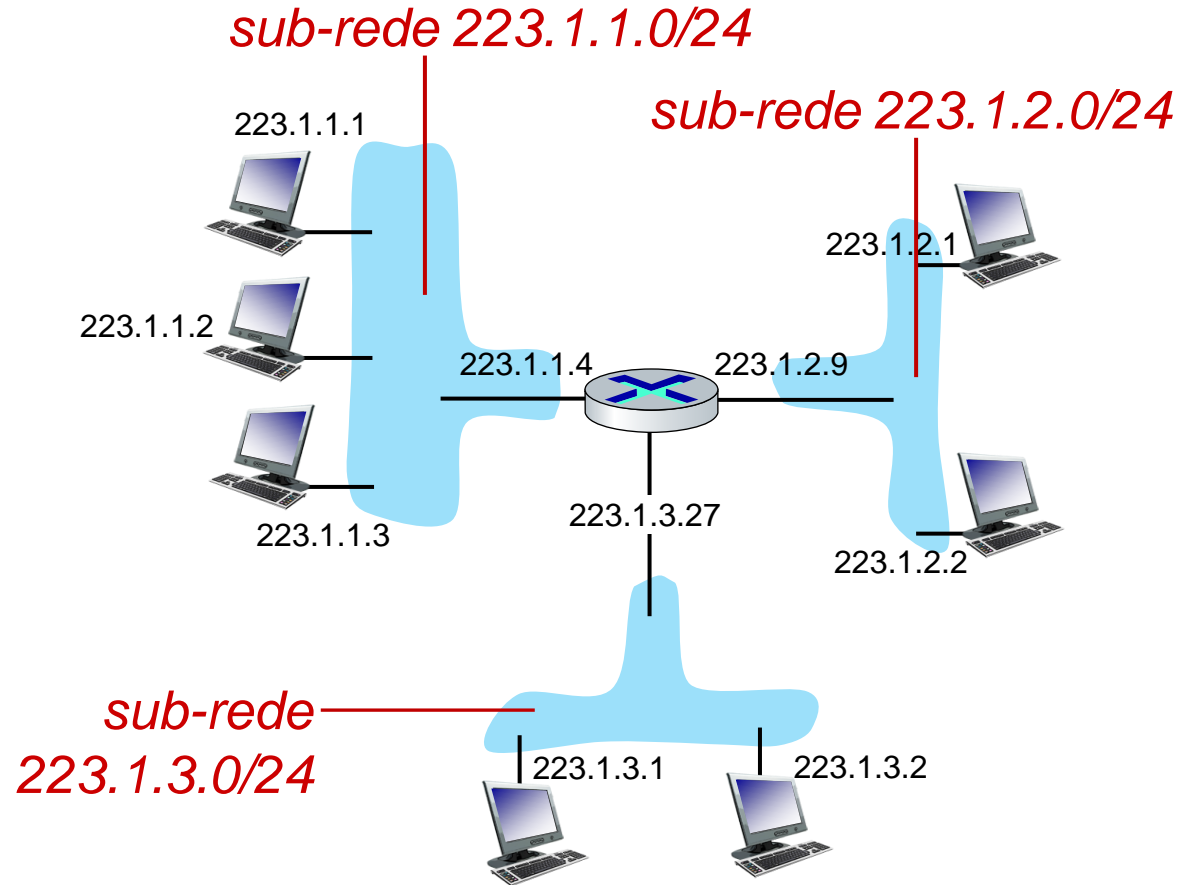


Rede consistindo de de 3 sub-redes IP (para endereços IP começando com 223, os primeiros 24 bits são o endereço de Rede e os últimos 8 bits identificam o host)

