

# Camada de rede

## Objectivos:

- Compreender os princípios subjacentes ao serviço da camada de rede:
  - Encaminhamento (selecção do caminho)
  - Encaminhar VS expedir
  - Como funciona um router
  - Problema de escala
  - Tópicos avançados: IPv6, mobilidade
- Instanciação, implementação na Internet

## Visão geral:

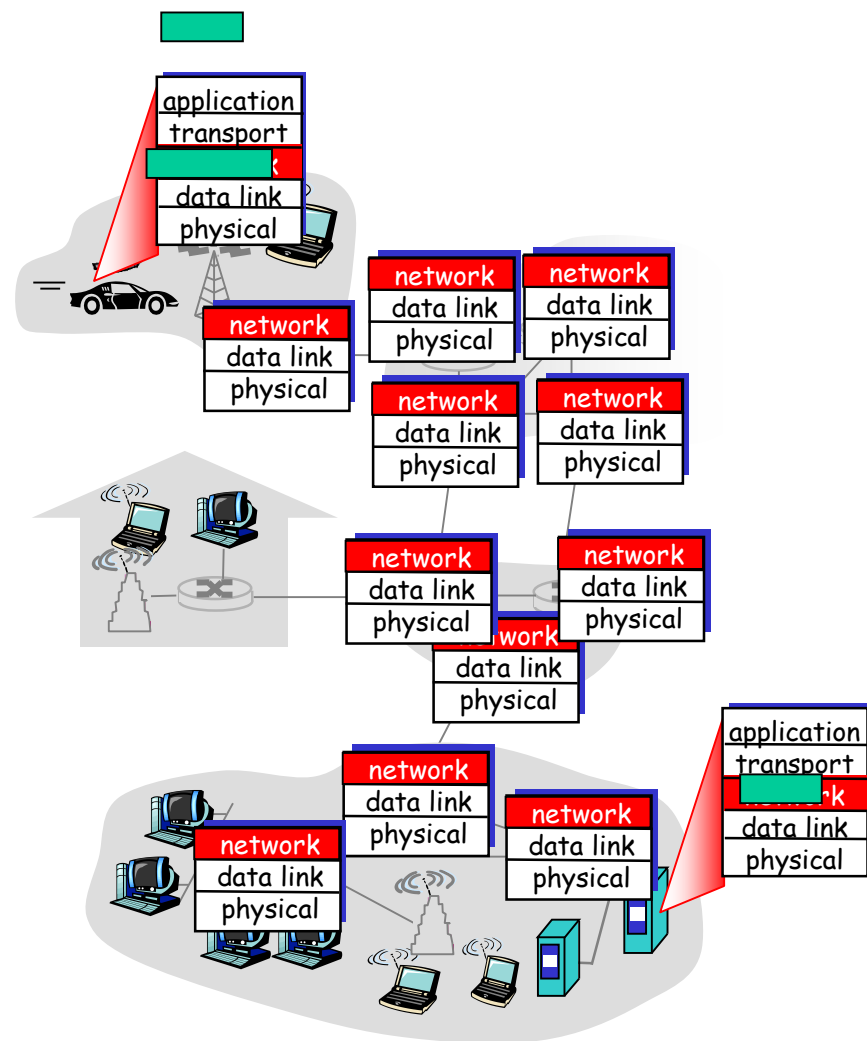
- Serviços de nível de rede:
- Princípios de encaminhamento: selecção de caminhos
- Encaminhamento hierárquico
- IPv4
- Protocolos de encaminhamento
- Dentro do domínio (intra domain)
- Entre domínios (inter domain)
- O que existe dentro de um router
- IPv6
- Mobilidade

# Sumário

- 4.1 Introdução
- 4.2 Circuitos Virtuais e redes de datagramas
- 4.3 O que está dentro de um router
- 4.4 IP: Protocolo Internet
  - Formato dos Datagramas
  - Endereçamento IPv4
  - ICMP
  - IPv6
- 4.5 Algoritmos de encaminhamento
  - Link state
  - Distance Vector
  - Encaminhamento hierárquico
- 4.6 Encaminhamento na Internet
  - RIP
  - OSPF
  - BGP
- 4.7 Broadcast e encaminhamento multicast

# Nível de Rede

- Transporta segmentos do emissor para o receptor
- No emissor, encapsula segmentos em datagramas
- No receptor, entrega segmentos ao nível de transporte
- Protocolo de nível de rede em todos os nós, router
- router examina o cabeçalho em todos os datagramas IP que passam por ele



# Funções da camada de rede

- *Expedição (forwarding)*: transfere os pacotes da entrada do router para a saída apropriada

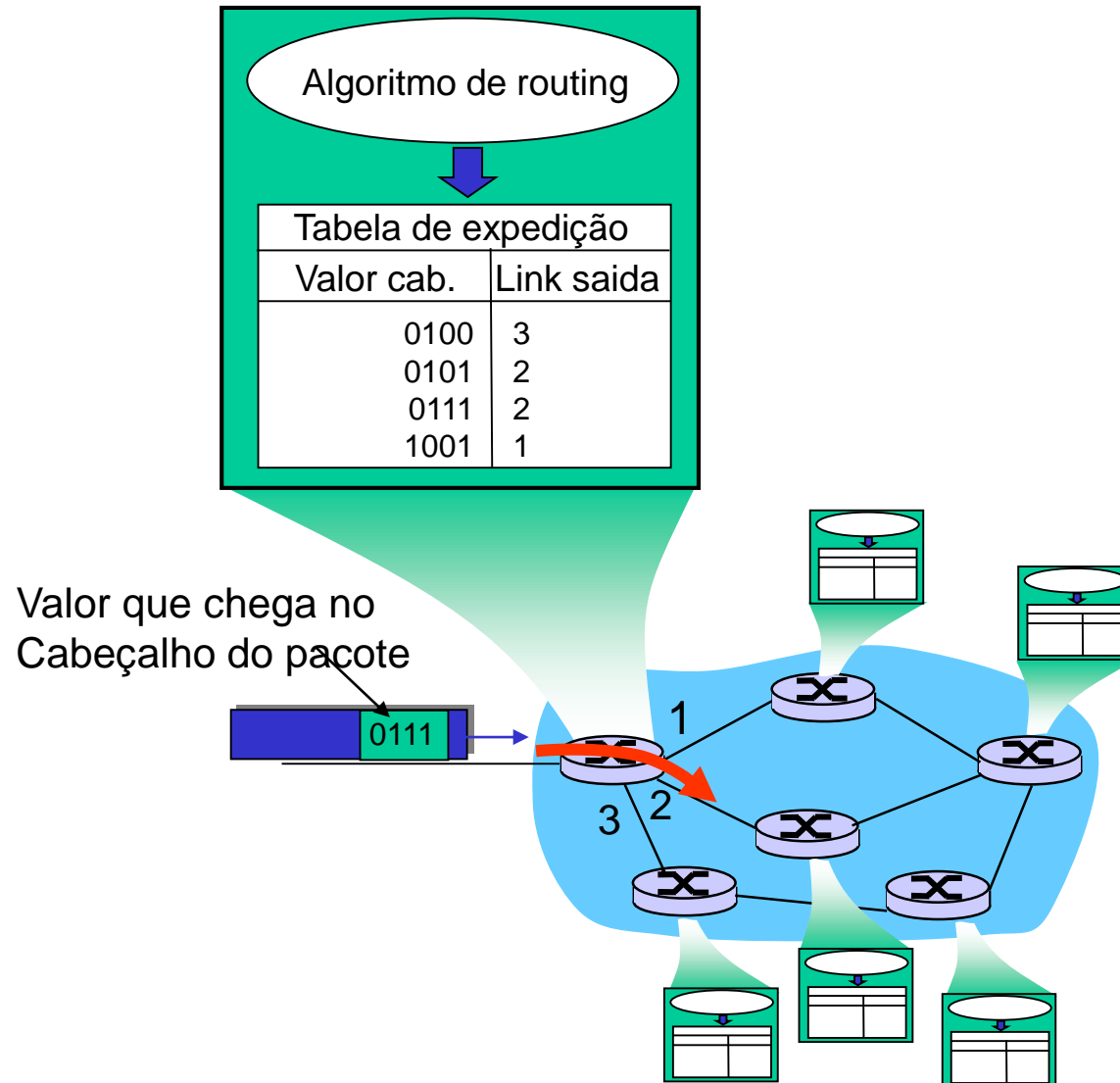
- *Encaminhamento (routing)*: determina o caminho a tomar pelos pacotes desde a origem até ao destino.

- *algoritmo de encaminhamento*

## analogia:

- *routing*: processo de planeamento de uma viagem desde a origem até ao destino
- *expedição*: processo de transferência entre voos num aeroporto

# Interacção entre encaminhamento e expedição



# Modelo de serviço de rede

Q: qual o *modelo de serviço* para um "canal" que transporta pacotes do emissor para o receptor?

## Exemplo de serviços para datagramas individuais:

- Entrega garantida
- Entrega garantida com atraso inferior a 40ms

## Exemplo de serviços para um fluxo de datagramas:

- Entrega ordenada de datagramas
- Garantia de largura de banda mínima

# Modelos do serviço de rede

Arquitectura de rede	Modelo de serviço	Garantias ?				Informação de congestão
		ritmo	perdas	ordem	tempo	
Internet	Melhor esforço	não	não	não	não	não (inferido pelas perdas)
ATM	CBR	ritmo constante	sim	sim	sim	sem congestão
ATM	VBR	ritmo garantido	sim	sim	sim	sem congestão
ATM	ABR	ritmo garantido	não	sim	não	sim
ATM	UBR	não	não	sim	não	não

# Sumário

- 4.1 Introdução
- 4.2 Circuitos Virtuais e redes de datagramas
- 4.3 O que está dentro de um router
- 4.4 IP: Protocolo Internet
  - Formato dos Datagramas
  - Endereçamento IPv4
  - ICMP
  - IPv6
- 4.5 Algoritmos de encaminhamento
  - Link state
  - Distance Vector
  - Encaminhamento hierárquico
- 4.6 Encaminhamento na Internet
  - RIP
  - OSPF
  - BGP
- 4.7 Broadcast e encaminhamento multicast



# Ligações no nível de rede e serviços sem ligações

- Redes de **datagramas** providenciam serviços **sem ligação** no nível de rede
- Redes **de Circuitos Virtuais** providenciam serviços **orientados à ligação** no nível de rede
- Análogo aos serviços de transporte, mas:
  - **serviço**: posto a posto
  - **sem escolha**: rede tem apenas um dos dois serviços
  - **implementação**: no interior da rede

# Circuitos Virtuais - CV

“caminho entre origem e destino comporta-se como circuitos telefónicos”

- Estabelecimento da chamada antes dos dados serem transmitidos
- Cada pacote transporta o identificador do CV (não é o endereço de destino)
- Cada router no caminho do circuito mantém o estado para cada ligação
- ligação, recursos do router (largura de banda, buffers) podem ser alocados ao CV (recursos dedicados = serviço previsível)

# Realização de Circuitos Virtuais

um CV consiste em:

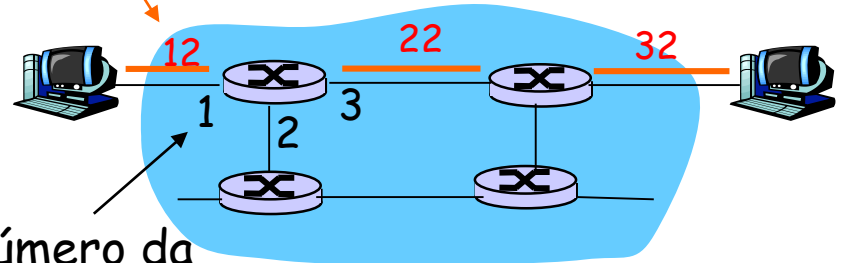
1. Caminho entre origem e destino
  2. Número de CV, um número para cada ligação ao longo do trajecto
  3. Entradas na tabela de expedição nos routers ao longo do trajecto
- Pacotes pertencentes ao CV transportam o n° do CV, em vez do endereço de destino
  - N° do CV pode mudar em cada ligação
    - Novos n° de CV provêm da tabela de expedição

# Tabela de expedição CV

Tabela de expedição  
no router:

Número do CV

Número da  
interface

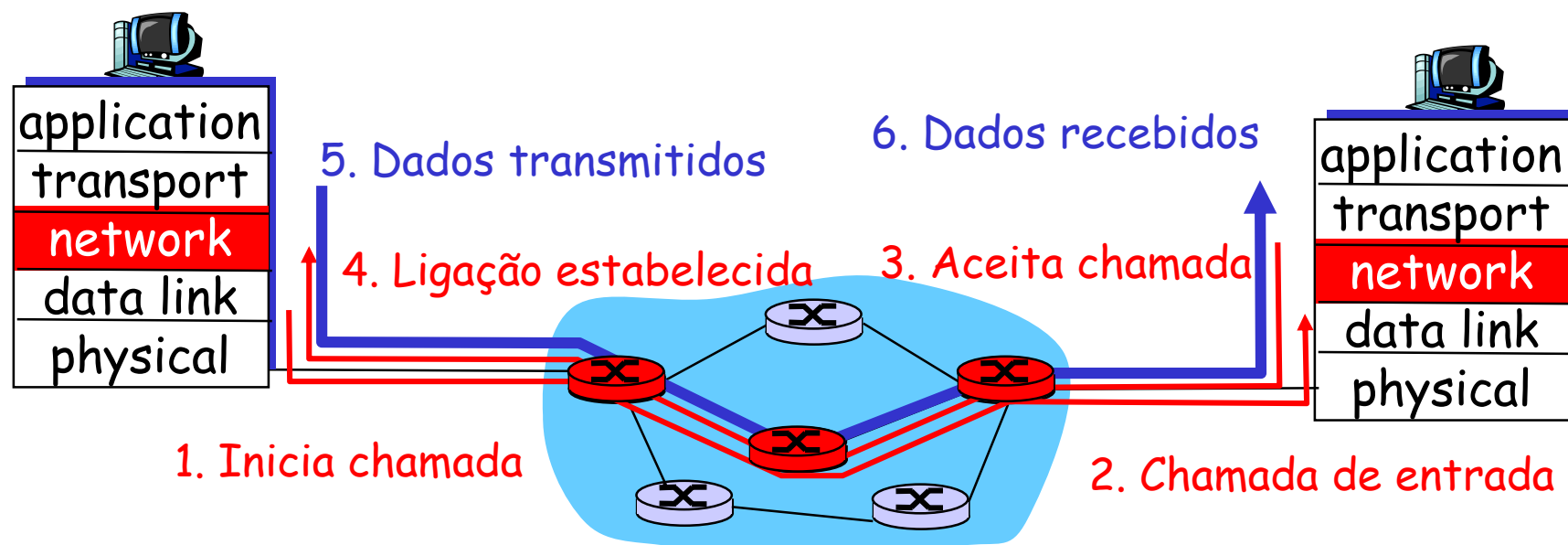


Interface entrada	n° CV entrada	interface saída	n° CV de saída
1	12	3	22
2	63	1	18
3	7	2	17
1	97	3	87
...	...	...	...