# Sub-redes

## Como encontrar as sub-redes?

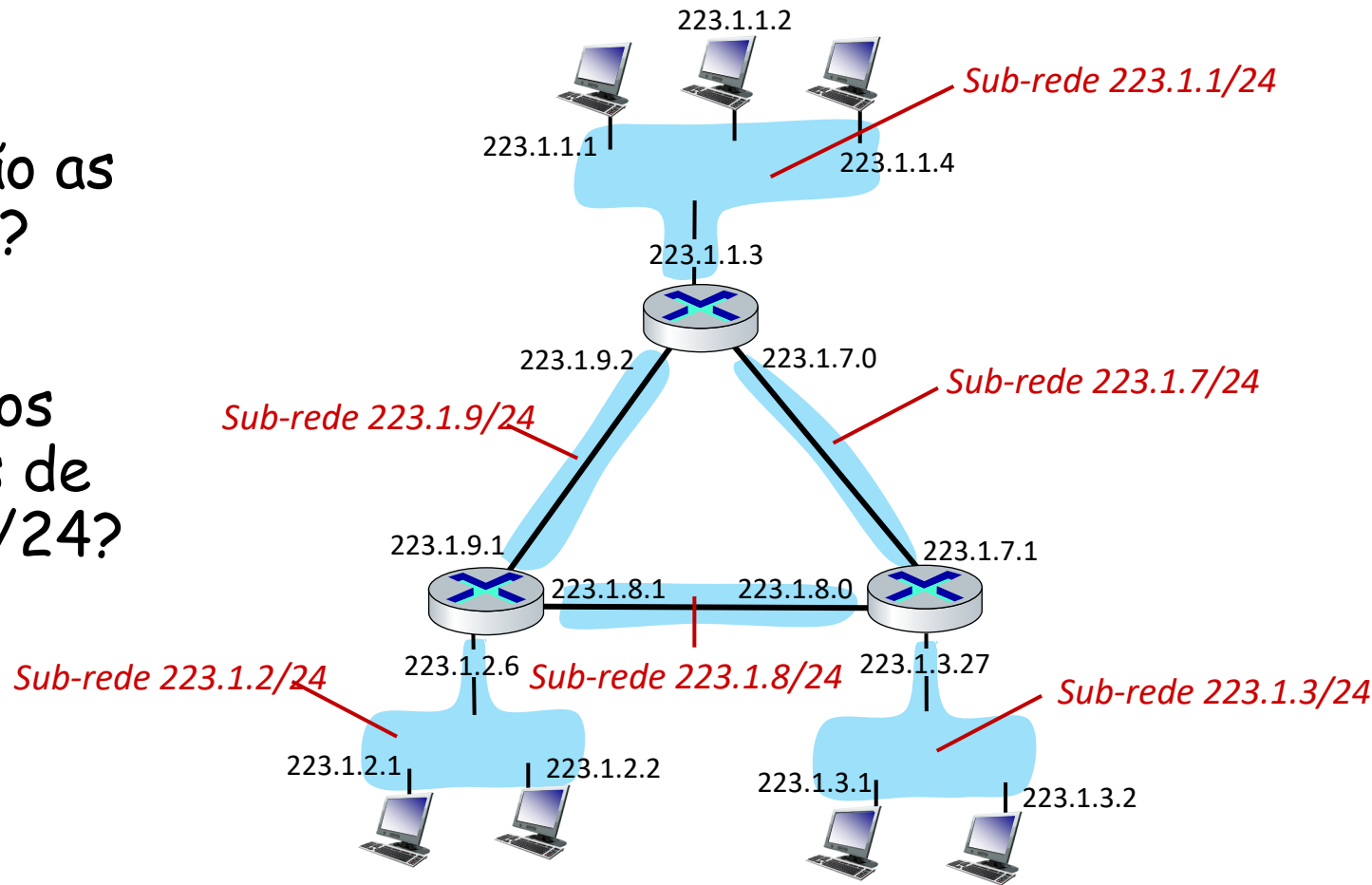
- ❑ Separe cada interface de seus respectivos roteadores e hosts
- ❑ Criar ilhas de redes isoladas. Cada uma delas é chamada de sub-rede



*máscara da sub-rede: /24  
(24 bits mais significativos:  
parte do endereço IP que identifica  
a sub-rede)*

# Sub-redes

- Onde estão as sub-redes?
- Quais são os endereços de sub-rede /24?



Network Layer: 4-8



# Endereçamento IP: CIDR

**CIDR: Classless InterDomain Routing**  
(roteamento interdomínio sem classes)

- ✓ A parte de rede do endereço tem tamanho arbitrário
- ✓ Formato do endereço: **A.B.C.D/x**, onde **x** é o número de bits na parte de rede do endereço - **a máscara de rede**



200.23.16.0/23

# Obtenção de um bloco de endereços IP

**Q:** Como um ISP obtém um bloco de endereços?

**A:** **ICANN:** Internet Corporation for Assigned Names and Numbers <http://www.icann.org/>

- aloca endereços IP através de 5 administradores de registros regionais (RRs) (os quais podem alocar IPs aos administradores de registros locais)
- administra os servidores DNS raiz, incluindo o gerenciamento e atribuição de TLDs individuais (.com, .edu, ...)
- resolve disputas de nomes de domínios

# Obtenção de um bloco de endereços

Para obter um bloco de endereços IP para utilizar dentro da sub-rede de uma organização, um administrador de rede poderia:

1. Contatar seu ISP, que forneceria endereços a partir de um bloco maior de endereços que já estão alocados ao ISP.
2. O ISP, por sua vez, dividiria seu bloco de endereços, por exemplo, em oito blocos de endereços contíguos, do mesmo tamanho, e daria cada um deles a uma das oito organizações suportadas por ele (veja figura a seguir):

# Obtenção de um bloco de endereços IP

Q: Como uma rede obtém a parte da sub-rede do endereço IP?

R: Obter uma parte do espaço de endereços do seu ISP:

bloco do ISP      11001000 00010111 00010000 00000000      200.23.16.0/20

ISP pode, então, dividir seu espaço de endereços em 8 blocos e alocá-los:

Organização 0      11001000 00010111 00010000 00000000      200.23.16.0/23

Organização 1      11001000 00010111 00010010 00000000      200.23.18.0/23

Organização 2      11001000 00010111 00010100 00000000      200.23.20.0/23

...

.....

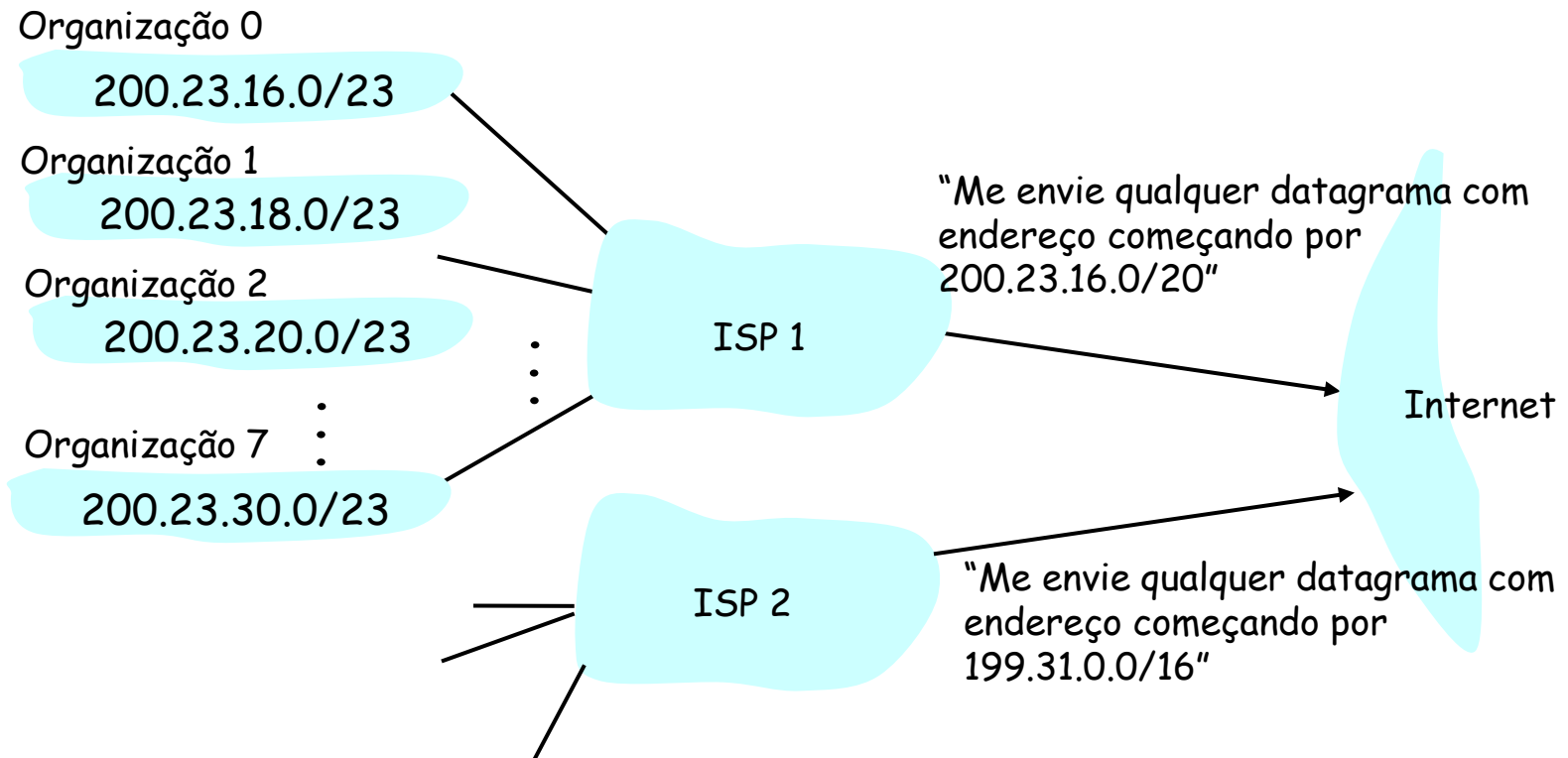
....

....