**Routers mantêm informação do estado da ligação!**

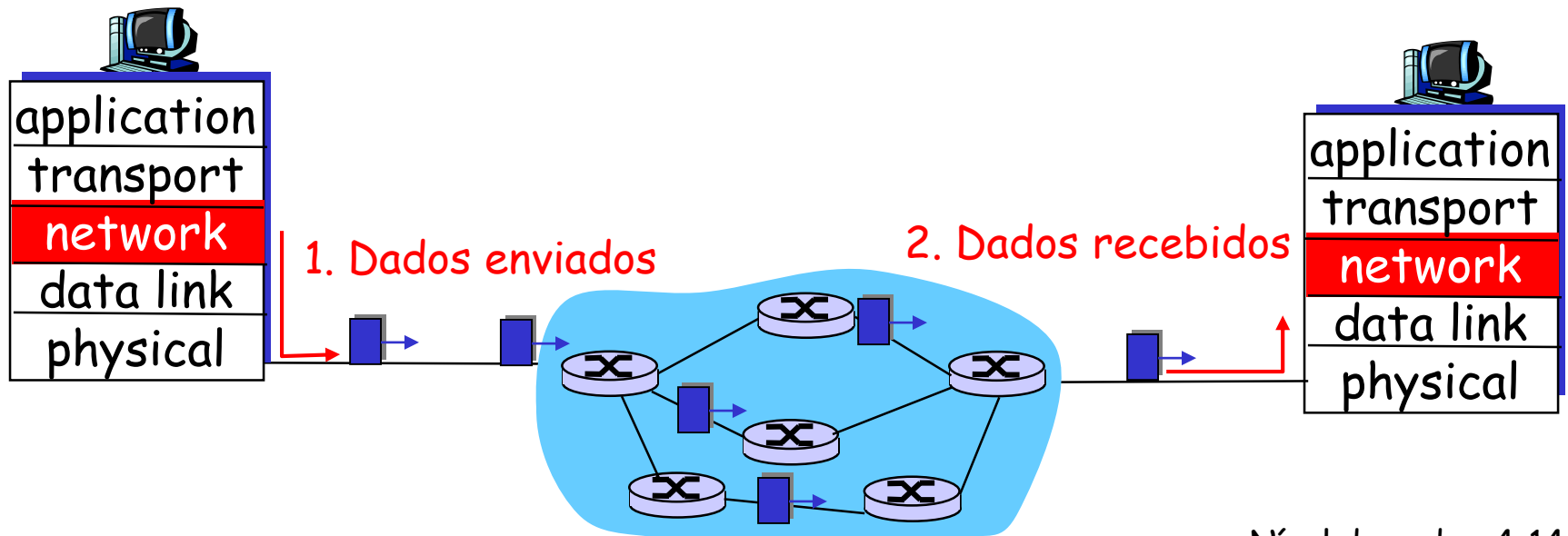
# Circuitos Virtuais : protocolos de sinalização

- Usados para estabelecer, manter e terminar CV
- Usado em ATM, frame-relay, X.25
- Não usado na Internet de hoje

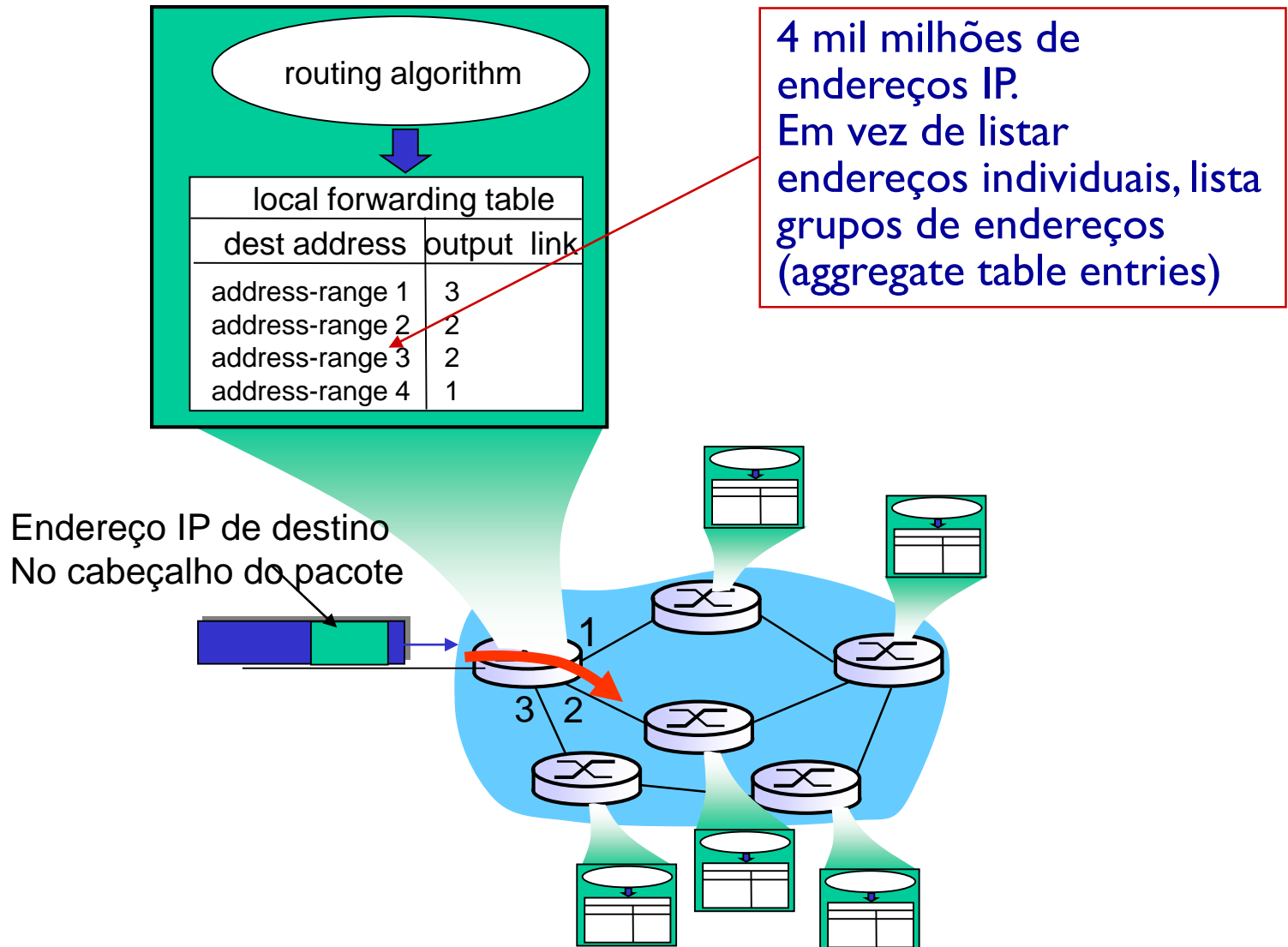


# Redes de datagramas

- Sem estabelecimento de chamada no nível de rede
- routers: sem informação sobre a ligação do emissor ao receptor
  - Não existe o conceito de "ligação"
- Pacotes enviados com o endereço de destino
  - Pacotes entre mesmas origens e destinos podem tomar caminhos diferentes



# Tabela de expedição datagramas



# Tabela de expedição datagramas

## *Correspondência mais longa*

Quando se consulta as entradas da tabela de expedição para um dado endereço de destino, usa-se o prefix mais longo que coincide com o endereço de destino.

Destination Address Range	Link interface
11001000 00010111 00010*** *****	0
11001000 00010111 00011000 *****	1
11001000 00010111 00011*** *****	2
otherwise	3

exemplos:

DA: 11001000 00010111 00010110 10100001

Interface 0

DA: 11001000 00010111 00011000 10101010

Interface 1



# Rede de Datagramas ou CV: porquê?

## Internet (datagrama)

- Dados trocados entre computadores
  - Serviço "elástico", sem restrições temporais
- Sistemas terminais "inteligentes" (computadores)
  - Adaptação, controlo e recuperação de erros
  - Simples dentro da rede, complexo na periferia
- Muitos tipos de linhas
  - Características diferentes
  - Dificuldade de serviço uniforme

## ATM (CV)

- Evoluiu da rede telefónica
- Conversação humana:
  - Requisitos temporais e de fiabilidade
  - Necessidade de garantia de serviço
- Sistemas terminais "burros"
  - telefones
  - complexidade dentro da rede

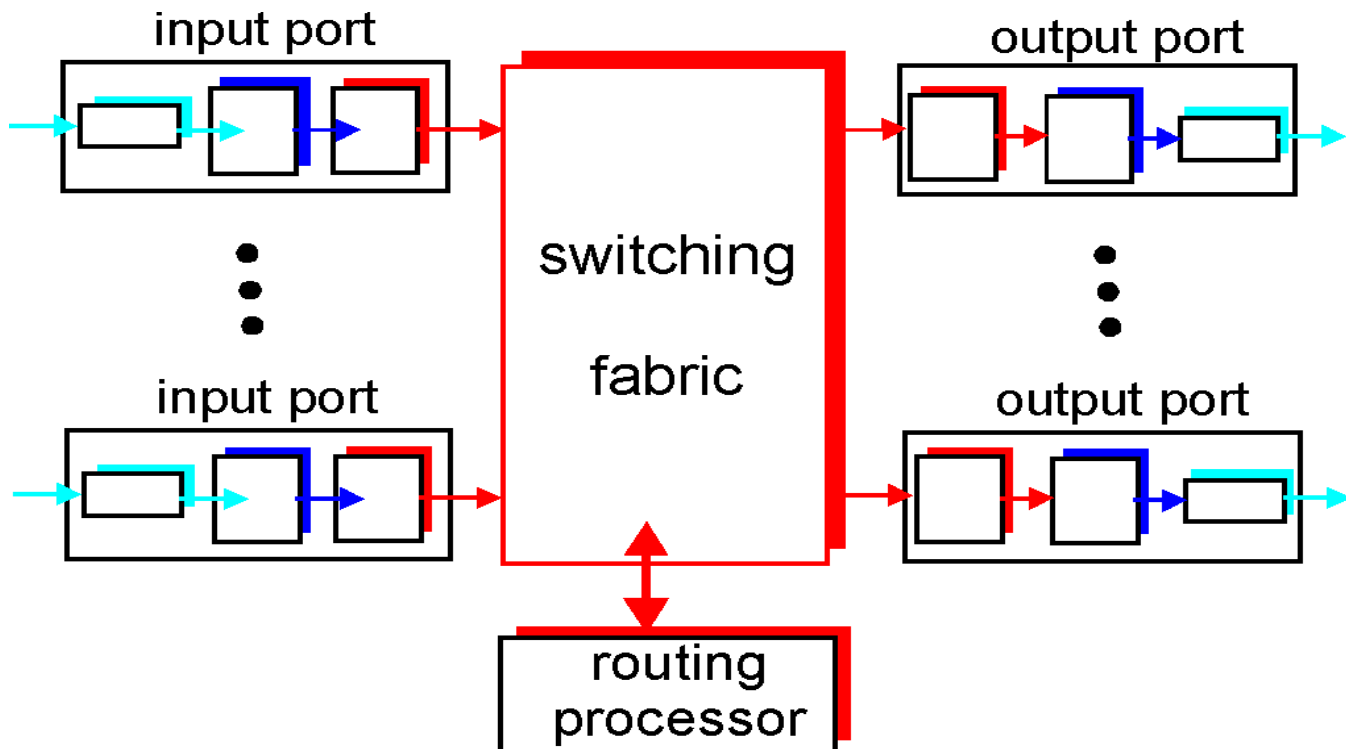
# Sumário

- 4.1 Introdução
- 4.2 Circuitos Virtuais e redes de datagramas
- 4.3 O que está dentro de um router
- 4.4 IP: Protocolo Internet
  - Formato dos Datagramas
  - Endereçamento IPv4
  - ICMP
  - IPv6
- 4.5 Algoritmos de encaminhamento
  - Link state
  - Distance Vector
  - Encaminhamento hierárquico
- 4.6 Encaminhamento na Internet
  - RIP
  - OSPF
  - BGP
- 4.7 Broadcast e encaminhamento multicast

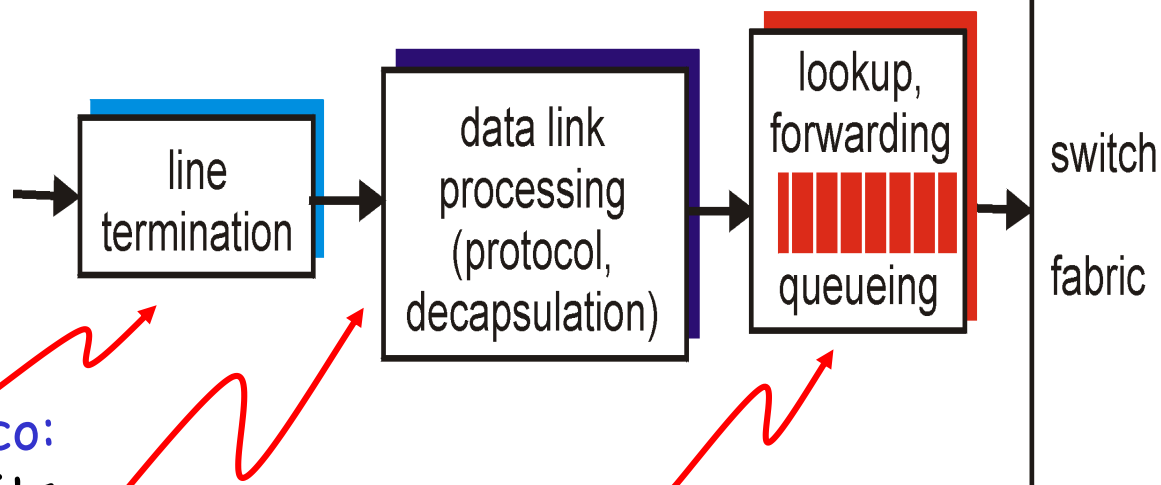
# Arquitetura de um router

Duas funções principais:

- Executar algoritmos/protocolos de encaminhamento (RIP, OSPF, BGP)
- *expedir* datagramas entre ligações de entrada e saída



# Função dos portos de entrada



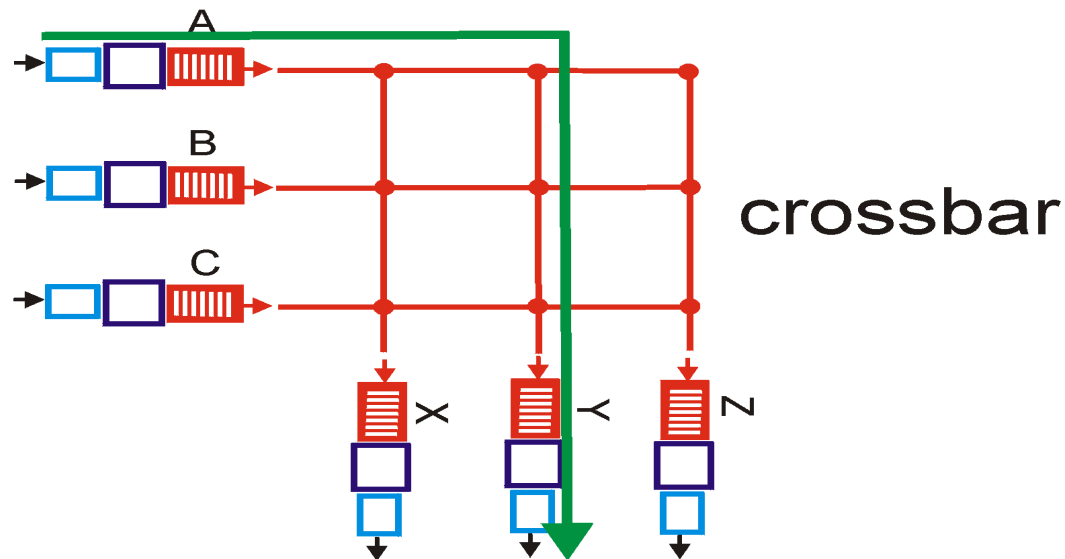
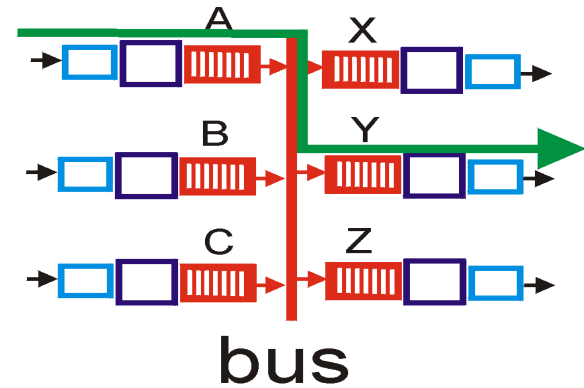
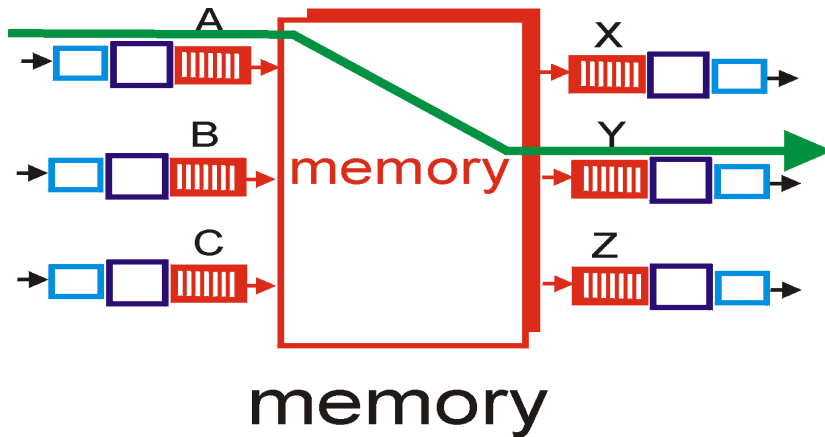
Nível físico:  
Recepção de bits