Organização 7      11001000 00010111 00011110 00000000      200.23.30.0/23

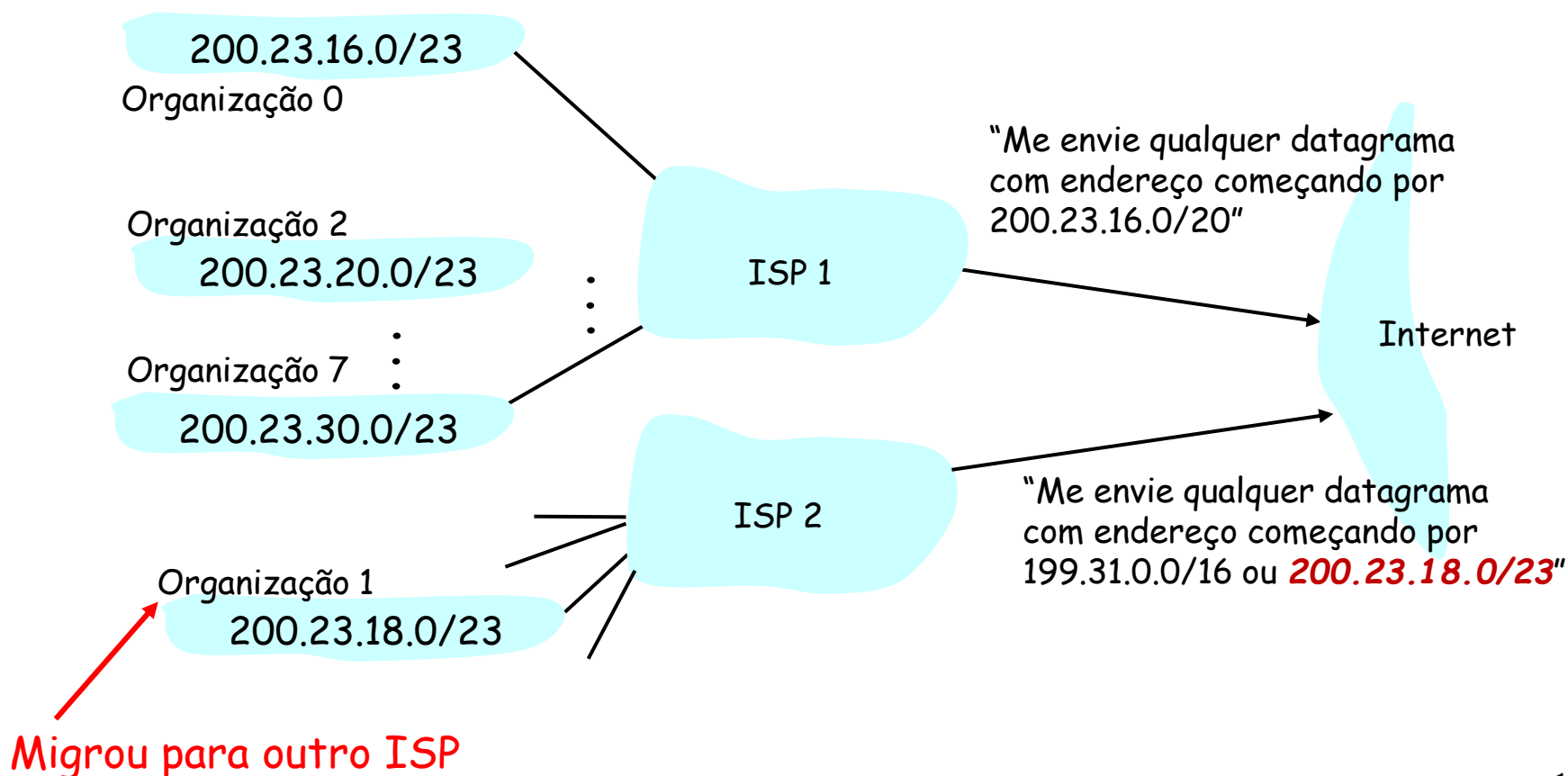
# Endereçamento hierárquico: agregação de rotas

Denomina-se agregação de rotas qdo se usa um único prefixo de rede para anunciar várias redes



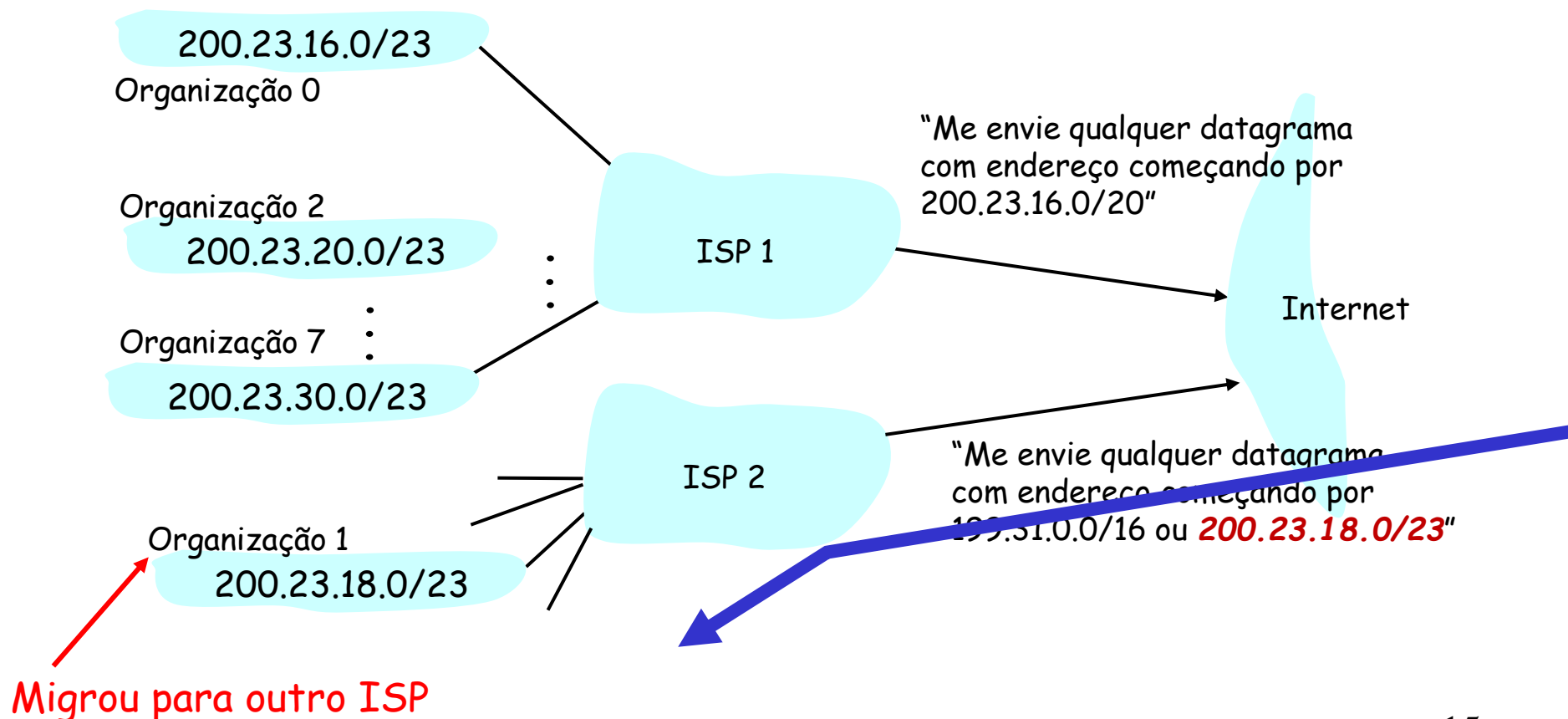
# Endereçamento hierárquico: rotas mais específicas