Nível de ligação  
de dados:  
e.g., Ethernet

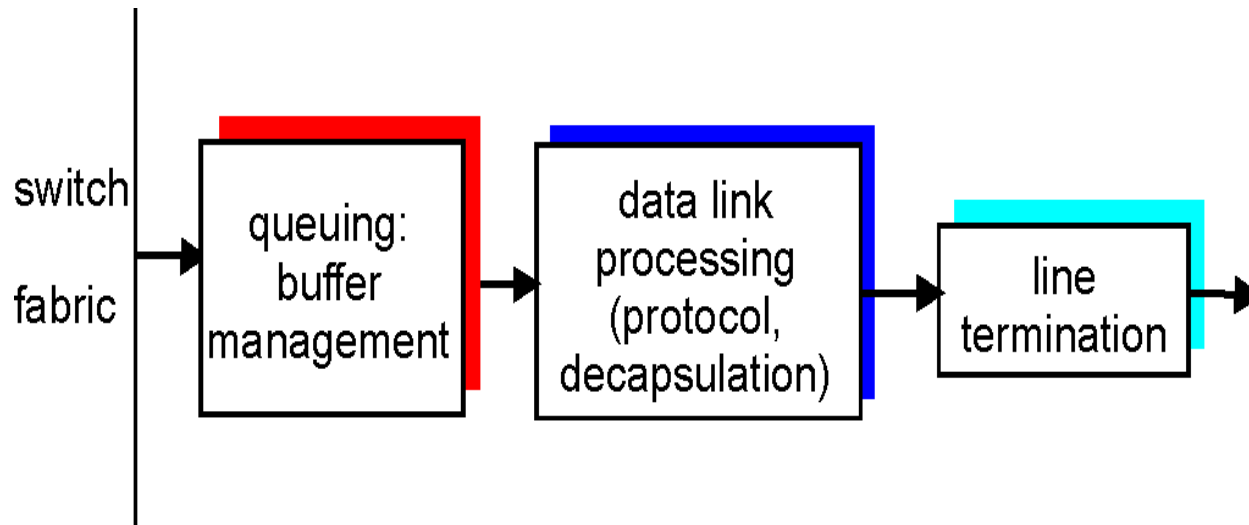
## **Comutação descentralizada:**

- Dado o destino de um datagrama, procurar porto de saída usando a tabela de encaminhamento na memória do porto de entrada
- objectivo: processamento completo do porto de entrada à "velocidade da linha"
- Armazenamento: se os datagramas chegam mais depressa que a taxa de encaminhamento

# Três tipos de comutadores



# Portos de saída



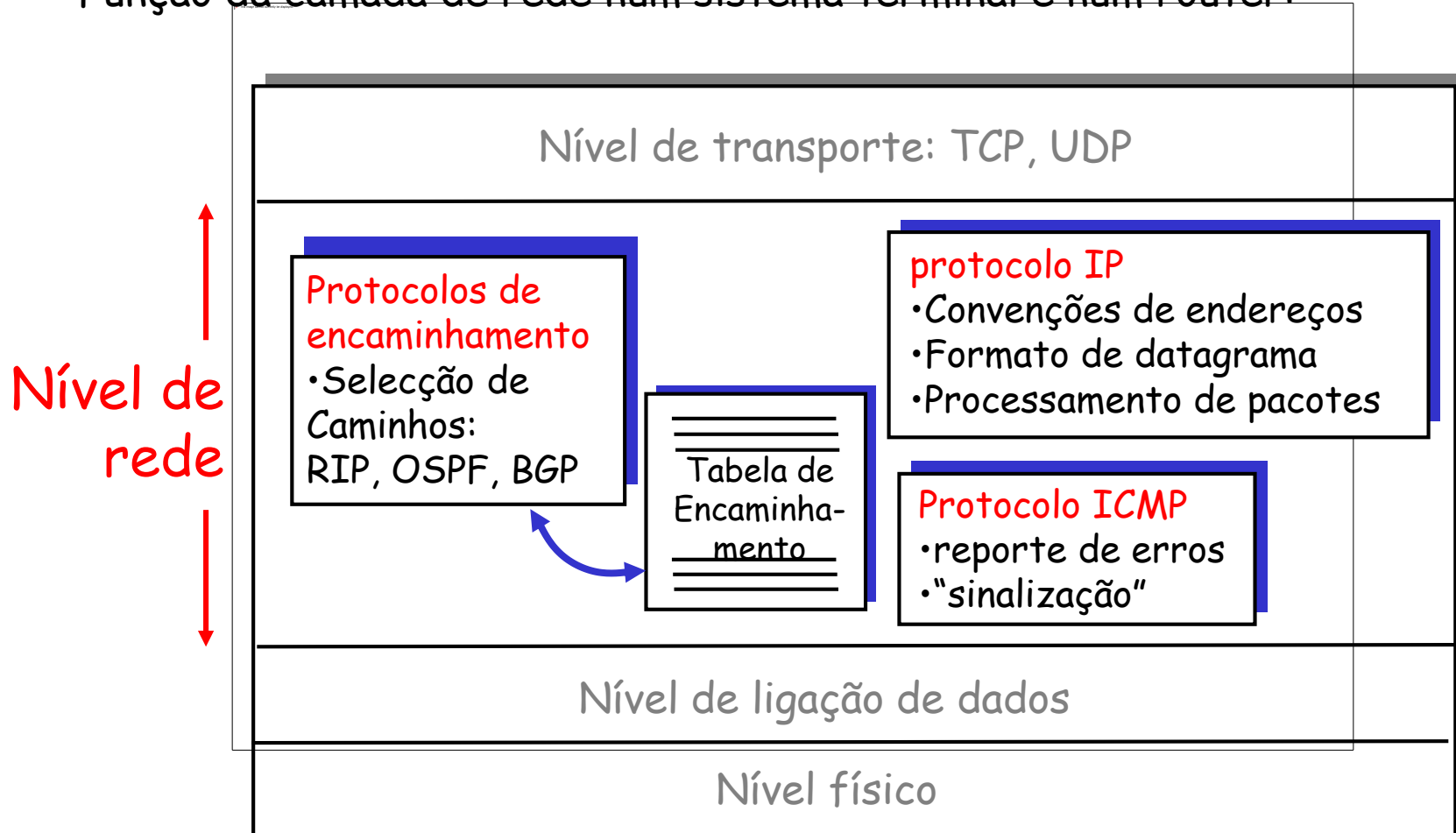
- **Buffering** necessários quando os datagramas chegam do comutador mais depressa que a taxa de transmissão da linha de saída
- **Disciplina de agendamento** escolhe quais os datagramas entre os armazenados que devem ser enviados

# Sumário

- 4.1 Introdução
- 4.2 Circuitos Virtuais e redes de datagramas
- 4.3 O que está dentro de um router
- 4.4 IP: Protocolo Internet
  - Formato dos Datagramas
  - Endereçamento IPv4
  - ICMP
  - IPv6
- 4.5 Algoritmos de encaminhamento
  - Link state
  - Distance Vector
  - Encaminhamento hierárquico
- 4.6 Encaminhamento na Internet
  - RIP
  - OSPF
  - BGP
- 4.7 Broadcast e encaminhamento multicast

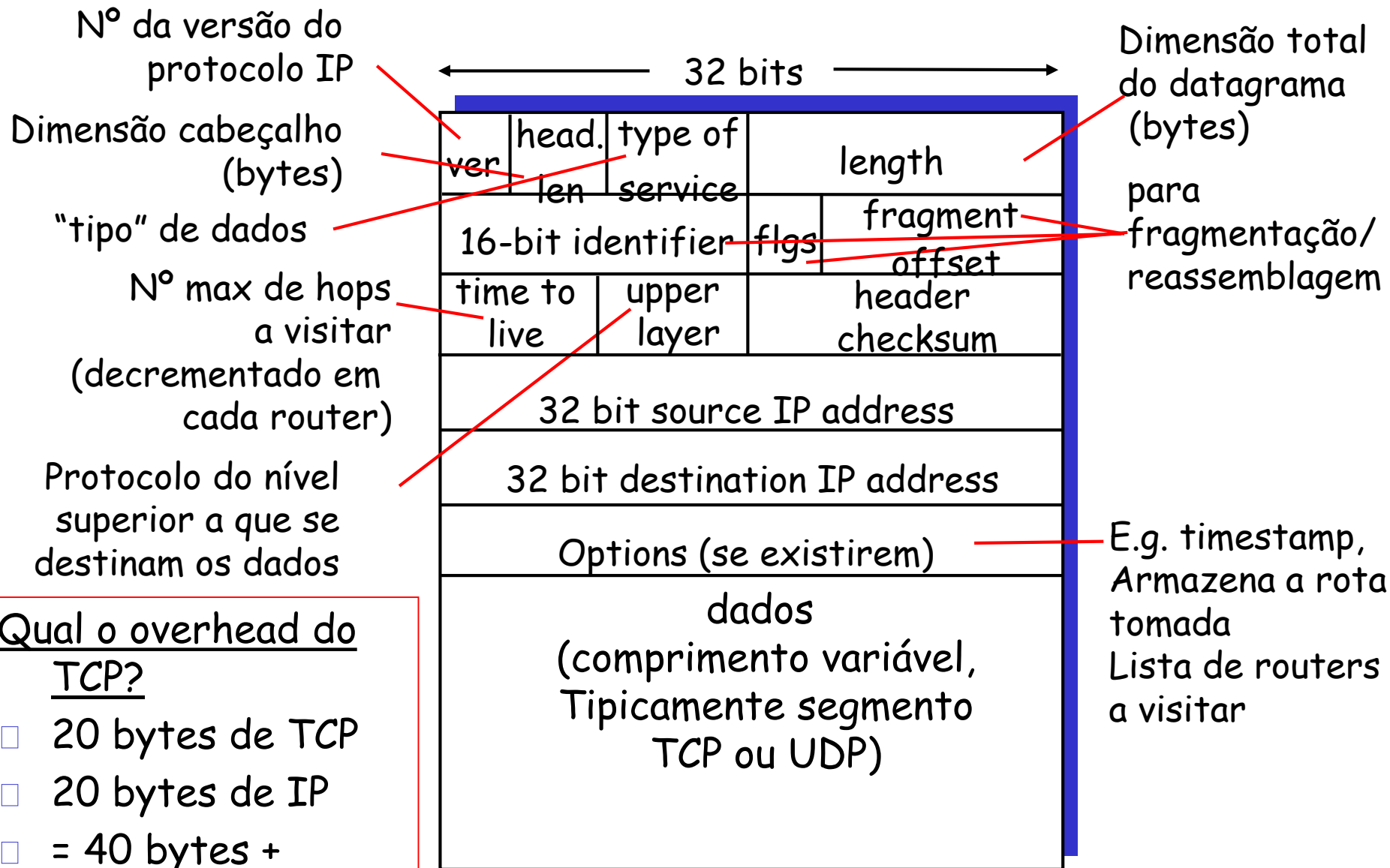
# A camada de rede na Internet

Função da camada de rede num sistema terminal e num router:





# Formato dos datagramas IP

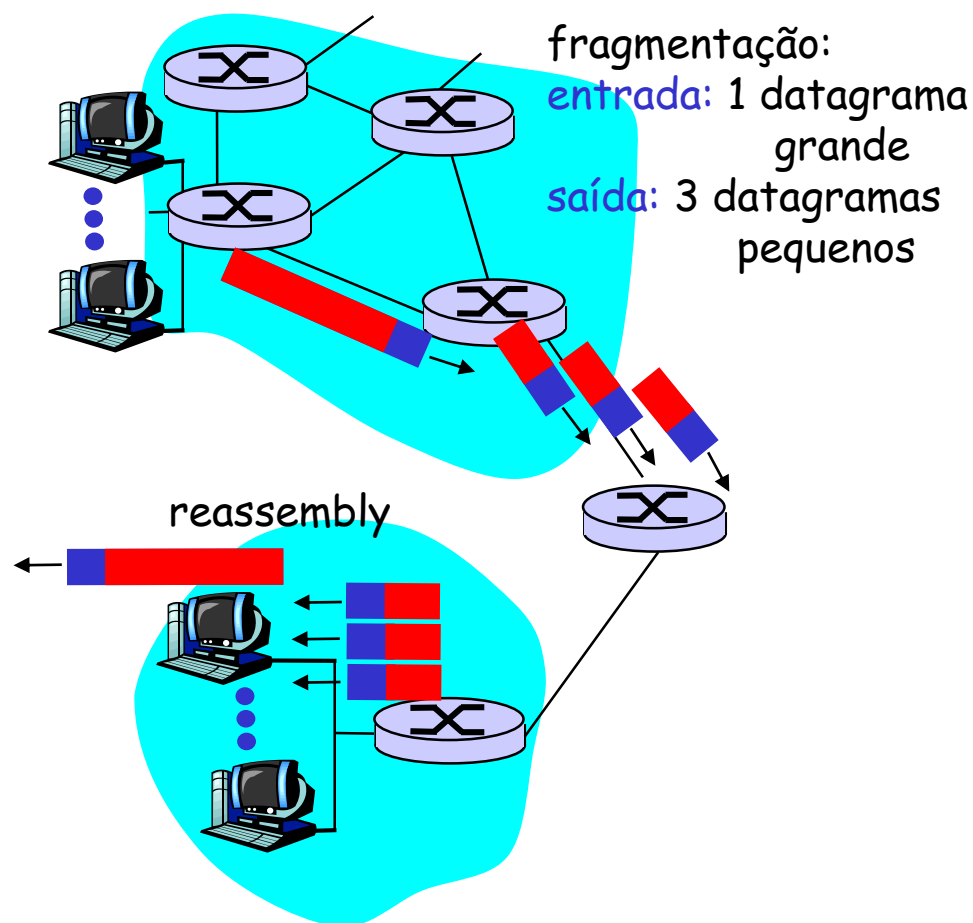


## Qual o overhead do TCP?

- ❑ 20 bytes de TCP
- ❑ 20 bytes de IP
- ❑ = 40 bytes + overhead da aplic.

# Fragmentação e reassemblagem IP

- Linhas de rede têm MTU (Max.Transfer Unit size) - dimensão máxima das tramas da camada de ligação de dados
  - Linhas diferentes têm MTUs diferentes
- Datagramas IP grandes são divididos ("fragmentados") na rede
  - Um datagrama transforma-se em vários datagramas
  - "reassemblados" apenas no destino final
  - Bits do cabeçalho IP usados para identificar, ordenar os fragmentos relacionados



# Fragmentação e Reassemblagem IP

## Exemplo

- Datagrama de 4000 byte
- MTU = 1500 bytes
- Valor mínimo do MTU suportado é de 576 Bytes

	length	ID	fragflag	offset
	=4000	=x	=0	=0

um datagrama grande transforma-se em vários datagramas menores

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

	length	ID	fragflag	offset
	=1500	=x	=1	=185

	length	ID	fragflag	offset
	=1040	=x	=0	=370

1480 bytes no  
campo de dados

offset =  
 $1480/8$

# Observação do Cabeçalho IP no Wireshark

The image shows a Wireshark capture of network traffic on interface 0. The filter is set to 'http'. The packet list shows several packets, with packet 258 selected. The packet details pane shows the structure of the selected packet, which is an HTTP GET request. The packet bytes pane shows the raw data of the packet.

Filter: **http**

No.	Time	Source	Destination	Protocol	Length	Source	Info
13	0.277651000	10.41.0.40	239.255.255.250	SSDP	175	00:1e:4f:ea:2b:22	M-SEARCH * HTTP/1.1
154	2.975516000	10.41.0.38	239.255.255.250	SSDP	175	50:b7:c3:77:a8:df	M-SEARCH * HTTP/1.1
167	3.277255000	10.41.0.40	239.255.255.250	SSDP	175	00:1e:4f:ea:2b:22	M-SEARCH * HTTP/1.1
258	5.313769000	10.41.0.61	74.125.71.94	HTTP	1121	50:46:5d:74:11:03	GET / HTTP/1.1
260	5.362868000	213.13.26.146	10.41.0.61	HTTP	241	00:01:f4:5b:66:d8	HTTP/1.1 200 OK (application/j
261	5.363379000	10.41.0.61	213.13.26.146	HTTP	287	50:46:5d:74:11:03	GET /notifications/listen?cba88
263	5.365300000	74.125.71.94	10.41.0.61	HTTP	584	00:01:f4:5b:66:d8	HTTP/1.1 302 Found (text/html)

Frame 258: 1121 bytes on wire (8968 bits), 1121 bytes captured (8968 bits) on interface 0

Ethernet II, Src: AsustekC\_74:11:03 (50:46:5d:74:11:03), Dst: Enterasy\_5b:66:d8 (00:01:f4:5b:66:d8)

Internet Protocol Version 4, Src: 10.41.0.61 (10.41.0.61), Dst: 74.125.71.94 (74.125.71.94)

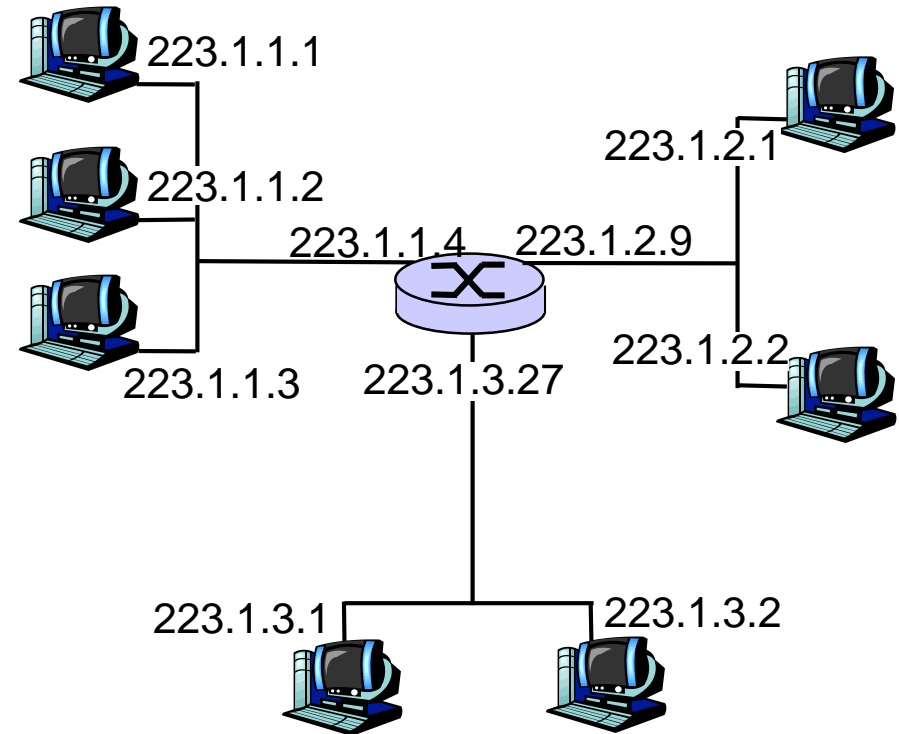
- Version: 4
- Header Length: 20 bytes
- Differentiated Services Field: 0x00 (DSCP 0x00: Default; ECN: 0x00: Not-ECT (Not ECN-Capable Transport))
- Total Length: 1107
- Identification: 0x66ea (26346)
- Flags: 0x02 (Don't Fragment)
- Fragment offset: 0
- Time to live: 128
- Protocol: TCP (6)
- Header checksum: 0xf379 [validation disabled]
- Source: 10.41.0.61 (10.41.0.61)
- Destination: 74.125.71.94 (74.125.71.94)
- [Source GeoIP: Unknown]
- [Destination GeoIP: Unknown]
- Transmission Control Protocol, Src Port: 6949 (6949), Dst Port: 80 (80), Seq: 1, Ack: 1, Len: 1067
- Hypertext Transfer Protocol

0000 00 01 f4 5b 66 d8 50 46 5d 74 11 03 08 00 45 00 ...[f.PF]t....E.  
0010 04 53 66 ea 40 00 80 06 f3 79 0a 29 00 3d 4a 7d .Sf.@...y.)=J}  
0020 47 5e 1b 25 00 50 b2 04 70 18 5b cc 98 7d 50 18 GA.%P.. p.[..}P.  
0030 40 b0 82 ca 00 00 47 45 54 20 2f 20 48 54 54 50 @.....GE T / HTTP  
0040 2f 31 2e 31 0d 0a 48 6f 73 74 3a 20 77 77 77 2e /1.1..Ho st: www.  
0050 67 6f 6f 6f 6c 65 2e 70 74 0d 0a 55 73 65 72 2d google.p t..User-  
0060 41 67 65 6e 74 3a 20 4d 6f 7a 69 6c 6c 61 2f 35 Agent: M ozilla/5

Internet Protocol Version 4 (ip), 20 bytes Pack... Profile: Default

# Introdução ao endereçamento IP

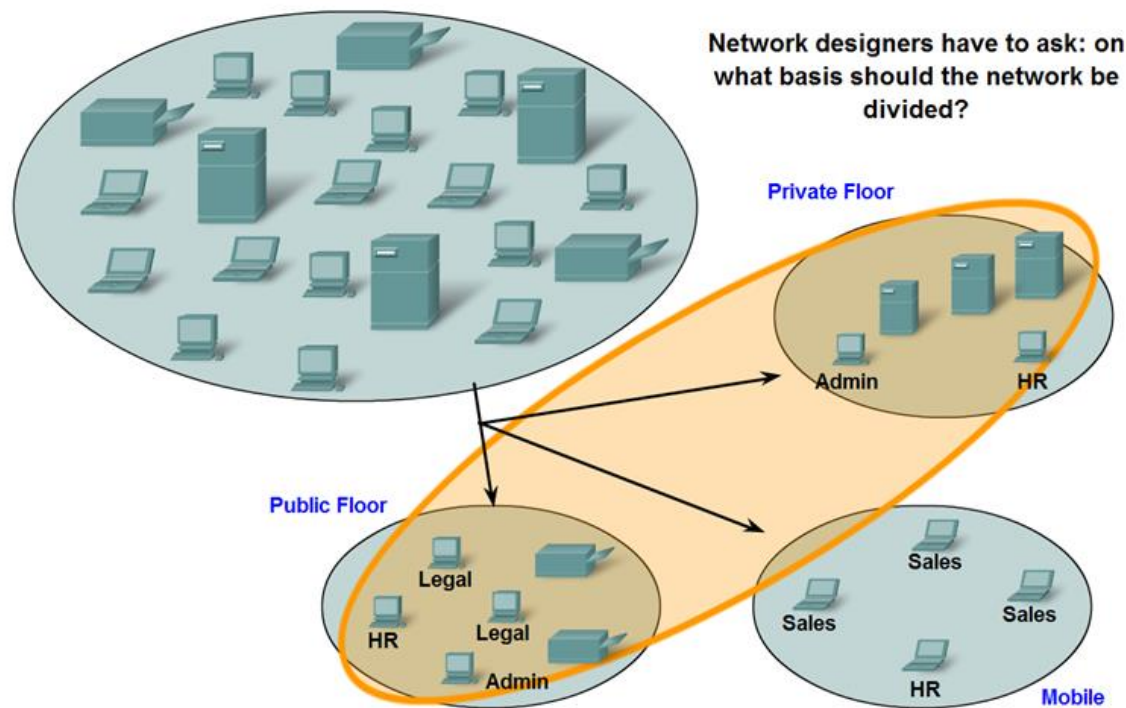
- **Endereço IP :**
  - identificador de 32 bits
  - para sistemas terminais e interfaces de routers
- **interface:** ligação entre sistemas terminais, routers e a linha física
  - os routers têm múltiplas interfaces
  - Os sistemas terminais podem ter várias interfaces
  - Os endereços IP estão associados às interfaces



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

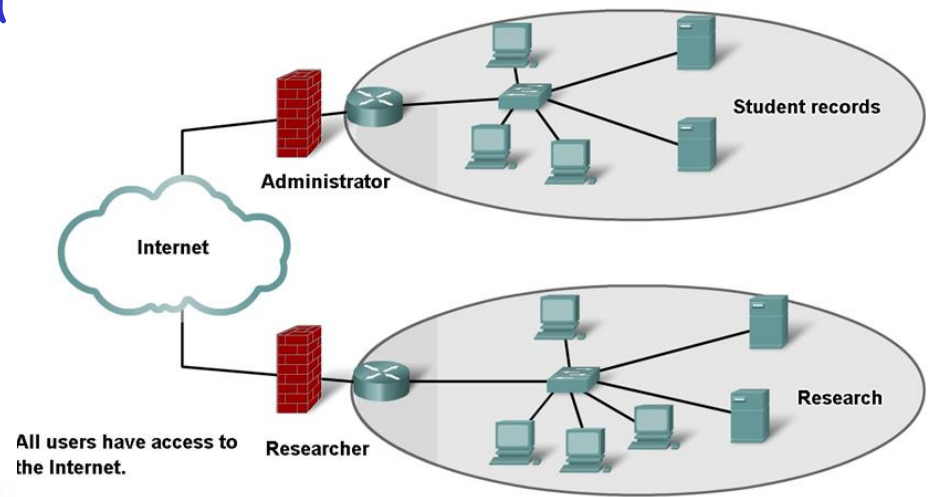
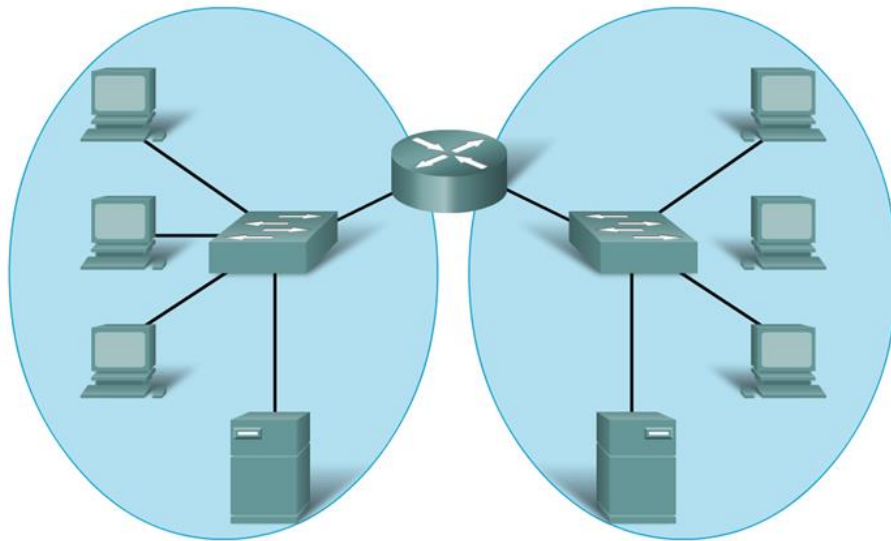
# Introdução ao Endereçamento IP

- o Agrupamento de dispositivos em REDES com um endereçamento HIERÁRQUICO
- o Razões que levam ao agrupamento de dispositivos em sub-redes



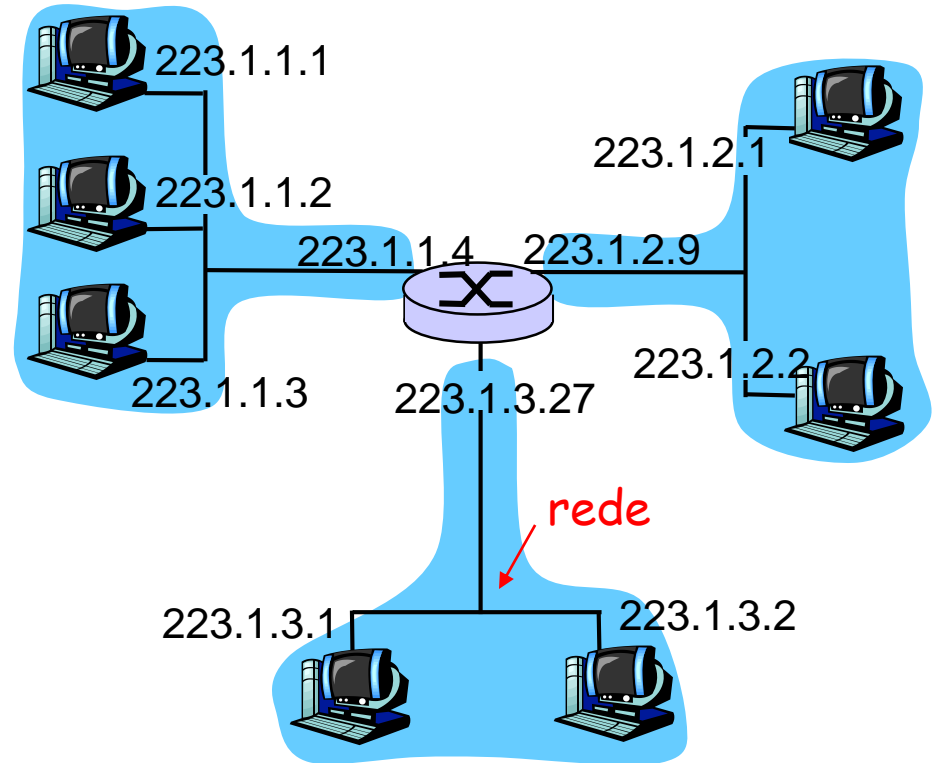
# Introdução ao Endereçamento IP

- o A Divisão de redes em sub-redes aumenta o desempenho e segurança



# Noção de rede IP

- Endereço IP:
  - Parte de rede (bits de ordem superior)
  - Parte de posto (bits de ordem inferior)
- O que é uma rede?
  - Interfaces de rede com **valor comum** na parte de endereço de rede
  - Comunicam entre si **sem intervenção** de um router



Três redes IP interligadas por router  
Endereços de rede:

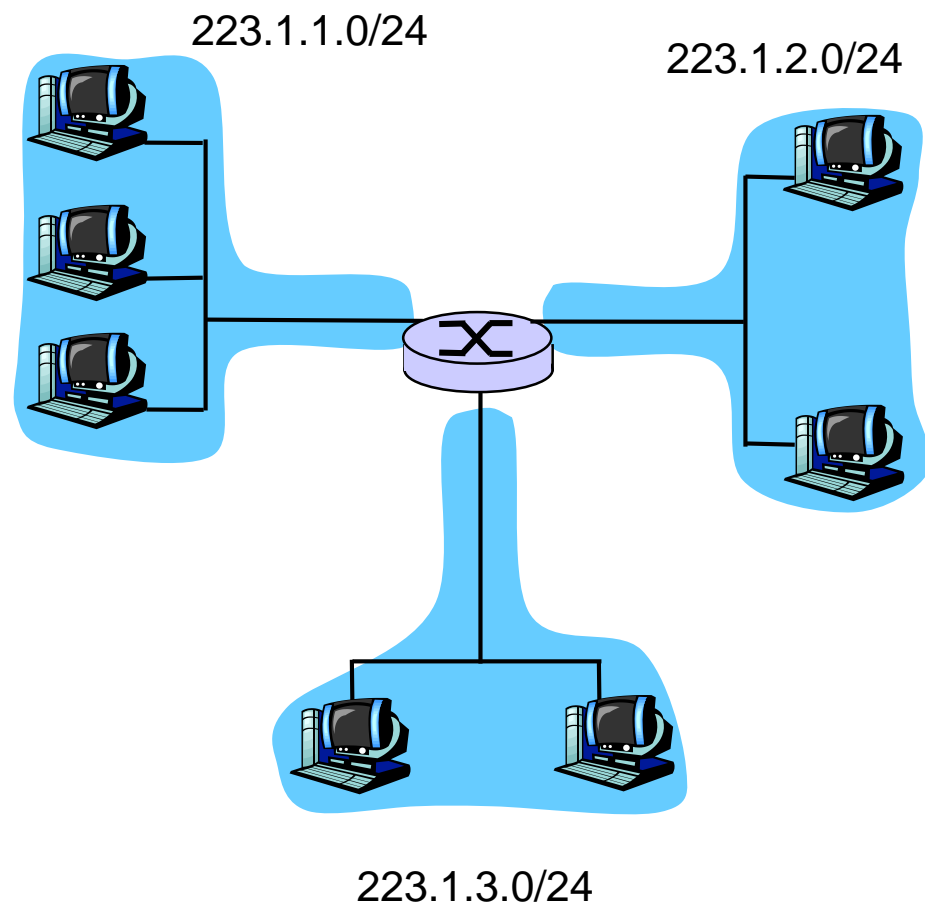
223.1.1.0      223.1.2.0      223.1.3.0



# Redes IP

## Identificação

- Para identificar as redes, desligar cada interface dos routers, criando ilhas de postos isoladas. Cada conjunto de postos interligados é chamado de **rede**.