Suponha que o ISP 1 compre o ISP2 e deseje rotear os pcts da organização 1 pelo ISP2. O ISP2 , agora, anuncia uma rota mais específica para a organização 1 (regra do prefixo mais longo)



# Endereçamento hierárquico: rotas mais específicas

Suponha que o ISP 1 compre o ISP2 e deseje rotear os pcts da organização 1 pelo ISP2. O ISP2 , agora, anuncia uma rota mais específica para a organização 1 (regra do prefixo mais longo)



# Como um host obtém um endereço IP?

**Q:** Como um host obtém um endereço IP?

1. Configurado manualmente pelo admin em um arquivo:

Windows: control-panel -> network -> configuration ->  
tcp/ip -> properties

Unix: /etc/rc.config

2. **DHCP** (Dynamic Host Configuration Protocol):

obtém, dinamicamente, um endereço de um servidor DHCP  
"plug-and-play"



# DHCP: Dynamic Host Configuration Protocol

objetivo: permitir a um host obter, dinamicamente, seu endereço IP quando se junta à rede. Este endereço será fornecido por um *servidor DHCP*

## Protocolo cliente-servidor

- ❑ **Cliente**: host "recém-chegado" à rede
- ❑ **Servidor**: fornece informações de configuração de rede aos clientes (ex.: endereço IP)
  - ✓ Um **servidor DHCP** para cada rede local (LAN), ou
  - ✓ **Roteador local** faz o papel de **agente relé**, ou seja, conhece o endereço do servidor DHCP mais próximo

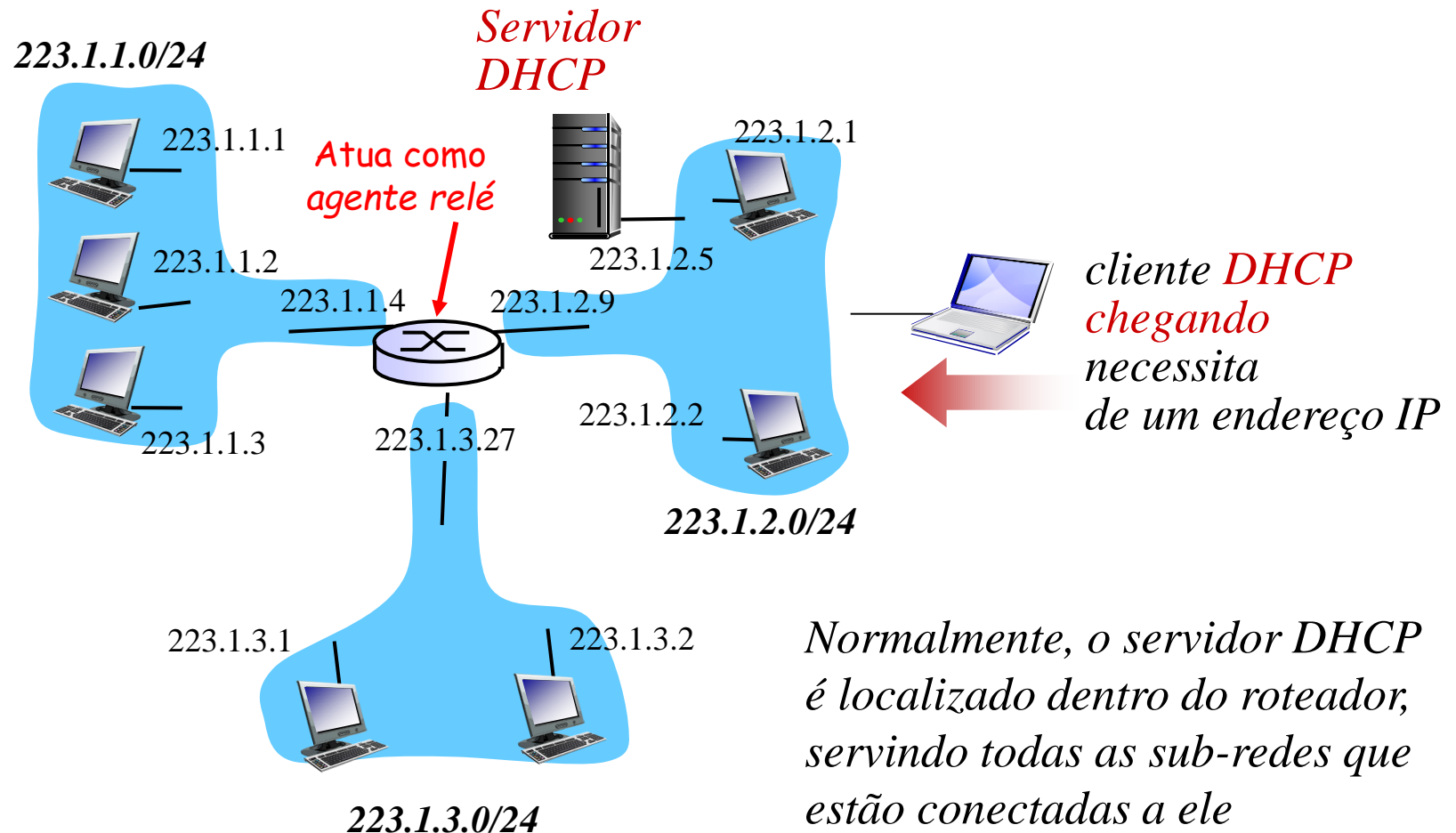
# DHCP: Dynamic Host Configuration Protocol

- ✓ Permite a reutilização de endereços (host somente retém o endereço enquanto está conectado) - "economia" de endereços IP
- ✓ Concessão pode ser renovada periodicamente
- ✓ Suporte para usuários móveis que desejam se conectar à rede

## *DHCP - visão geral:*

1. host faz broadcast da msg "DHCP discover"
2. Servidor DHCP responde com msg "DHCP offer"
3. host requisita endereço IP com msg "DHCP request"
4. servidor DHCP envia endereço IP através da msg "DHCP ack"

# Cenário cliente-servidor DHCP



# DHCP: Troca de mensagens

- ❑ *DHCP Discover Message* : msg de broadcast enviada pelo cliente
  - ✓ datagrama UDP, endereçado para 255.255.255.255, porta 67, com endereço de origem 0.0.0.0, porta 68
- ❑ *DHCP Server Offer* : resposta do servidor DHCP local (via protocolo de enlace), contendo:
  - ✓ endereço IP proposto para o cliente
  - ✓ máscara de rede
  - ✓ prazo de validade do endereço IP fornecido

Obs: Pode haver mais de um servidor DHCP. Cliente escolhe
- ❑ *DHCP Request* : cliente confirma aceitação dos parâmetros de configuração do servidor escolhido
- ❑ *DHCP ACK* : servidor confirma os parâmetros do cliente

# DHCP: cenário

DHCP server: 223.1.2.5

DHCP discover

Broadcast: is there a  
DHCP server out there?

arriving  
client



DHCP offer

Broadcast: I'm a DHCP  
server! Here's an IP  
address you can use

DHCP request

Broadcast: OK. I'll take  
that IP address!

DHCP ACK

Broadcast: OK. You've  
got that IP address!

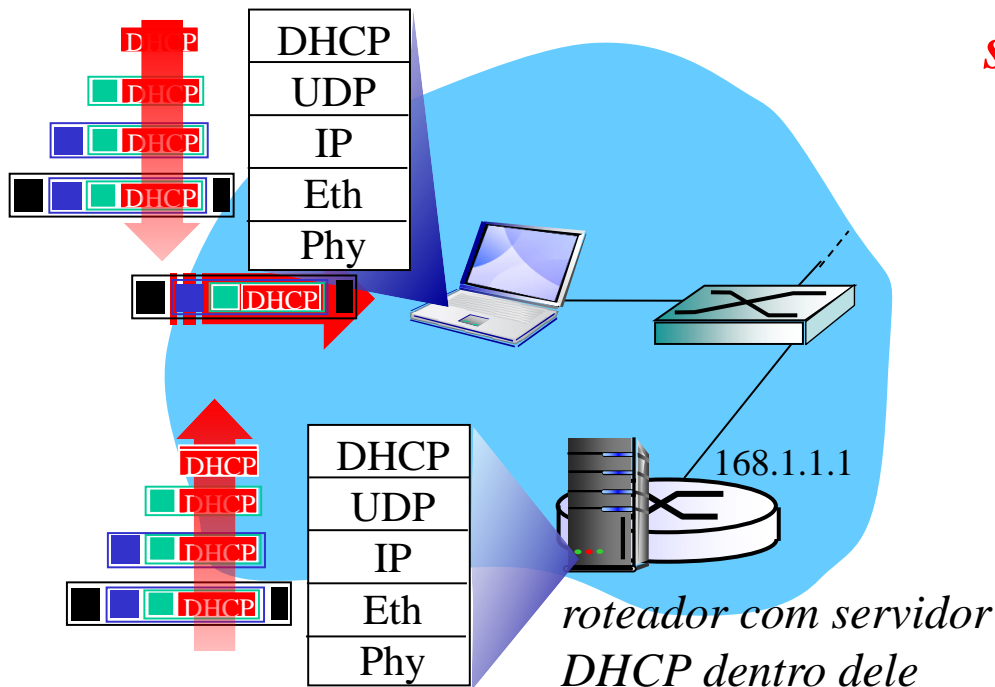
*Pode-se pular os dois  
passos acima "se um  
cliente se lembra e deseja  
reusar um endereço  
anteriormente alocado  
pelo servidor" [RFC 2131]*