Máscara de rede: /24

# Redes IP

Quantas redes?

Sistema interligado  
constituído por 6  
redes

223.1.1.0 LAN1

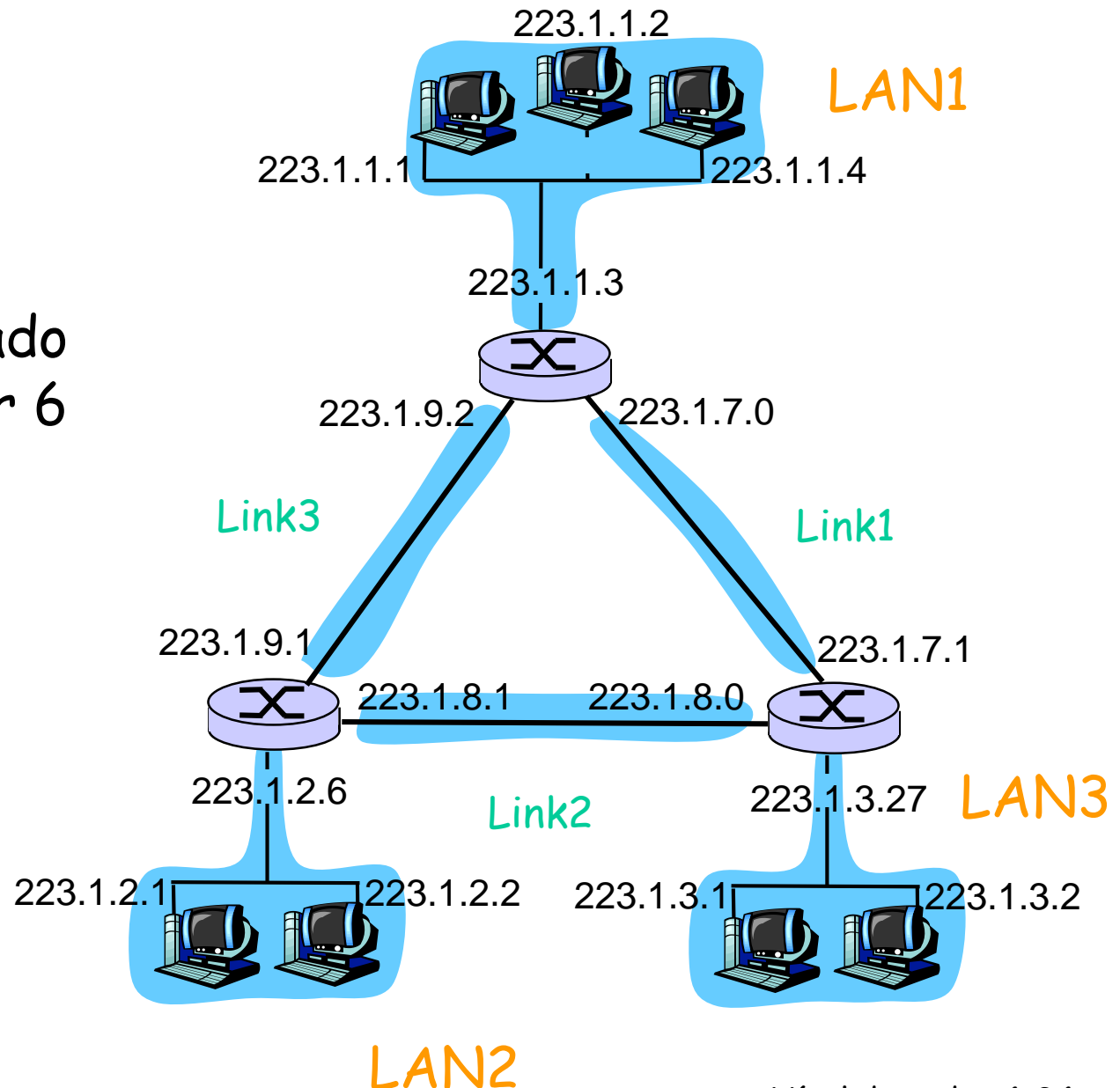
223.1.2.0 LAN2

223.1.3.0 LAN3

223.1.7.0 Link1

223.1.8.0 Link2

223.1.9.0 Link3



# Endereços IP

## □ endereçamento em classes (classfull addressing)

Classes

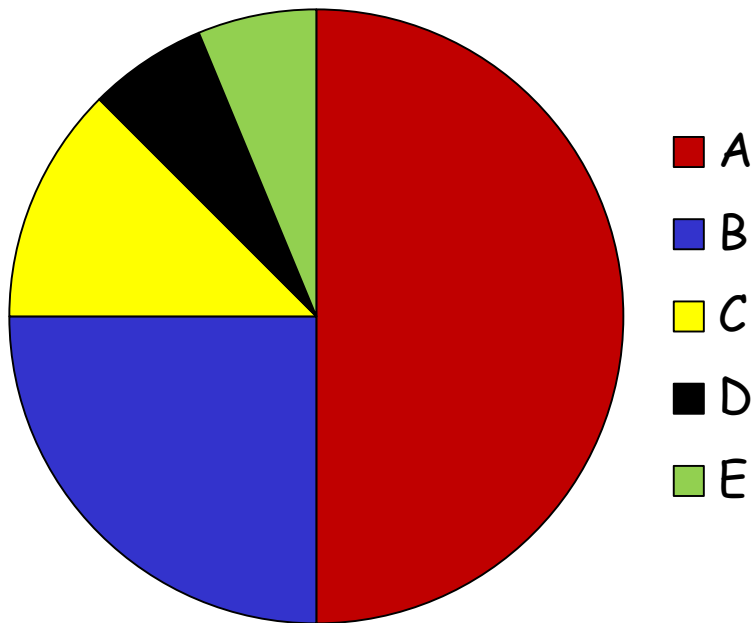
A	0 rede		host	1.0.0.0 até 127.255.255.255
B	10	rede	host	128.0.0.0 até 191.255.255.255
C	110	rede	host	192.0.0.0 até 223.255.255.255
D	1110	Endereços multicast		224.0.0.0 até 239.255.255.255



32 bits

# Endereço IP

percentagem do  
endereçamento por  
classe



Classe	Redes	Nº endereços por rede
A	$2^7$	$2^{24}$
B	$2^{14}$	$2^{16}$
C	$2^{21}$	$2^8$
D		$2^{28}$
E - Reserv		$2^{28}$

# Endereçamento IP: CIDR

## Endereçamento em classes (classefull)

- Uso ineficiente do espaço de endereçamento, falta de endereços disponíveis
- Uma rede de classe B reserva 65 536 endereços, para os sistemas terminais, mesmo que só existam 2 000 !!!!

## CIDR: Classless InterDomain Routing

- A parte do endereço que identifica a rede tem um tamanho arbitrário
- Formato do endereço: **a.b.c.d/x**, onde x é o nº de bits do endereço que representam a rede



200.23.16.0/23

# Como se obtém um endereço IP?

Q: como é que um sistema terminal obtém um endereço IP?

- **Configurado** pelo administrador do sistema num ficheiro
  - Windows: control-panel->network->configuration->tcp/ip->properties
  - UNIX: /etc/rc.config
- **DHCP: Dynamic Host Configuration Protocol:** obtém o endereço dinamicamente de um servidor
  - "plug-and-play"

# DHCP: Dynamic Host Configuration Protocol

objectivo: permitir que um sistema terminal obtenha dinamicamente o seu endereço IP de um servidor da rede quando se liga à rede.

Pode renovar o empréstimo de um endereço em uso

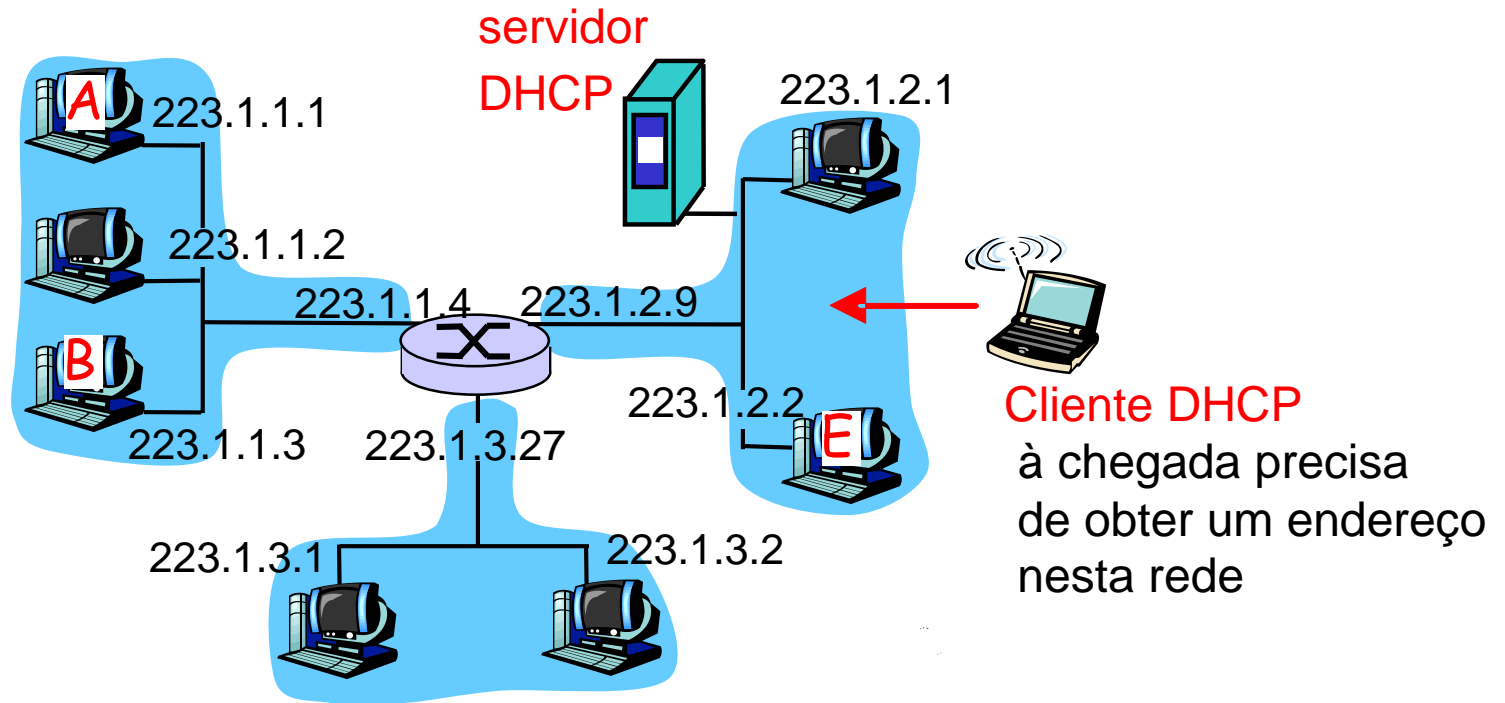
Permite reutilização de endereços (apenas mantem o endereço quando está ligado)

Suporta utilizadores móveis que se queiram ligar à rede

## Funcionamento DHCP:

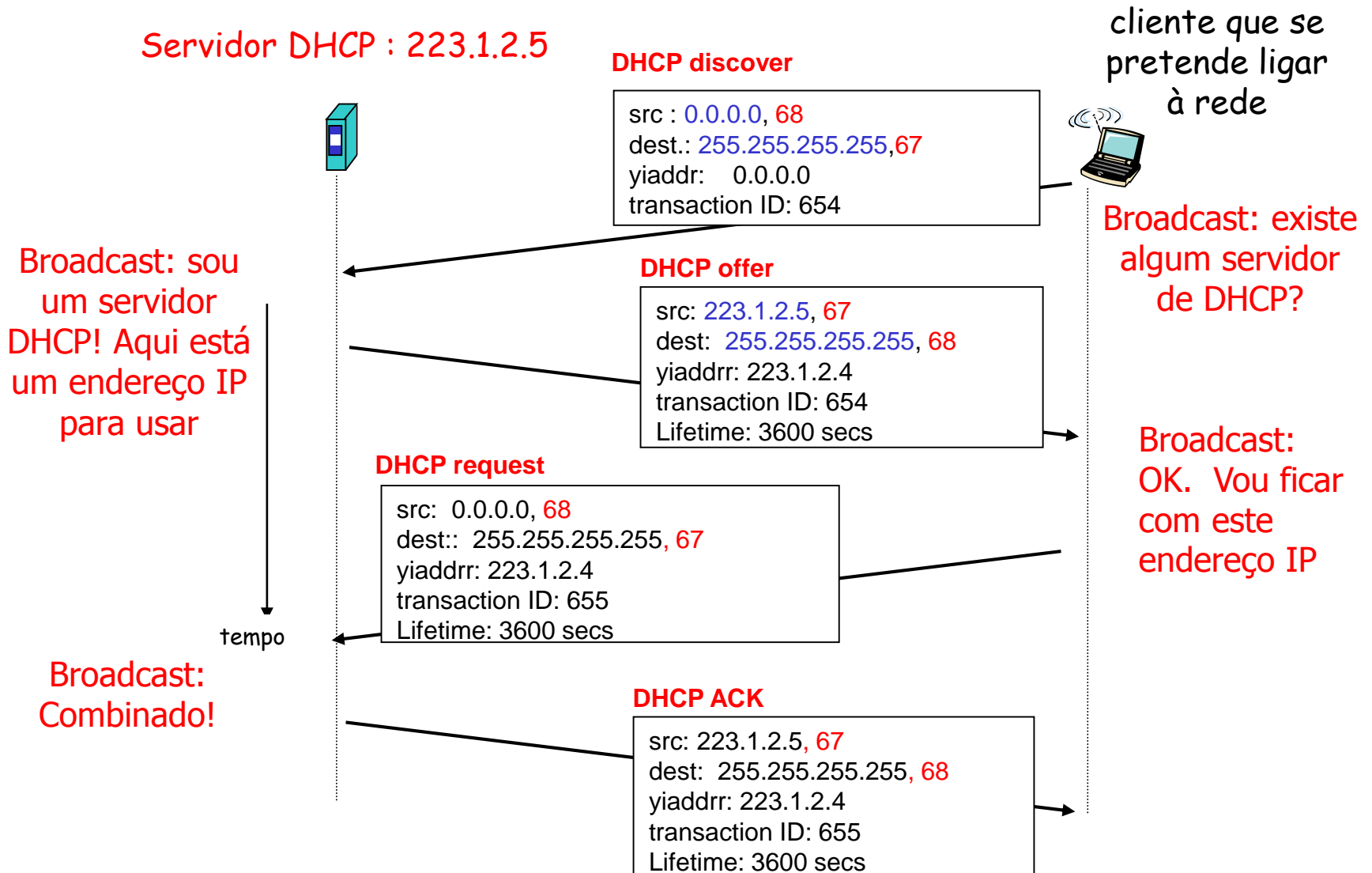
- ❑ Sistema difunde mensagem "DHCP discover"
- ❑ Servidor DHCP responde com msg "DHCP offer"
- ❑ Sistema pede endereço: msg "DHCP request"
- ❑ Servidor DHCP envia endereço: msg "DHCP ack"