# DHCP: fornece mais do que endereços IP

- ✓ Endereço do roteador de primeiro salto para o host
- ✓ Nome e endereço IP do servidor DNS local
- ✓ Máscara da sub-rede (indicando a porção do endereço referente à rede e a porção referente ao host)

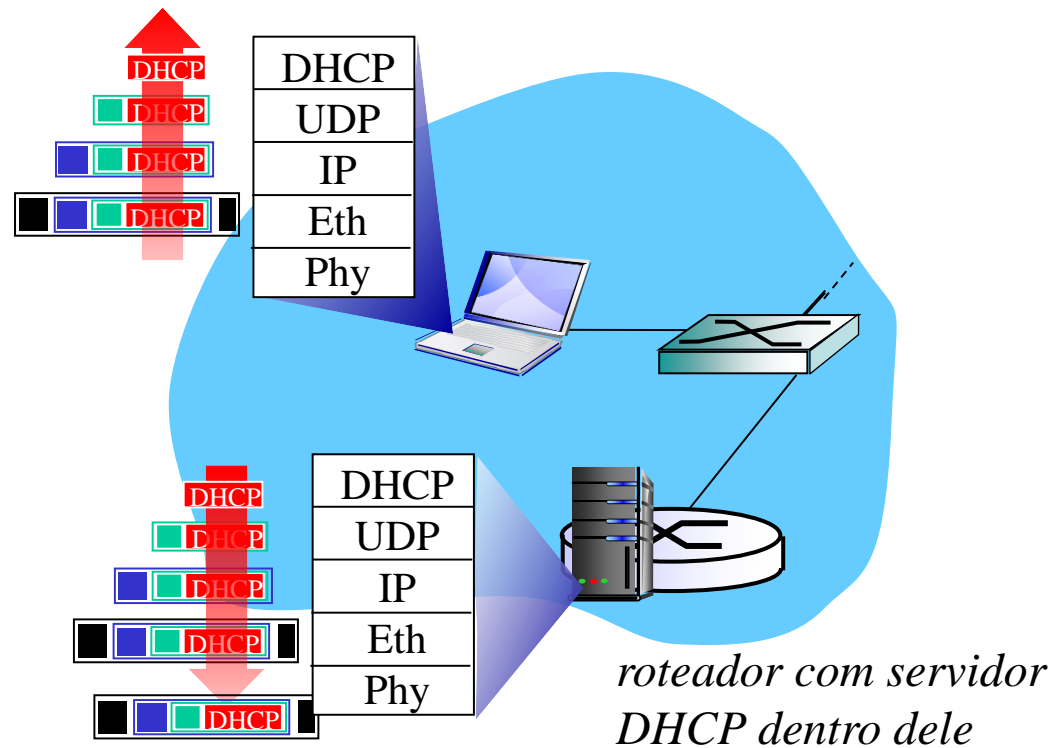
# DHCP: exemplo

*Para a conexão do laptop é necessário o seu endereço IP, o endereço do roteador “first-hop” e o endereço do servidor DNS: use o DHCP*



- ❖ DHCP request é encapsulada no UDP, que é encapsulado no IP, que é encapsulado em um quadro 802.1 Ethernet
- ❖ Quadro Ethernet é difundido (dest: FFFFFFFFFFFFFFFF) na LAN, recebido no roteador que roda o servidor DHCP
- ❖ Quadro Ethernet é demultiplexado para o IP, para o UDP e para o DHCP

# DHCP: exemplo



- ❖ Servidor DHCP formula um DHCP ACK contendo o end. IP do cliente, o end. IP do roteador de primeiro salto (first-hop), nome & end. IP do servidor DNS local
- ❖ Mensagem do servidor DHCP é encapsulada e enviada para o cliente DHCP
- ❖ Cliente agora sabe seu endereço IP, o nome e endereço IP do servidor DNS e o endereço IP de seu roteador de primeiro salto



# DHCP: Wireshark output (home LAN)

Message type: **Boot Request (1)**

Hardware type: Ethernet

Hardware address length: 6

Hops: 0

**Transaction ID: 0x6b3a11b7**

Seconds elapsed: 0

Bootp flags: 0x0000 (Unicast)

Client IP address: 0.0.0.0 (0.0.0.0)

Your (client) IP address: 0.0.0.0 (0.0.0.0)

Next server IP address: 0.0.0.0 (0.0.0.0)

Relay agent IP address: 0.0.0.0 (0.0.0.0)

**Client MAC address: Wistron\_23:68:8a (00:16:d3:23:68:8a)**

Server host name not given

Boot file name not given

Magic cookie: (OK)

Option: (t=53,l=1) **DHCP Message Type = DHCP Request**

Option: (61) Client identifier

Length: 7; Value: 010016D323688A;

Hardware type: Ethernet

Client MAC address: Wistron\_23:68:8a (00:16:d3:23:68:8a)

Option: (t=50,l=4) Requested IP Address = 192.168.1.101

Option: (t=12,l=5) Host Name = "nomad"

**Option: (55) Parameter Request List**

Length: 11; Value: 010F03062C2E2F1F21F92B

**1 = Subnet Mask; 15 = Domain Name**

**3 = Router; 6 = Domain Name Server**

44 = NetBIOS over TCP/IP Name Server

.....