# Cenário cliente/servidor DHCP





# Cenário cliente/servidor DHCP



## DHCP: mais serviços

DHCP pode retornar mais informação para além do endereço IP na subrede:

- Endereço do router de saída (default gateway)
- Nome e endereço IP do servidor DNS
- Máscara de rede

# Endereços IP: como se obtêm?

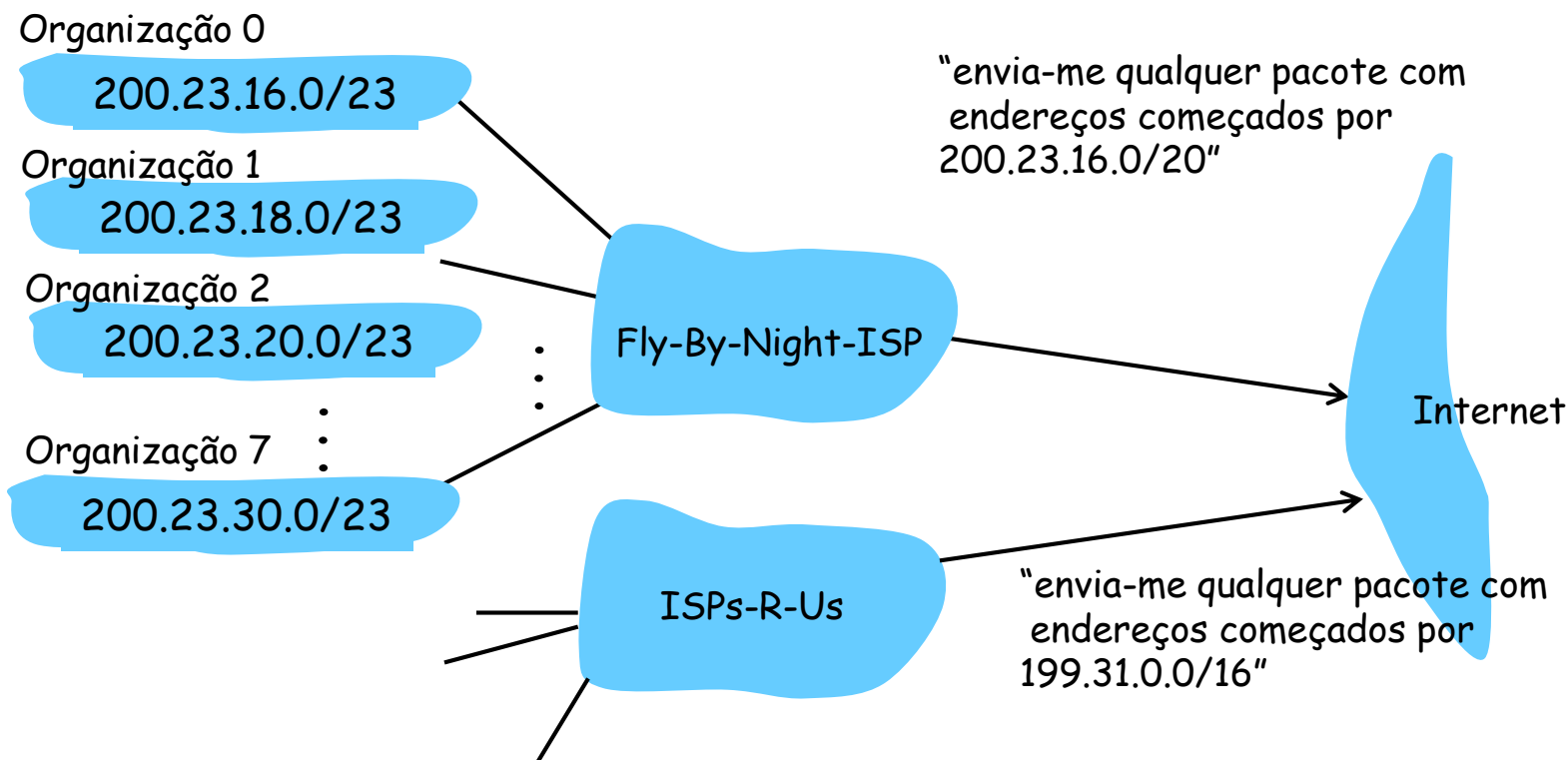
Q: como uma rede obtém a parte da rede do endereço IP?

A: obtém uma parte do espaço de endereçamento 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

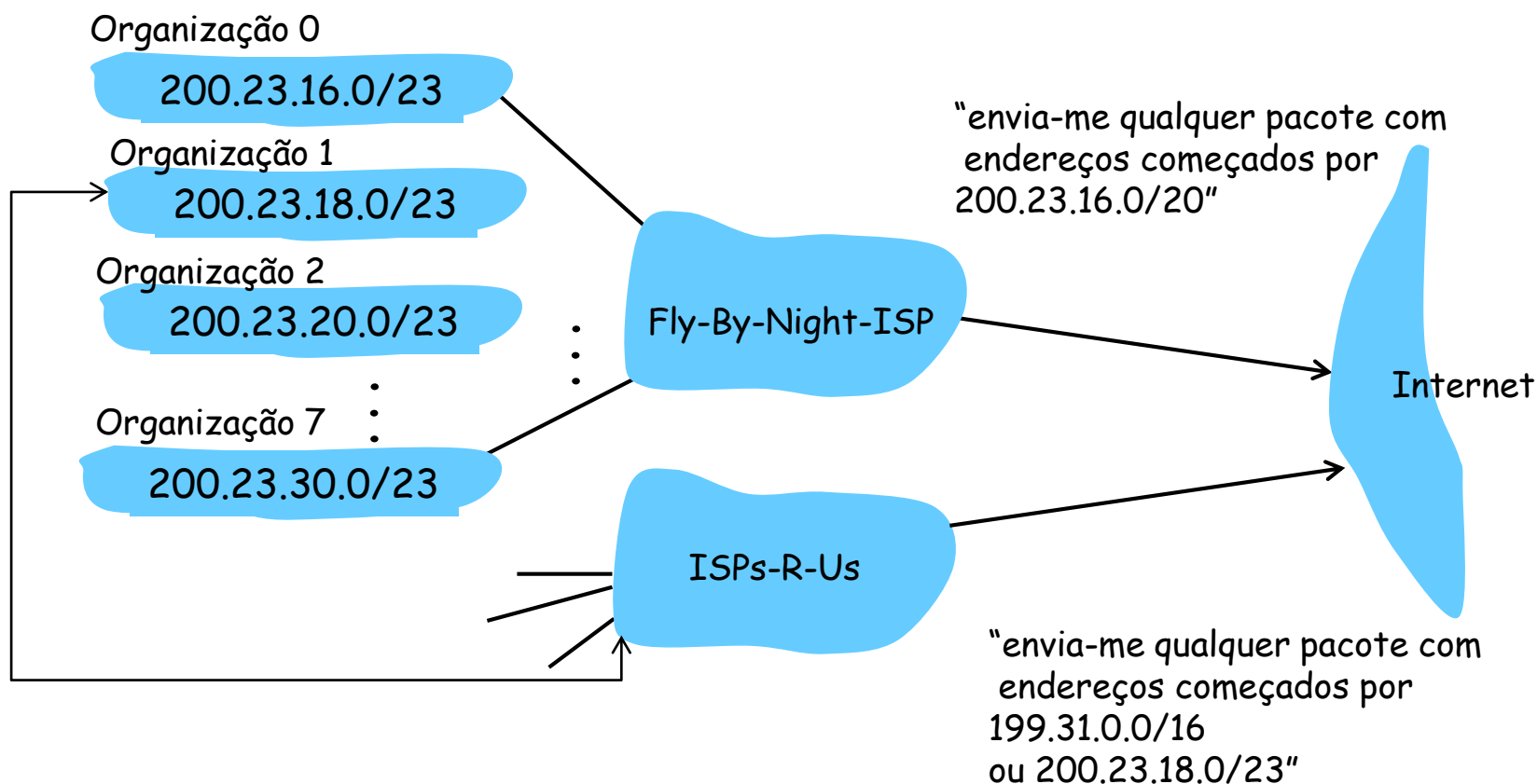
# Endereçamento hierárquico: agregação de rotas

O endereçamento hierárquico permite o anúncio eficiente da informação de encaminhamento :



# Endereçamento hierárquico: rotas mais específicas

ISPs-R-Us tem uma rota mais específica para a organização 1



# Endereçamento IP

Q: como é que um ISP obtem um bloco de endereços?

A: **ICANN**: Internet Corporation for Assigned Names and Numbers

- Atribui endereços
- Gere o DNS
- Atribui nomes de domínio, resolve disputas

Actualmente há três instituições regionais

ARIN - American Registry for Internet Number

RIPE - Reseaux IP Europeans

APNIC - Asia Pacific Network Information Center

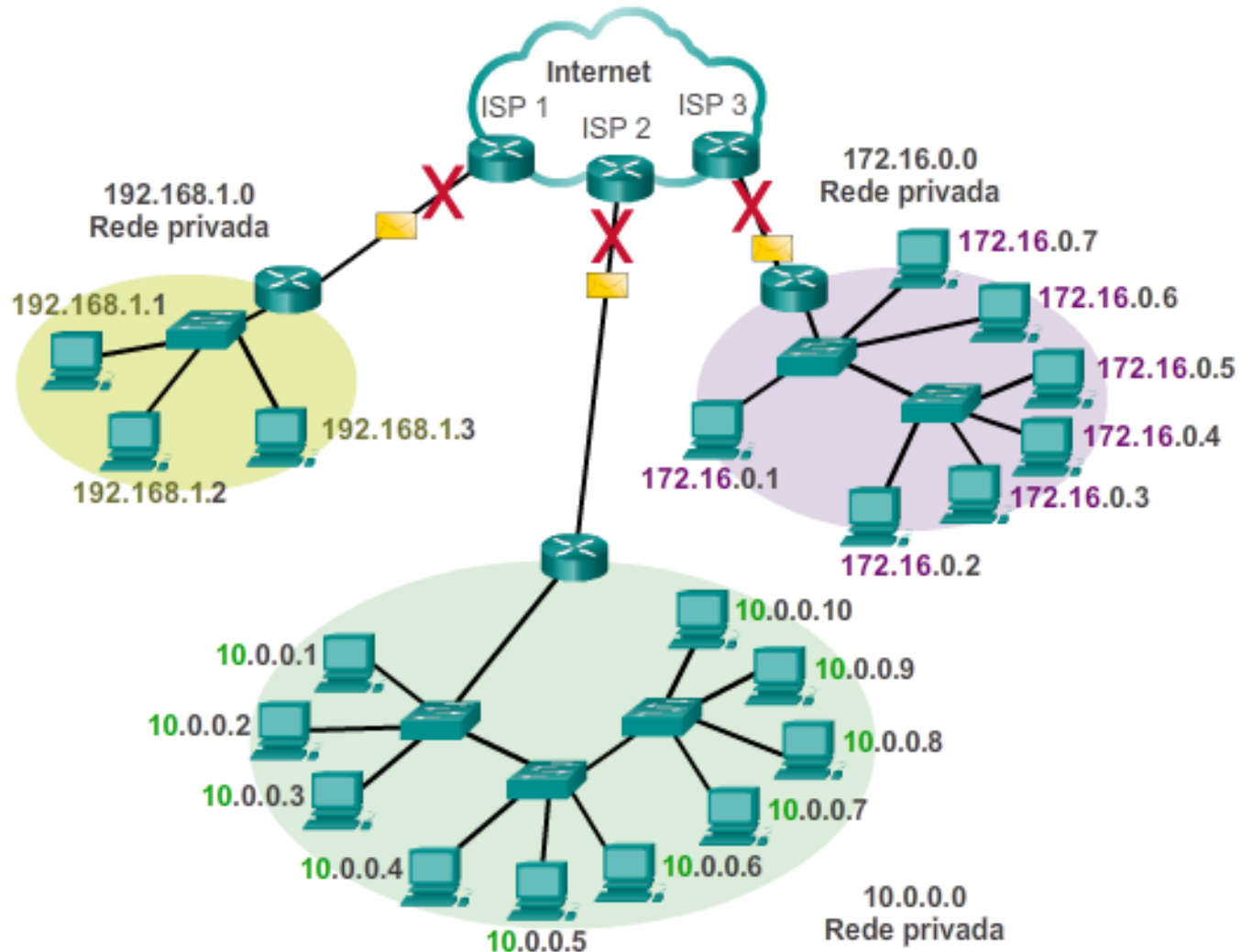
# Endereços IP Privados

RFC1918 name	IP address range	number of addresses	<i>classful</i> description	largest CIDR block (subnet mask)	host id size
24-bit block	10.0.0.0 – 10.255.255.255	16,777,216	single class A	10.0.0.0/8 (255.0.0.0)	24 bits
20-bit block	172.16.0.0 – 172.31.255.255	1,048,576	16 contiguous class Bs	172.16.0.0/12 (255.240.0.0)	20 bits
16-bit block	192.168.0.0 – 192.168.255.255	65,536	256 contiguous class Cs	192.168.0.0/16 (255.255.0.0)	16 bits

- **Para quê?:** do ponto de vista do mundo exterior, a rede local usa apenas um endereço IP público:
  - Não há necessidade de reservar uma gama de endereços do ISP: apenas um endereço IP é utilizado para todos os equipamentos
  - Pode-se modificar os endereços dos equipamentos da rede local sem notificar o mundo exterior
  - Pode-se mudar de ISP sem mudar endereços na rede local
  - Equipamentos dentro da rede local não são visíveis nem directamente endereçáveis do exterior (ganho de segurança)

# Endereços IP Privados

Os endereços privados não podem ser roteados pela Internet





# Endereços IP Especiais

## Endereços de rede e de broadcast

Dentro de cada rede o primeiro (endereço de rede) e o último endereços (endereço de broadcast) não podem ser designados a hosts.

## Endereços de Loopback

Endereço de loopback **IPv4 127.0.0.1**. Endereço especial que os hosts usam para direccionar o tráfego para si mesmos. Pertence ao grupo de endereços reservados entre 127.0.0.0 a 127.255.255.255 são reservados.

## Endereços link local

Bloco de endereços de **169.254.0.0 a 169.254.255.255** (169.254.0.0/16). automaticamente designados ao host local pelo sistema operativo quando não houver configuração IP disponível.