request

Message type: **Boot Reply (2)**

Hardware type: Ethernet

Hardware address length: 6

Hops: 0

**Transaction ID: 0x6b3a11b7**

Seconds elapsed: 0

Bootp flags: 0x0000 (Unicast)

**Client IP address: 192.168.1.101 (192.168.1.101)**

Your (client) IP address: 0.0.0.0 (0.0.0.0)

**Next server IP address: 192.168.1.1 (192.168.1.1)**

Relay agent IP address: 0.0.0.0 (0.0.0.0)

Client MAC address: Wistron\_23:68:8a (00:16:d3:23:68:8a)

Server host name not given

Boot file name not given

Magic cookie: (OK)

**Option: (t=53,l=1) DHCP Message Type = DHCP ACK**

**Option: (t=54,l=4) Server Identifier = 192.168.1.1**

**Option: (t=1,l=4) Subnet Mask = 255.255.255.0**

**Option: (t=3,l=4) Router = 192.168.1.1**

**Option: (6) Domain Name Server**

**Length: 12; Value: 445747E2445749F244574092;**

**IP Address: 68.87.71.226;**

**IP Address: 68.87.73.242;**

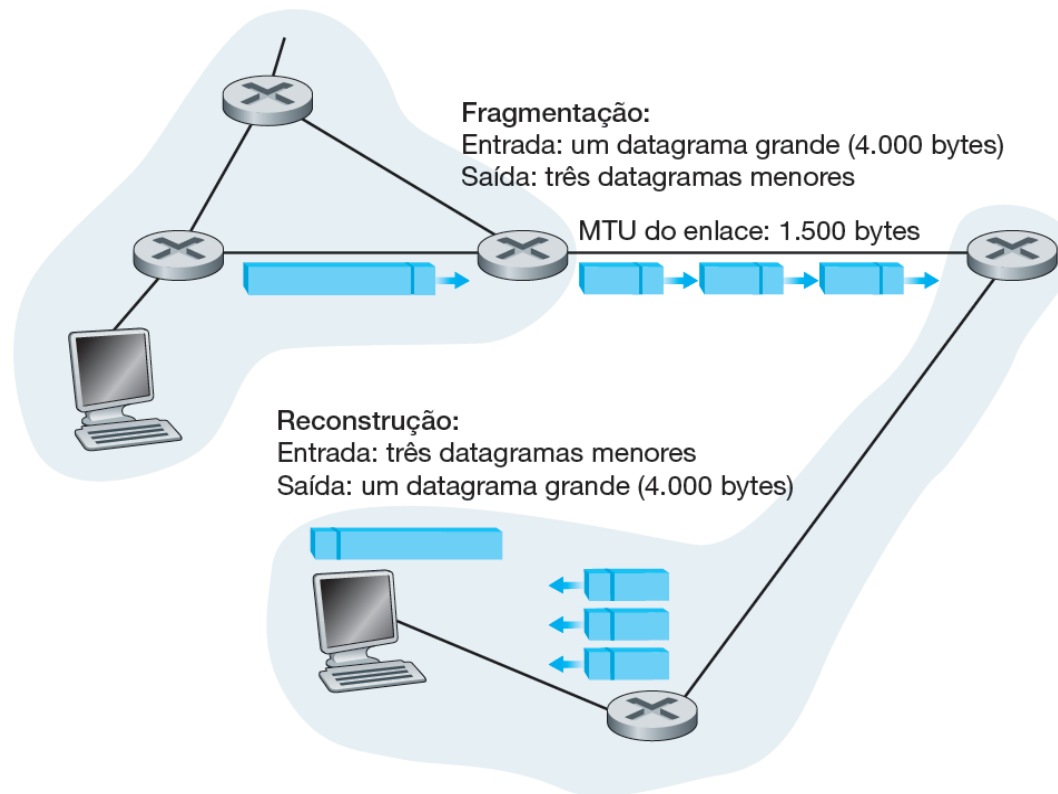
**IP Address: 68.87.64.146**

**Option: (t=15,l=20) Domain Name = "hsd1.ma.comcast.net."**

reply

# IP Fragmentação e Remontagem

- ❑ Enlaces de rede têm MTU (max.transfer size) - corresponde ao maior quadro que pode ser transportado pela camada de enlace.
  - ✓ tipos de enlaces diferentes possuem MTU diferentes (Ethernet: 1500 bytes de dados)
- ❑ 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



# IP: Fragmentação & Remontagem

## Exemplo

- Datagrama de 4000 bytes
- MTU = 1500 bytes

	Compr	ID	bit_frag	início
	=4000	=x	=0	=0

um datagrama grande vira  
vários datagramas menores

1480 bytes de  
dados

início =  
 $1480/8$

	compr	ID	bit_frag	início
	=1500	=x	=1	=0

	compr	ID	bit_frag	início
	=1500	=x	=1	=185

	compr	ID	bit_frag	início
	=1040	=x	=0	=370

# Endereçamento IP: últimas palavras

**Q:** Existem endereços IP de 32 bits em n° suficiente?

- ICANN alocou o último pedaço de endereços IPv4 para as RRs (Regional registers) em 2011
- NAT (veremos a seguir) ajuda a tratar a exaustão de endereços IPv4
- IPv6 tem um espaço de endereços de 128 bits