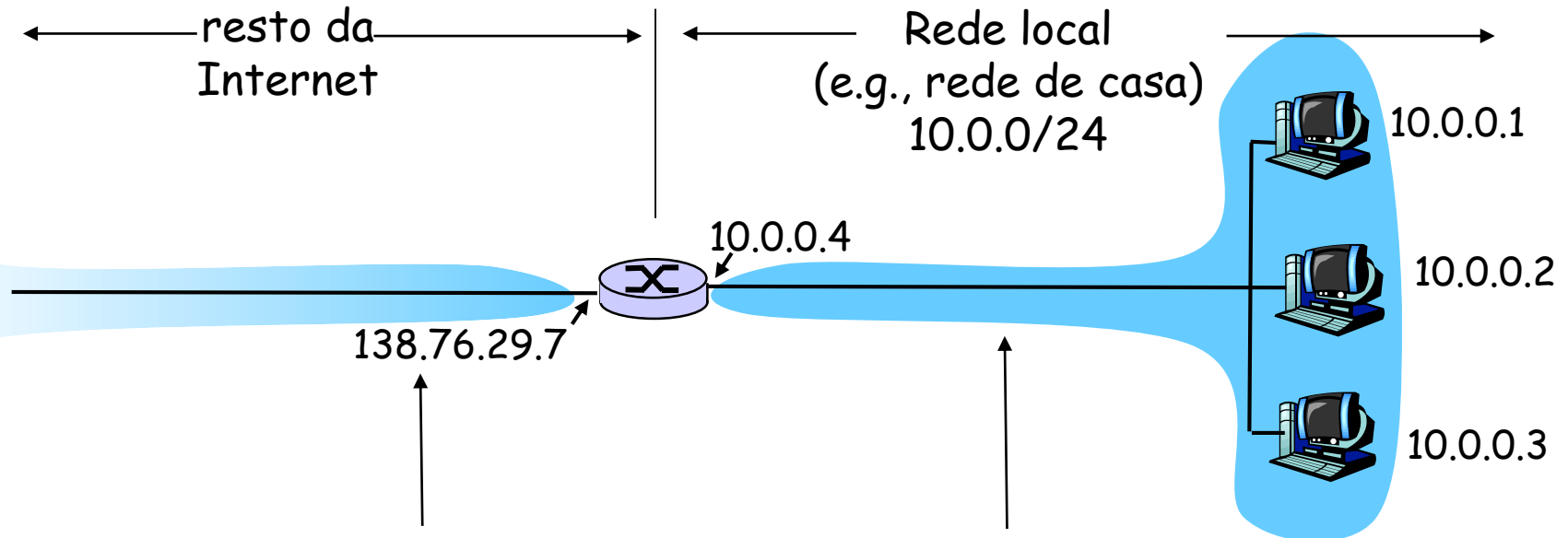
## Endereços TEST-NET

O bloco de endereços **192.0.2.0 a 192.0.2.255** (192.0.2.0/24) é separado para fins de ensino e aprendizagem.

## Endereços Experimentais

Os endereços no bloco **240.0.0.0 a 255.255.255.254** são listados como reservados para uso futuro

# NAT: Network Address Translation



*Todos* os datagramas *ao deixar* a rede local têm *o mesmo* endereço IP de origem (do NAT): 138.76.29.7, mas diferentes n° de porto de origem

Datagramas com origem ou destino nesta rede têm endereços 10.0.0.0/24 para origem e destino (como habitual)

# NAT: Network Address Translation

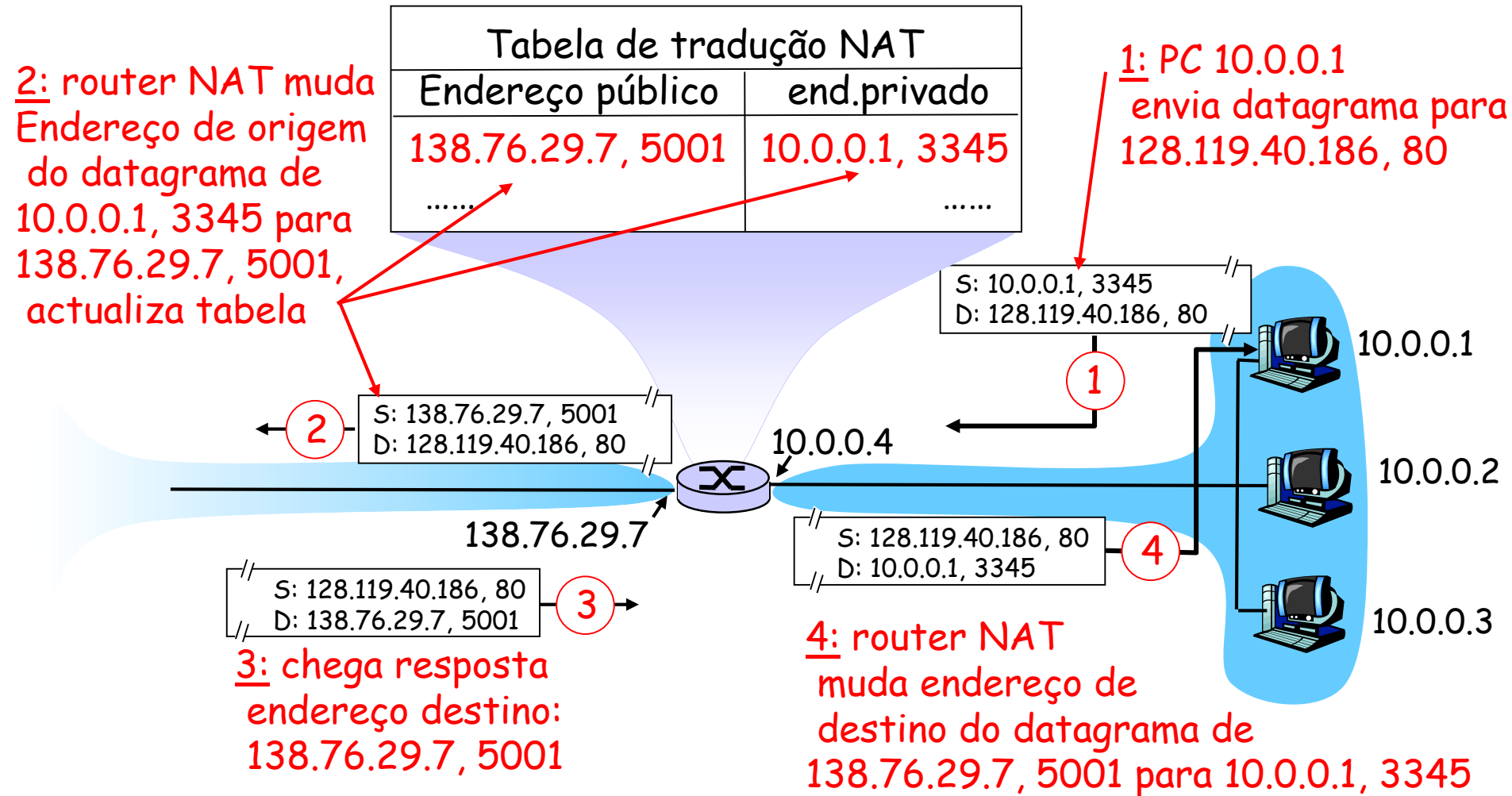
- **Motivação:** do ponto de vista do mundo exterior, a rede local usa apenas um endereço IP:
  - Não há necessidade de reservar uma gama de endereços do ISP: apenas um endereço IP é utilizado para todos os equipamentos
  - Pode-se modificar os endereços dos equipamentos da rede local sem notificar o mundo exterior
  - Pode-se mudar de ISP sem mudar endereços na rede local
  - Equipamentos dentro da rede local não são visíveis nem directamente endereçáveis do exterior (ganho de segurança)

# NAT: Network Address Translation

**Implementação:** um router NAT deve:

- *Datagramas que saem: substituir* (endereço IP de origem, n° porto) de cada datagrama que sai por (endereço IP do NAT, novo n° porto)  
... clientes/servidores remotos responderão usando (endereço IP do NAT, novo n° porto) como endereço de destino.
- *Guardar (na tabela de tradução NAT )* todos os pares de tradução (endereço IP de origem, n° porto) para (endereço IP do NAT, novo n° porto)
- *Datagramas de entrada: substituir* (endereço IP do NAT, novo n° porto) nos campos de destino de cada datagrama que chega, o valor correspondente de (endereço IP de origem, n° porto) guardado na tabela do NAT

# NAT: Network Address Translation

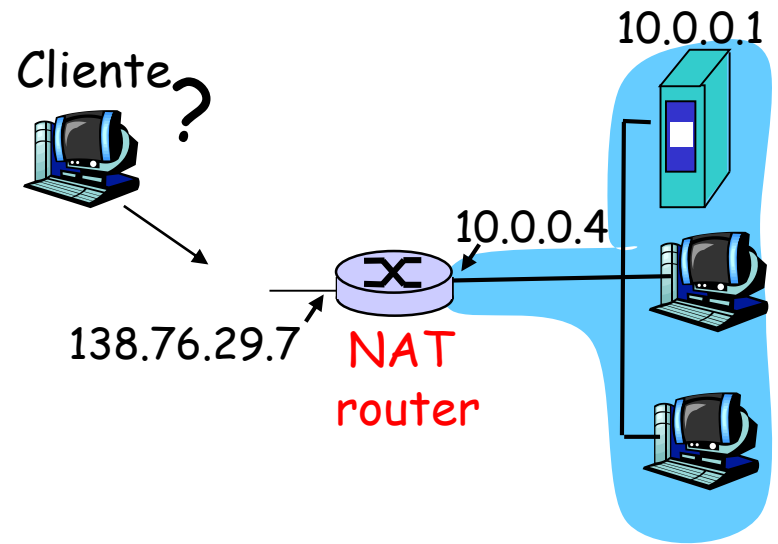


# NAT: Network Address Translation

- Campo “nº do porto” de 16 bit :
  - 60,000 ligações em simultâneo com um único endereço público!
- NAT é controverso:
  - Os routers deviam apenas processar até ao nível de rede (nível 3)
  - Viola o argumento extremo a extremo
    - A possibilidade de NAT tem de ser levada em conta pelos programadores de aplicações, p.ex. P2P
  - A escassez de endereços devia ser resolvida pelo IPv6

# NAT: problema de atravessamento

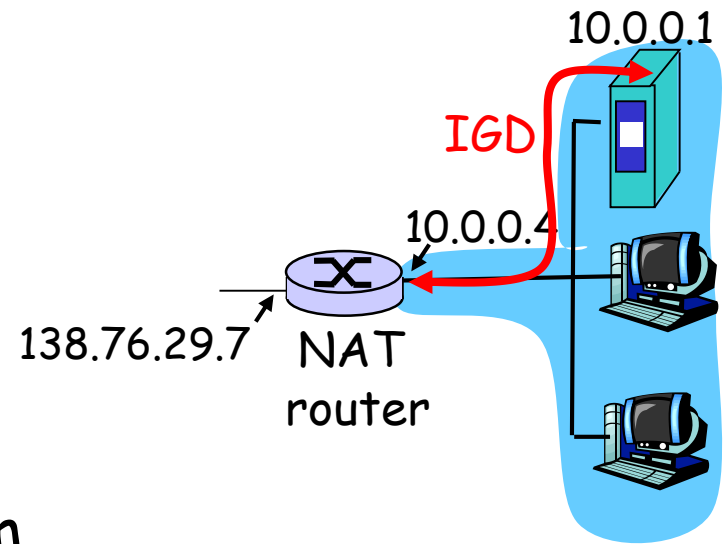
- cliente quer ligar-se ao servidor com endereço 10.0.0.1
  - cliente não pode usar o endereço local como destino
  - Apenas existe um endereço externo visível: endereço público do NAT: 138.76.29.7
- solução 1: configuração estática do NAT para encaminhar pedidos externos de um dado porto para o servidor
  - e.g., (123.76.29.7, port 2500) encaminhados para 10.0.0.1 port 25000



# NAT: problema de atravessamento

- solução 2: Protocolo Universal Plug and Play (UPnP) Internet Gateway Device (IGD).  
Permite que os postos com NAT:
- ❖ Aprendam endereços IP público (138.76.29.7)
- ❖ Adicionem/retirem mapeamento de portos (com tempos de empréstimo)

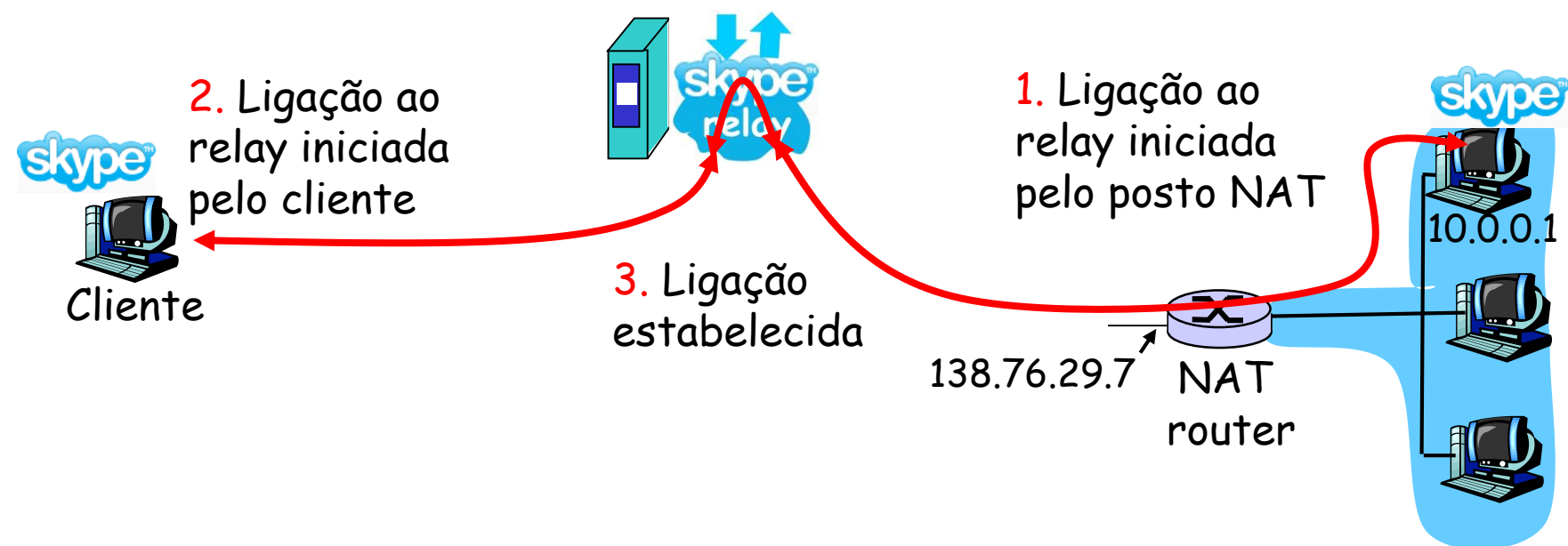
i.e., automatiza a configuração estática do mapeamento dos portos NAT





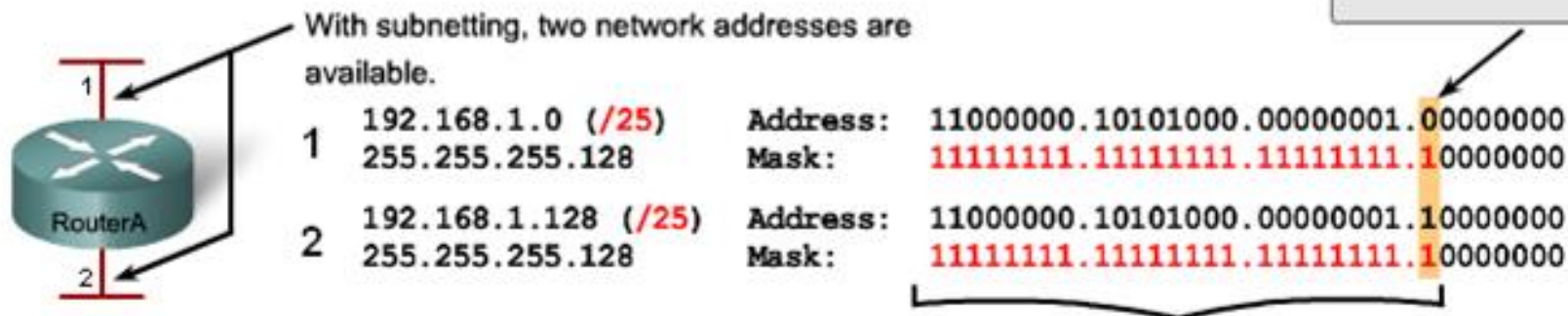
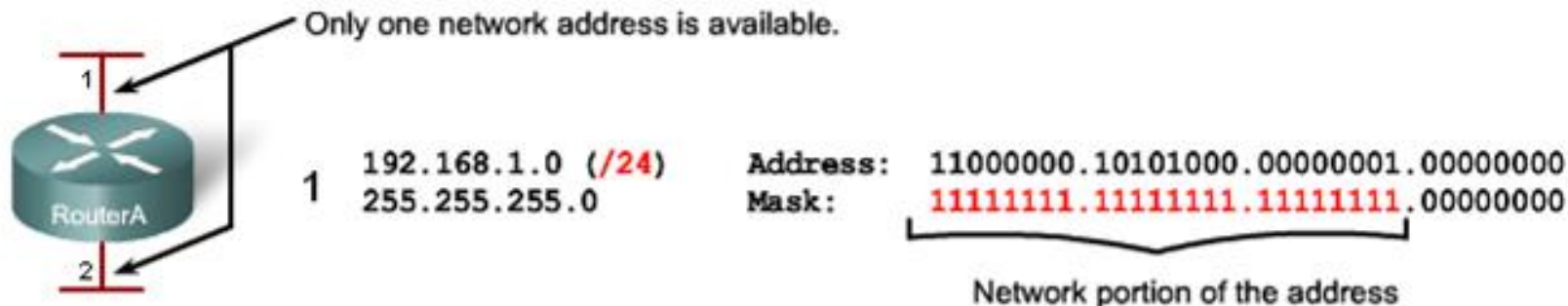
# NAT: problema de atravessamento

- solução 3: relaying (usado no Skype)
  - Clientes NAT estabelecem ligação ao relay
  - Clientes externos ligam-se ao relay
  - relay liga os pacotes entre ligações



# Divisão de uma rede IP

## Borrowing Bits for Subnets

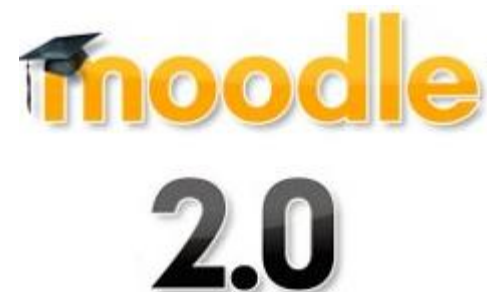


# Mapa para a Divisão de uma classe C

Nº Hosts	126	62	30	14	6	2
Netmask	/25	/26	/27	/28	/29	/30
WildCard	128	192	224	240	248	252
	127	63	31	15	7	3

.0 (1-126)	.0 (1-62)	.0 (1-30)	.0 (1-14)	.0 (1-6)	.0 (1-2)
				.8 (8-14)	.4 (4-6)
			.16 (17-30)	.16 (17-22)	.16 (17-18)
				.24 (25-30)	.20 (21-22)
		.32 (33-62)	.32 (33-38)	.32 (33-38)	.32 (33-34)
			.40 (42-46)	.40 (42-46)	.36 (37-38)
				.48 (49-54)	.40 (41-42)
			.48 (49-62)	.48 (49-54)	.44 (45-46)
				.56 (57-62)	.48 (49-50)
					.52 (53-54)
		.64 (65-84)	.64 (65-78)	.64 (65-70)	.56 (57-58)
				.72 (73-78)	.60 (61-62)
			.80 (81-84)	.80 (81-86)	.64 (65-66)
				.88 (89-94)	.68 (69-70)
	.96 (97-126)	.96 (97-110)	.96 (97-102)	.96 (97-102)	.72 (73-74)
				.104 (105-110)	.76 (77-78)
			.112 (113-126)	.112 (113-118)	.80 (81-82)
				.120 (121-126)	.84 (85-86)
		.128 (129-158)	.128 (129-142)	.128 (129-134)	.88 (89-90)
				.136 (137-142)	.92 (93-94)
			.144 (145-158)	.144 (145-150)	.96 (97-98)
				.152 (153-158)	.100 (101-102)
.128 (129-254)	.128 (129-190)	.160 (161-190)	.160 (161-166)	.160 (161-166)	.104 (105-106)
			.168 (169-174)	.168 (169-174)	.108 (109-110)
			.176 (177-190)	.176 (177-182)	.112 (113-114)
				.184 (185-190)	.116 (117-118)
		.192 (193-224)	.192 (193-206)	.192 (193-198)	.120 (121-122)
			.208 (209-222)	.208 (209-214)	.124 (125-126)
				.216 (217-222)	.128 (129-130)
				.224 (225-230)	.132 (133-134)
		.224 (225-254)	.224 (225-238)	.224 (225-230)	.136 (137-138)
				.232 (233-238)	.140 (141-142)
			.240 (241-254)	.240 (241-246)	.144 (145-146)
				.248 (249-254)	.148 (149-150)
	.192 (193-254)	.224 (225-254)			.152 (153-154)
					.156 (157-158)
					.160 (161-162)
					.164 (165-166)
		.224 (225-254)			.168 (169-170)
					.172 (173-174)
					.176 (177-178)
					.180 (181-182)
		.224 (225-254)			.184 (185-186)
					.188 (189-190)
					.192 (193-194)
					.196 (197-198)

Sintax: .Endereço da Rede (1º Host - Último Host)



# Sumário

- 4.1 Introdução
- 4.2 Circuitos Virtuais e redes de datagramas
- 4.3 O que está dentro de um router
- 4.4 IP: Protocolo Internet
  - Formato dos Datagramas
  - Endereçamento IPv4
  - ICMP
  - IPv6
- 4.5 Algoritmos de encaminhamento
  - Link state
  - Distance Vector
  - Encaminhamento hierárquico
- 4.6 Encaminhamento na Internet
  - RIP
  - OSPF
  - BGP
- 4.7 Broadcast e encaminhamento multicast

# ICMP: Internet Control Message Protocol

- Utilizado por postos e routers para comunicar informação de controlo de rede

- Relatório de erros: posto inacessível, rede, porto, protocolo

- Pedido e resposta de eco (utilizado pelo ping)

- nível de rede "acima" do IP

- Mensagens ICMP transportadas em datagramas IP

- **mensagens ICMP** : tipo, código mais 8 primeiros bytes do datagrama IP que causam erros

<u>Tipo</u>	<u>Código</u>	<u>Descrição</u>
0	0	echo reply (ping)
3	0	dest. network unreachable
3	1	dest host unreachable
3	2	dest protocol unreachable
3	3	dest port unreachable
3	6	dest network unknown
3	7	dest host unknown
4	0	source quench (congestion control - not used)
8	0	echo request (ping)
9	0	route advertisement
10	0	router discovery
11	0	TTL expired
12	0	bad IP header

# Traceroute (TraceRT) e ICMP

- ❖ Origem envia uma série de segmentos UDP para o destino
  - Primeiro tem TTL = 1
  - Segundo tem TTL=2, etc.
- ❖ Quando o datagrama n chega ao router n:
  - Router descarta datagrama
  - E envia para a origem uma mensagem ICMP com (type 11, code 0)
  - Mensagem inclui nome do router e endereço IP

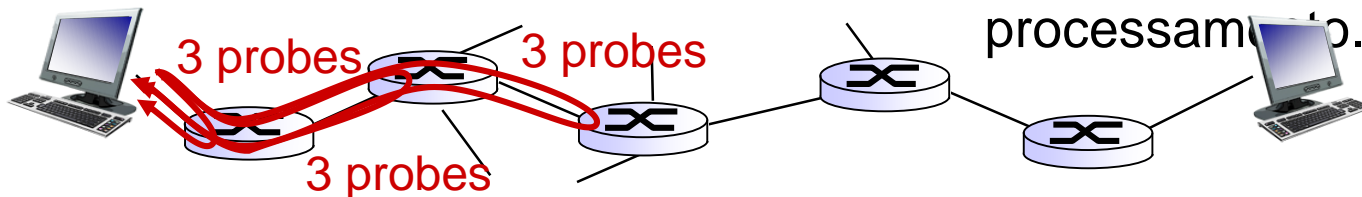
- ❖ Quando a mensagem ICMP chega, a origem calcula o
- ❖ Traceroute repete 3 vezes o procedimento

## Critérios de paragem

O segmento UDP chega ao posto de destino

O posto de destino envia pacote ICMP “host unreachable” (posto inacessível) (tipo 3, código 3)

Quando o posto origem recebe esta mensagem, para o processamento.



# Sumário

- 4.1 Introdução
- 4.2 Circuitos Virtuais e redes de datagramas
- 4.3 O que está dentro de um router
- 4.4 IP: Protocolo Internet
  - Formato dos Datagramas
  - Endereçamento IPv4
  - ICMP
  - IPv6
- 4.5 Algoritmos de encaminhamento
  - Link state
  - Distance Vector
  - Encaminhamento hierárquico
- 4.6 Encaminhamento na Internet
  - RIP
  - OSPF
  - BGP
- 4.7 Broadcast e encaminhamento multicast

# IPv6

- **Motivação inicial:** espaço de endereçamento atribuído estará brevemente esgotado, sem endereços livres.
- **Motivações adicionais:**
  - O formato do cabeçalho pode ajudar a acelerar o processamento/encaminhamento dos pacotes
  - Modificar cabeçalho para facilitar QoS
  - Novo endereço "anycast": encaminha para o "melhor" de vários servidores replicados

## **Formato do datagrama IPv6:**

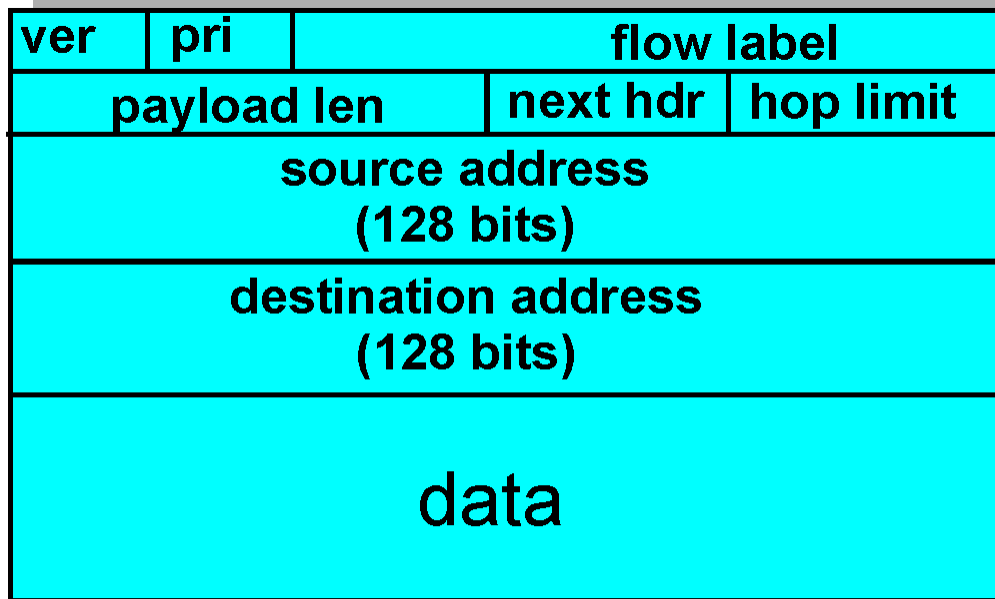
- Cabeçalho de tamanho fixo de 40 bytes
- Não é permitida fragmentação



# Cabeçalho IPv6

**Priority:** identifica a prioridade do datagrama em relação aos outros.

**Flow Label:** identifica datagramas no mesmo "fluxo" (conceito de "fluxo" não está bem definido).



← 32 bits →

**Next header:**  
identifica o protocolo de nível superior que irá processar os dados

# Outras modificações ao IPv4


- *Checksum*: removido para reduzir o tempo de processamento em cada nó
- *Options*: permitidas, mas for a do cabeçalho, indicado pelo campo "Next Header", como se se tratasse de um protocolo de nível superior
- *ICMPv6*: nova versão do ICMP
  - Novos tipos de mensagens, e.g. "Packet Too Big"
  - Funções de gestão de grupos multicast


# Cabeçalhos IPv4 e IPv6


IPv4 Header

Version	IHL	Type of Service	Total Length	
Identification			Flags	Fragment Offset
Time to Live	Protocol		Header Checksum	
Source Address				
Destination Address				
Options			Padding	

Legend

 - Field names kept from IPv4 to IPv6

 - Fields not kept in IPv6

 - Name & position changed in IPv6

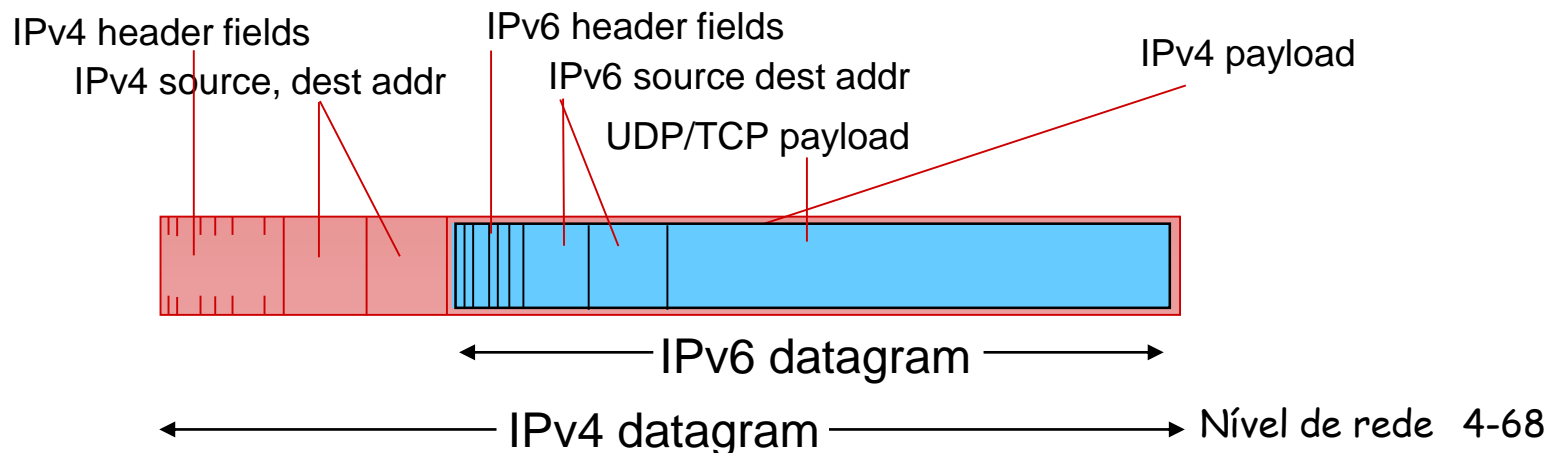
 - New field in IPv6

IPv6 Header

Version	Traffic Class	Flow Label	
Payload Length		Next Header	Hop Limit
Source Address			
Destination Address			

# Transição do IPv4 para o IPv6

- Nem todos os routers podem ser actualizados simultaneamente
  - Não é possível definir "dia 1" para o IPv6
  - Como vai funcionar a rede com uma mistura de routers ?
- Abordagem: **Tunneling**: IPv6 transportado como dados em datagramas IPv4 nos routers IPv4

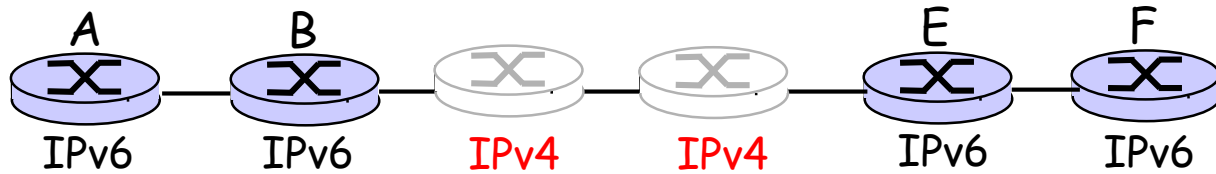


# Tunneling

Visão lógica:



Visão física:



# Tunneling

Visão lógica:



Visão física:

