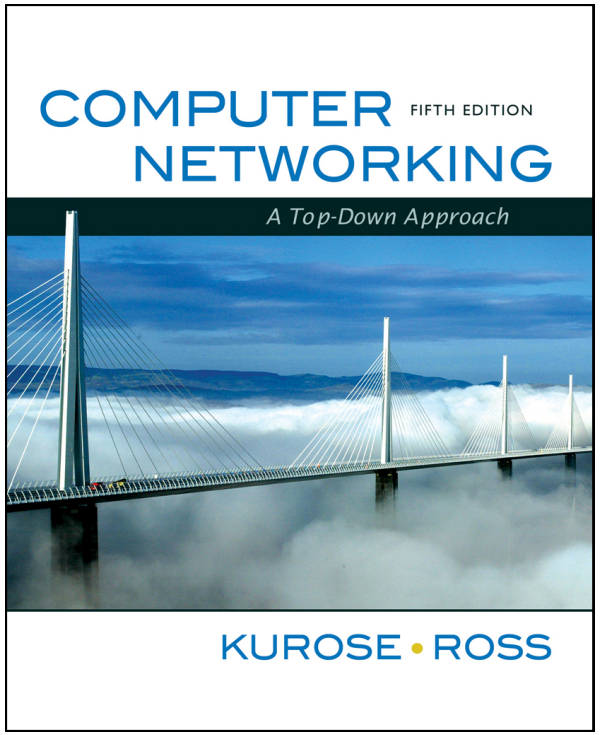
Camada de Rede

André Soares

Aviso

- Parte destes slides são inspirados ou foram retirados dos slides fornecidos com o livro:

Computer Networking: A Top Down Approach ,
5th edition.
Jim Kurose, Keith Ross
Addison-Wesley, April 2009.

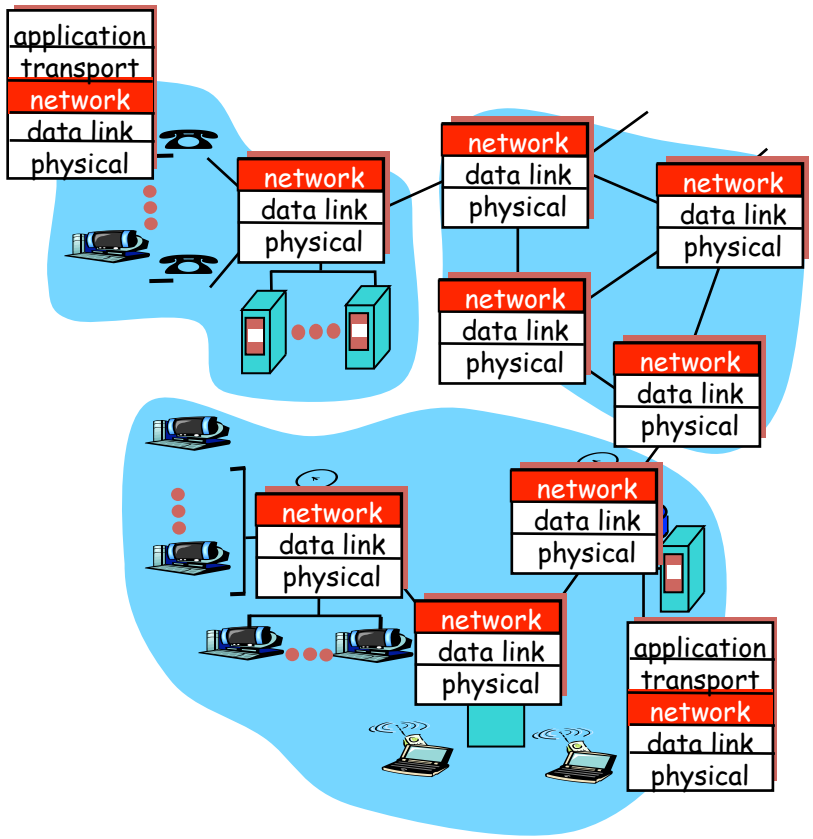


Roteiro

- Funções da camada de rede
- Protocolo IPv4
- NAT
- ICMP

Camada de Rede

- Tem a função de transportar segmentos do host de origem para o host de destino
  - Comunicação lógica entre hosts
- O host de origem encapsula os segmento em datagramas
- O host de destino entrega os segmentos para a sua camada de transporte
- Os protocolos da camada de rede estão presentes em todos os roteadores e hosts
- Roteador examina o cabeçalho de todos os datagramas IP que chegam em suas interfaces de entrada p/ saber encaminhá-los



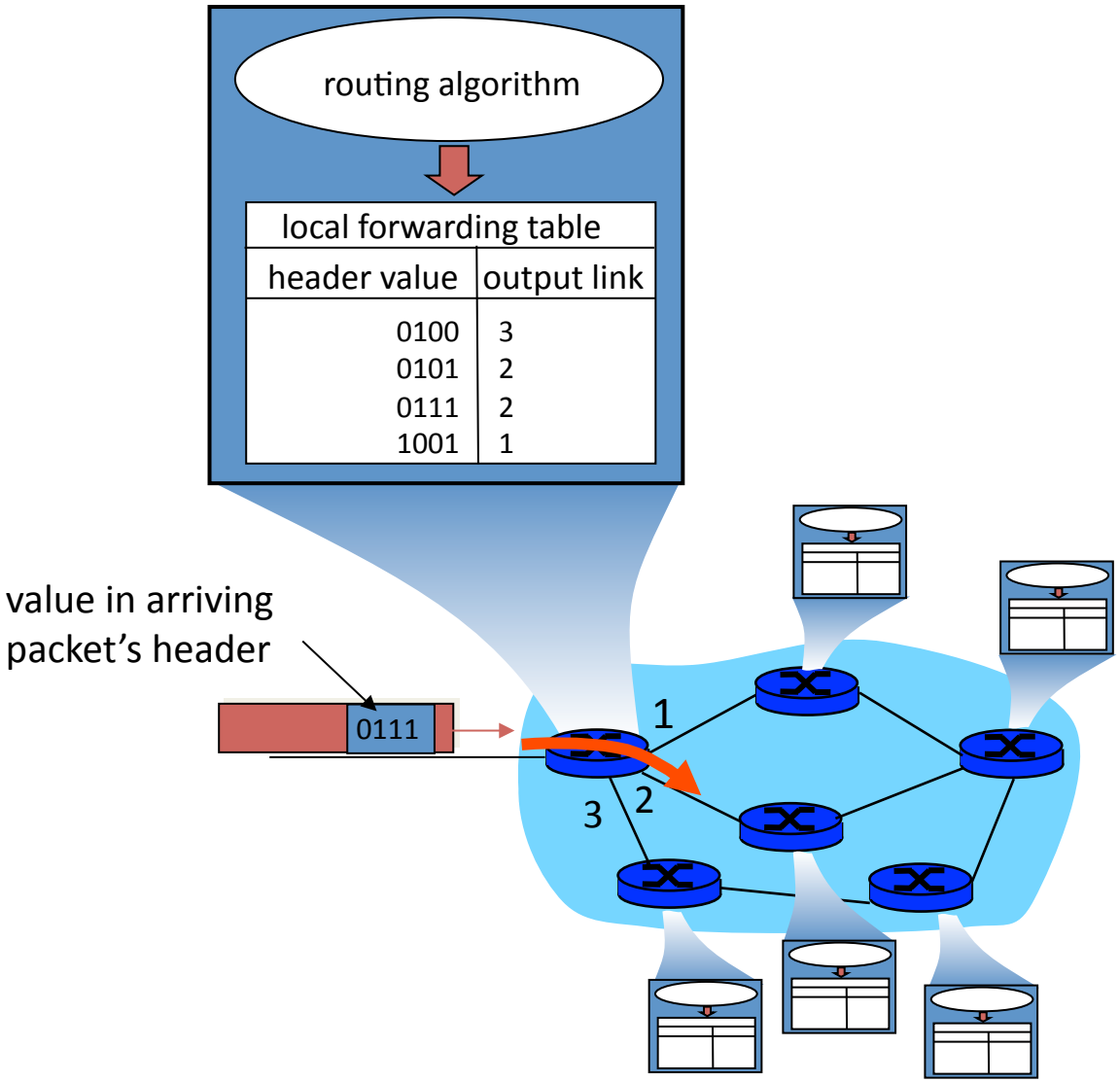
Principais funções da camada de rede

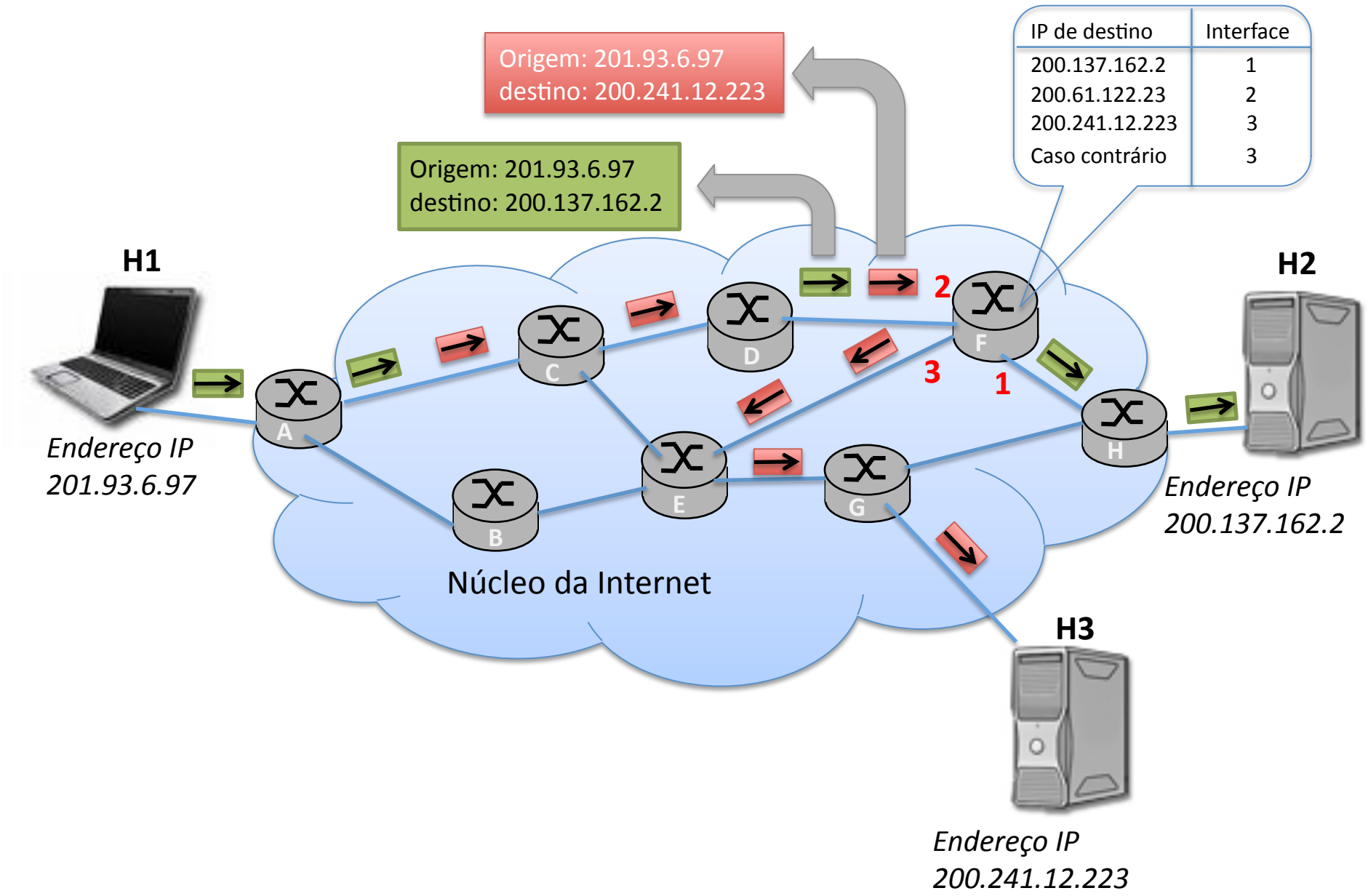
- *Encaminhamento:* mover pacotes da entrada do roteador para a saída apropriada
- *roteamento:* determinar as rotas para levar os pacotes da origem até o destino
  - *Algoritmos de roteamento*

Analogia com uma viagem de carro: (SSA => FTZ)

- roteamento: processo de planejar a viagem da origem para o destino
- encaminhamento: Chegando em um cruzamento perguntar: qual rua leva a Fortaleza

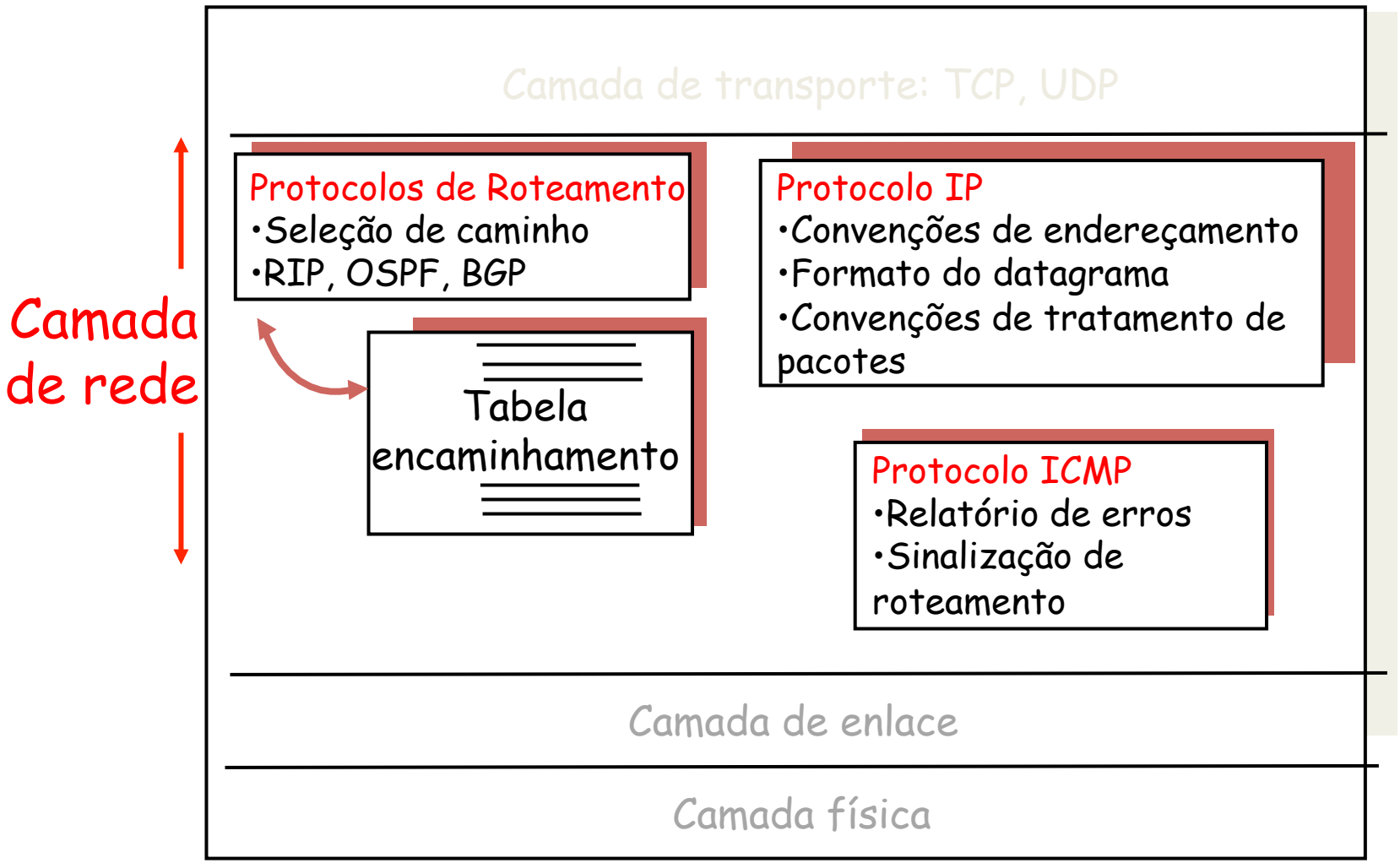
Diferença entre roteamento e encaminhamento



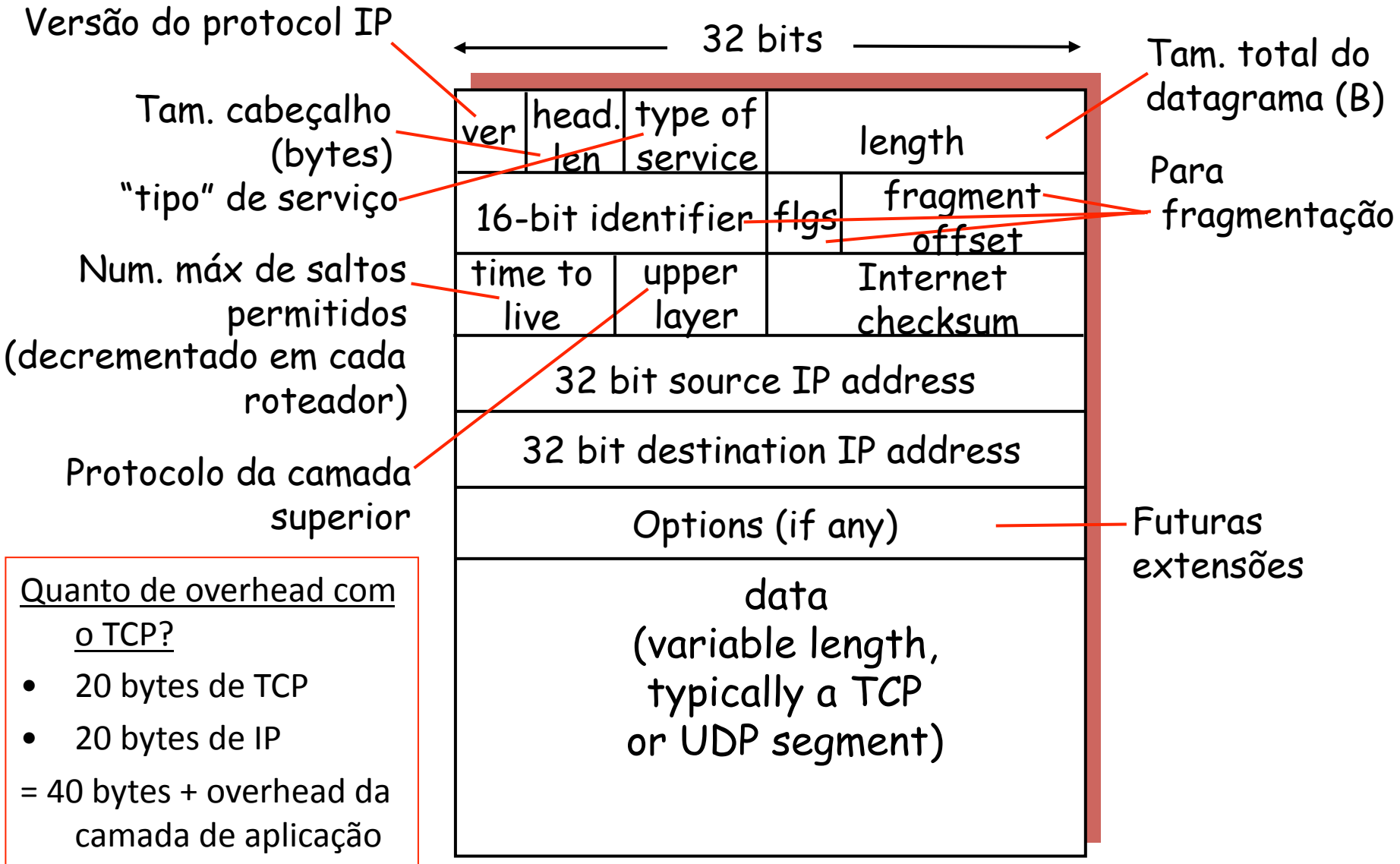

Origem: 201.93.6.97
destino: 200.241.12.223
Origem: 201.93.6.97
destino: 200.137.162.2
IP de destino | Interface
200.137.162.2 | 1
200.61.122.23 | 2
200.241.12.223 | 3
Caso contrário | 3
H1
H2
H3
Endereço IP
201.93.6.97
Endereço IP
200.137.162.2
Endereço IP
200.241.12.223
Núcleo da Internet
A
B
C
D
E
F
G
H
1
2
3

Camada de rede da Internet

Funções dos hosts e roteadores



Formato do datagrama IPv4



Quanto de overhead com o TCP?

- 20 bytes de TCP
- 20 bytes de IP

= 40 bytes + overhead da camada de aplicação

Formato do datagrama IPv4

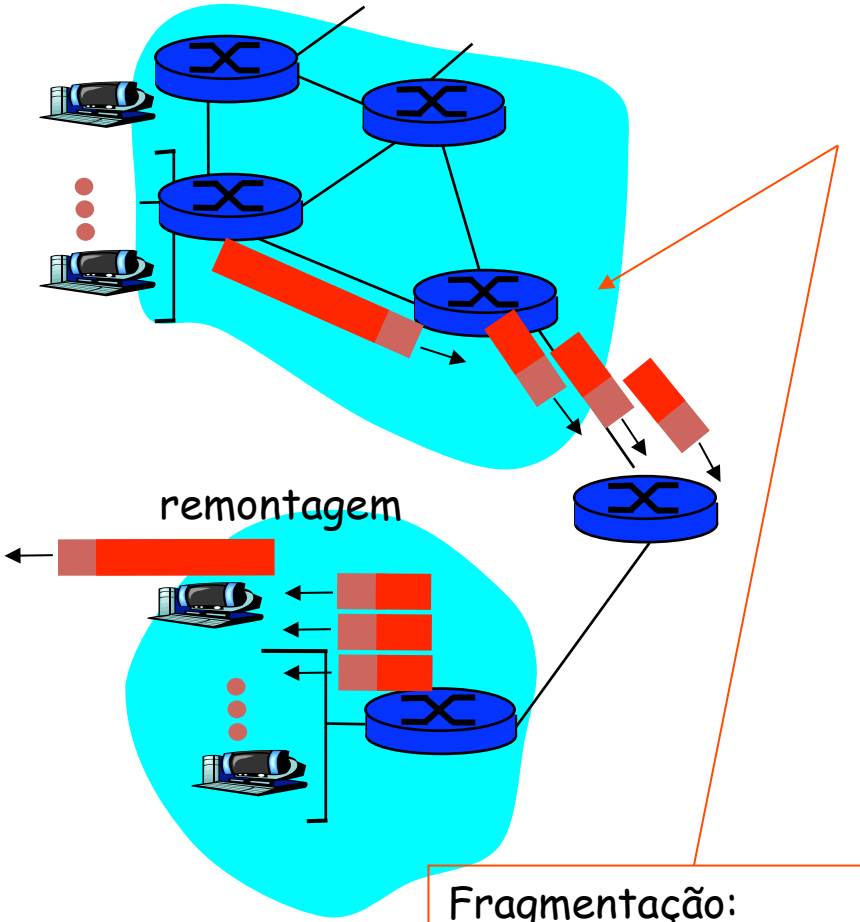
- **Versão**: (4 bits) especificam a versão do protocolo. Em função disso o roteador pode determinar como interpretar o pacote
- **Tam. do cabeçalho**: (4 bits) tam. do cabeçalho é variável. Identifica onde começam os dados. Tipicamente 20 Bytes
- **Tipo de Serviço**: (6 bits) especifica o tipo de serviço. Caso exista necessidade de fazer diferença entre pacotes
- **Tam. total do datagrama**: (16 bits) cabeçalho. + dados
- **Identificador, flags e deslocamento de fragmentação**: (16, 1, 1 bits) usados para fragmentação e remontagem
- **Tempo de vida**: (8 bits) determina o número max. de roteadores que um pacote pode atravessar

Formato do datagrama IPv4

- **Protocolo**: (8 bits) identifica o protocolo utilizado na camada de transporte. Ex: 6 = TCP, 17 = UDP
- **Soma de verificação** (*header checksum*): (16 bits) identifica a existência de erros no cabeçalho do pacote IP
- **End de origem e destino** (32, 32 bits)
- **Opções**: (múltiplo de 4 bytes) foi criado para ampliar o cabeça IP caso necessário.
  - Permitir que versões posteriores incluam informação inexistentes no protocolo original
  - É necessário calcular o tamanho do cabeçalho de todo pacote !!
- **Dados** (Payload): Carga útil. Na grande maioria das vezes contem o segmento da camada de transporte (TCP ou UDP)
  - Mas poderia carregar por exemplo um segmento ICMP

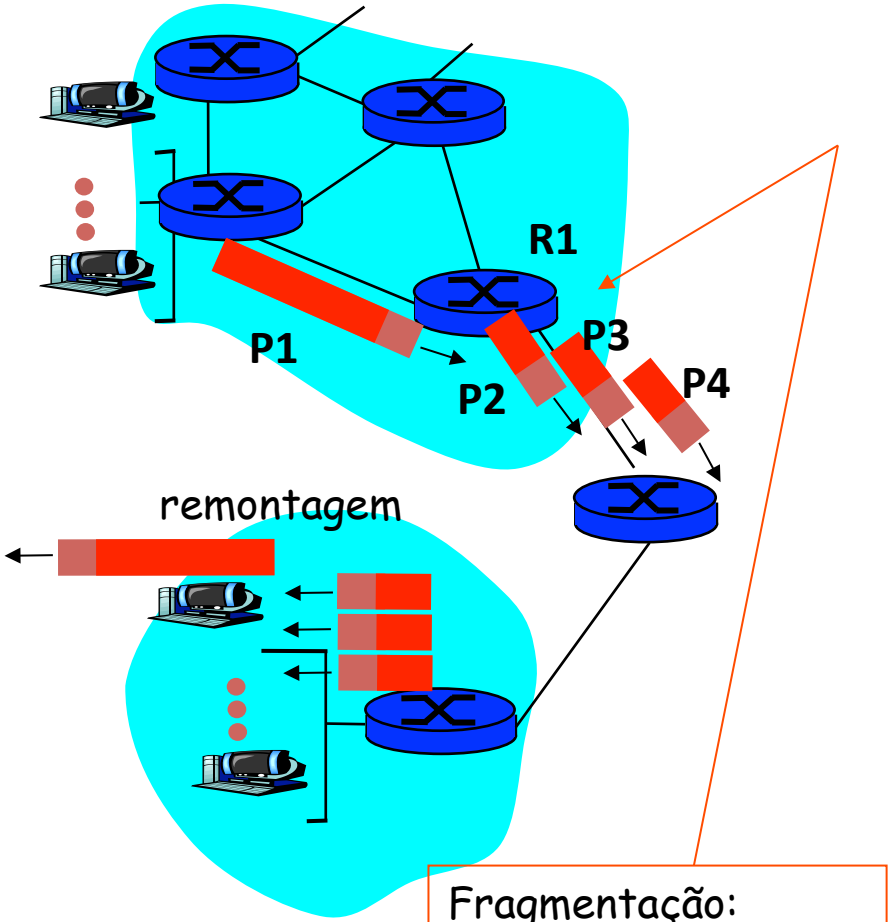
Fragmentação IP e Remontagem

- Datagramas IP possuem tamanho variável (“grandes ou pequenos”)
- Protocolos da camada de enlaces de rede possuem MTU
  - Diferentes protocolos de enlaces, diferentes MTUs
  - MTU Ethernet = 1500 Bytes
  - Um datagrama IP pode ser maior do que a MTU do protocolo de enlace
- Grandes datagramas IPs são fragmentados
  - Um datagrama é dividido em vários datagramas
  - “Remontagem” somente no destino final
  - Bits do cabeçalho IP são usados para identificar e ordenar os fragmentos



Fragmentação IP e Remontagem

- Datagrama IP (P1) com 4000 Bytes de tamanho chega no roteador (R1)
- MTU do enlace de saída = 1500 Bytes
- Pacote (P1) precisa ser fragmentado
- **Quantos pacotes serão gerados depois da fragmentação?**
- **Qual será o tamanho de cada pacote?**



Fragmentação IP e Remontagem

- Tam de P1 = 4000 bytes (20 bytes de cabeçalho + 3980 bytes de dados)
- MTU do enlace = 1500 bytes
- Cada fragmento poderá ter no max 1480 bytes de dados
- 3980 / 1480 =2,68 (3 pacotes: P2, P3 e P4)
- ID de P1 é repetido em P2, P3 e P4
- Flag = 1 indica que existe pelo menos mais um fragmento
- Deslocamento (Offset) indica a posição do primeiro byte do fragmento em relação ao datagrama original
  - Múltiplo de 8 bytes
  - posição do 1 byte / 8 = offset

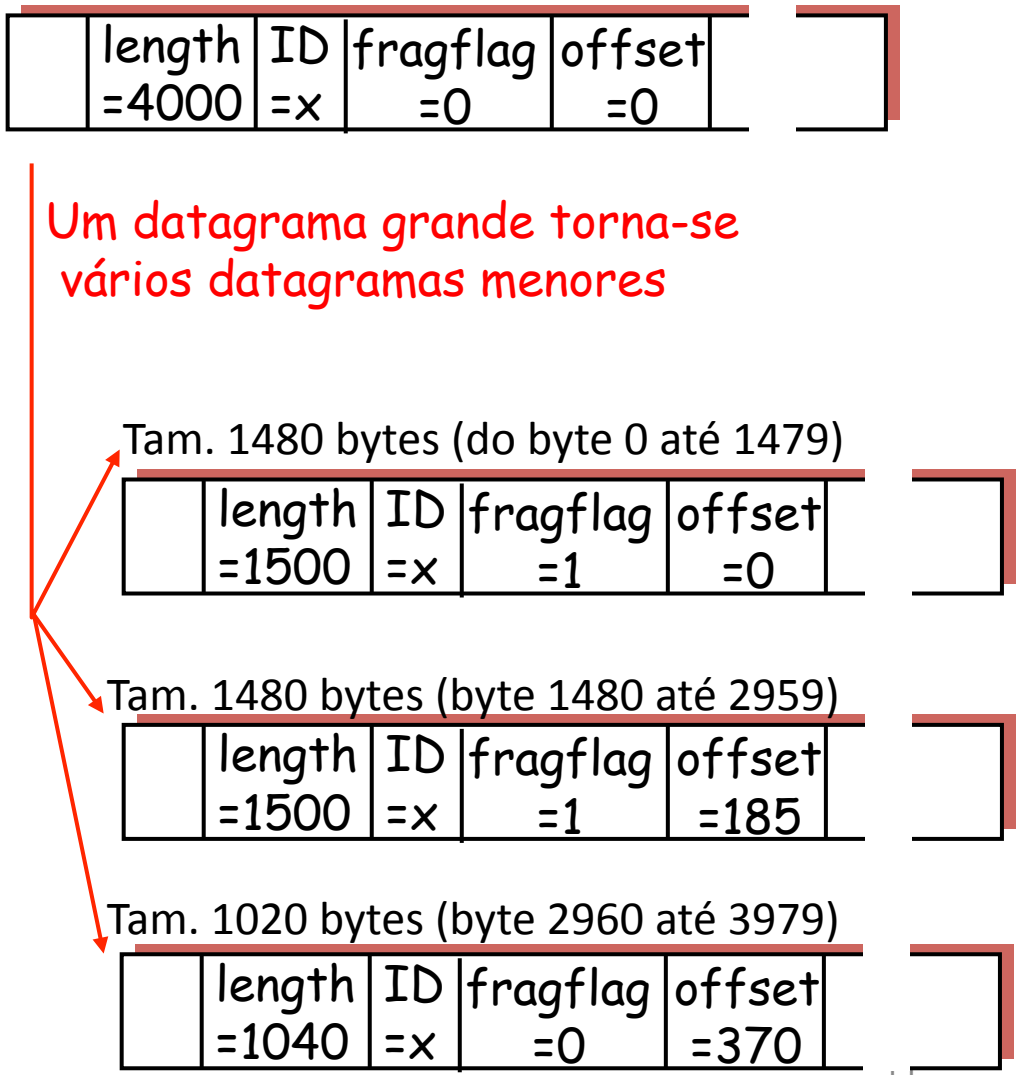
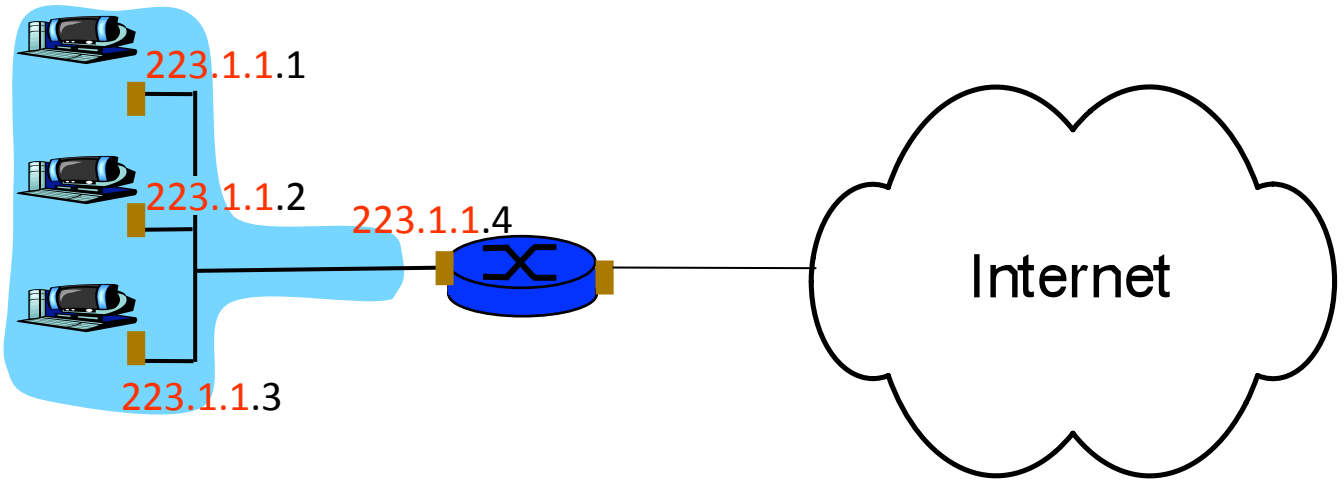


Tabela de encaminhamento

- Imaginem uma regra para cada end. IP no roteador !!!!
- 4 bilhões de entradas possíveis
- Sub-rede permite o **endereçamento hierárquico** através do end. da sub-rede

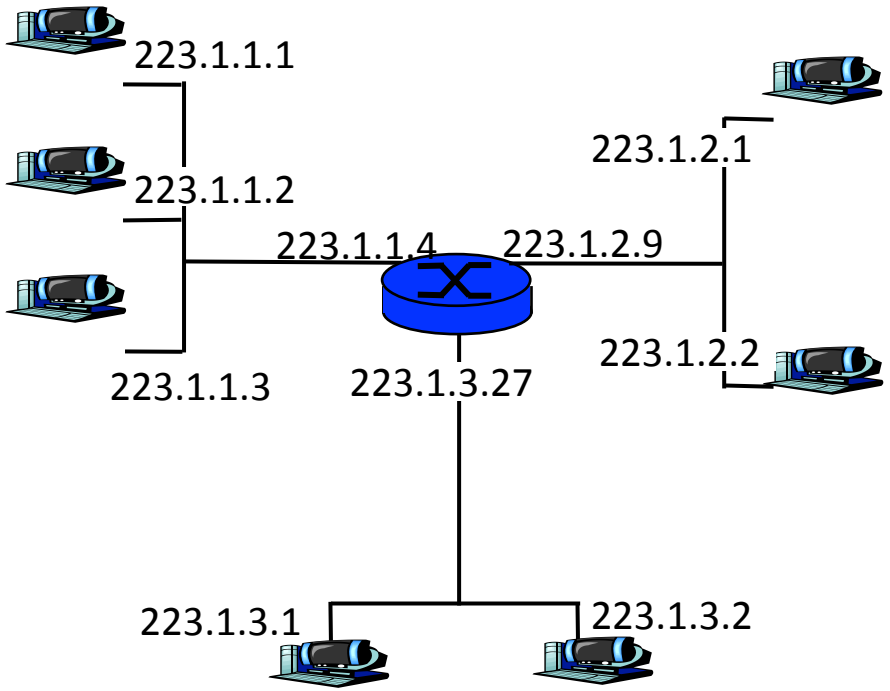


Placa de rede

Obs. Similar ao endereçamento dos correios !!!

Endereçamento IP : introdução

- Endereço IP : 32-bit identificação para host e roteador (*interface)*
- *interface:* conexão entre host/roteador e enlace físico
- Roteadores tipicamente possuem várias interfaces de rede
  - host somente um interface
  - Endereço IP associado com a interface

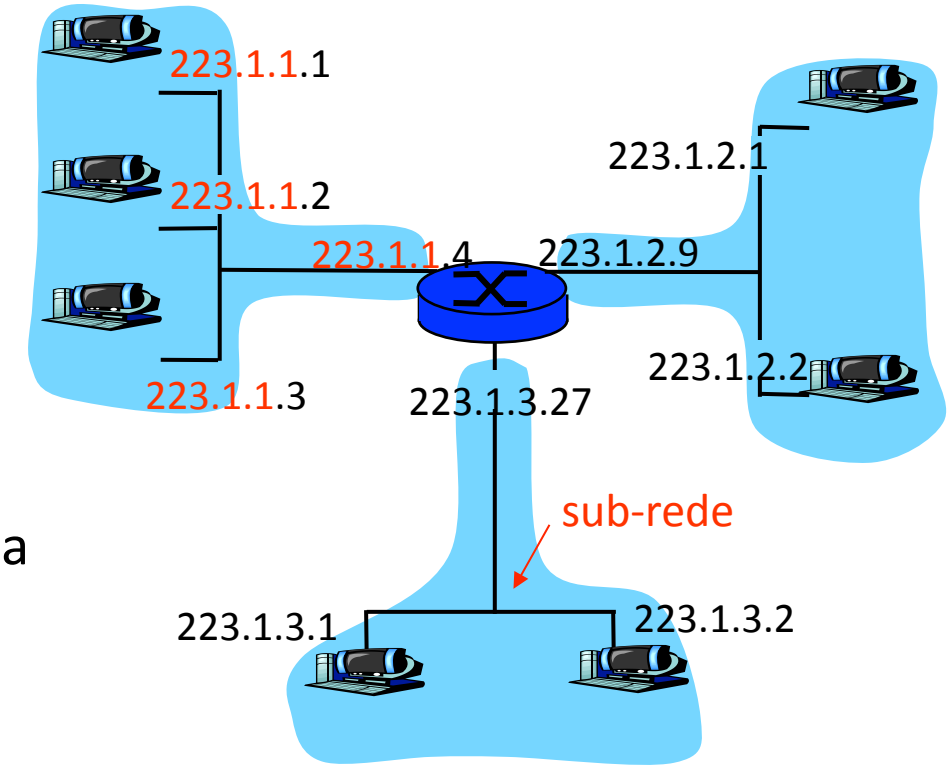


223.1.1.1 = 11011111 00000001 00000001 00000001

223 1 1 1

Sub-redes

- Endereço IP:
  - Parte da sub-rede (bits de maior ordem)
  - Parte do host (bits de menor ordem)
- *O que é uma* sub-rede*?*
  - Interfaces de dispositivos com mesma parte de endereço IP da sub-rede
  - Todos alcançáveis sem intervenção do roteador
  - Para que serve uma sub-rede?



Rede com 3 **sub-redes**

Endereçamento IP da Internet

CIDR: *Classless InterDomain Routing*

- Roteamento Interdomínio sem classes
- Endereço IP dividido em 2 partes
- formato: a.b.c.d/x, onde x é o número de bits na parte do endereço da sub-rede

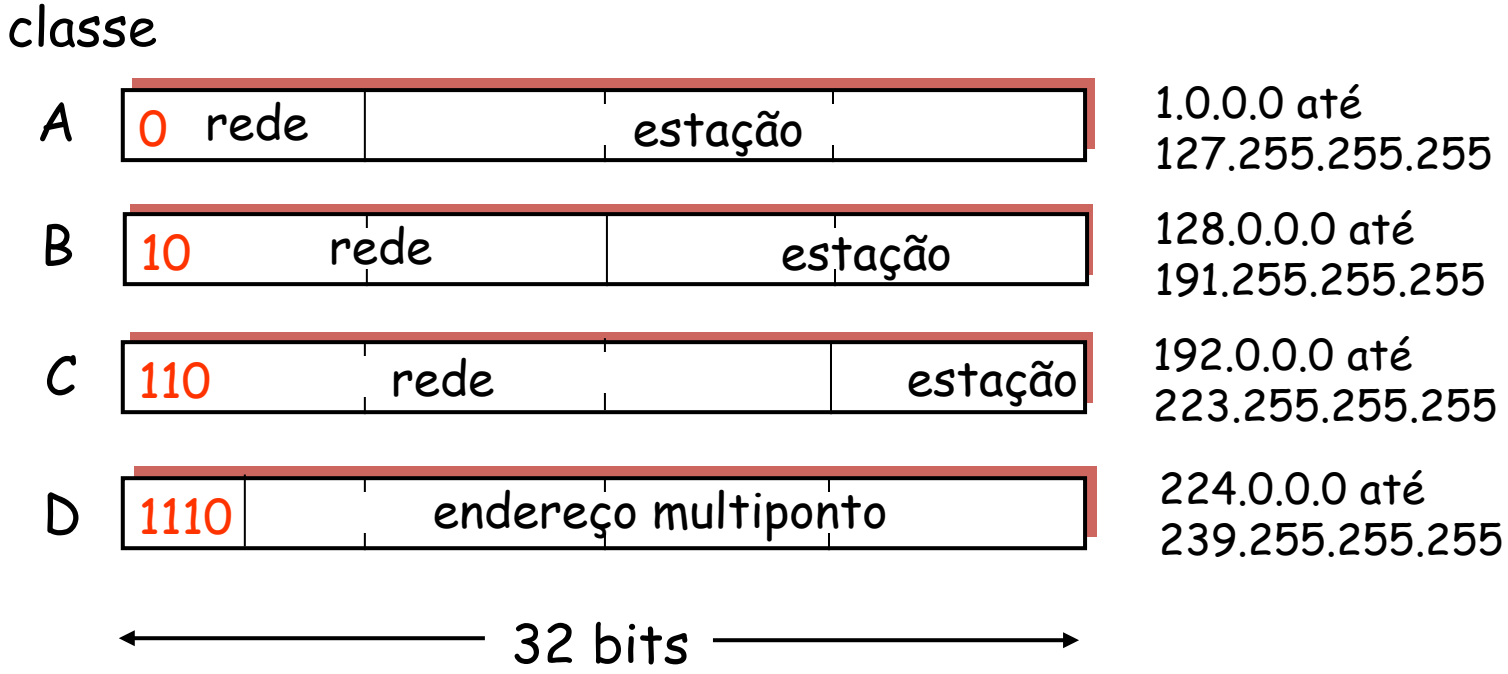
200.23.16.0/23

Endereçamento IP da Internet

- Antes do CIDR, o num. de bits do end. de rede estavam limitados a 8,16 ou 24 bits
  - Redes de classes A, B e C
- Essa exigência há muito tempo se mostrou problemática para suportar o rápido crescimento do numero de organizações
- Classe C (end. de rede c/ 24 bits)
  - $2^8 - 2 = 254$ hosts
  - Muito pequena para algumas organizações
- Classe B (end. de rede c/ 16 bits)
  - Uma rede com 1000 hosts seria obrigada a utilizar um classe B
  - $2^{16} - 2 = 65.534$ hosts
  - Muito grande para algumas organizações

Endereços IP

endereçamento "baseado em classes":



Endereços IP Especiais

Existem alguns endereços IP especiais.

Exemplo:

- 0.0.0.0 é usado pelo *host* na inicialização.
  - Isso permite que um *host* faça referência a sua rede sem saber seu endereço IP
- 127.x.y.z teste de *loopback*
  - Pacotes para esse end. não são enviados e sim processados localmente

Acessando um host fora da sub-rede !!!

11011111.00000001.00000001.00000000

End. da sub-rede

223.1.1.0/24

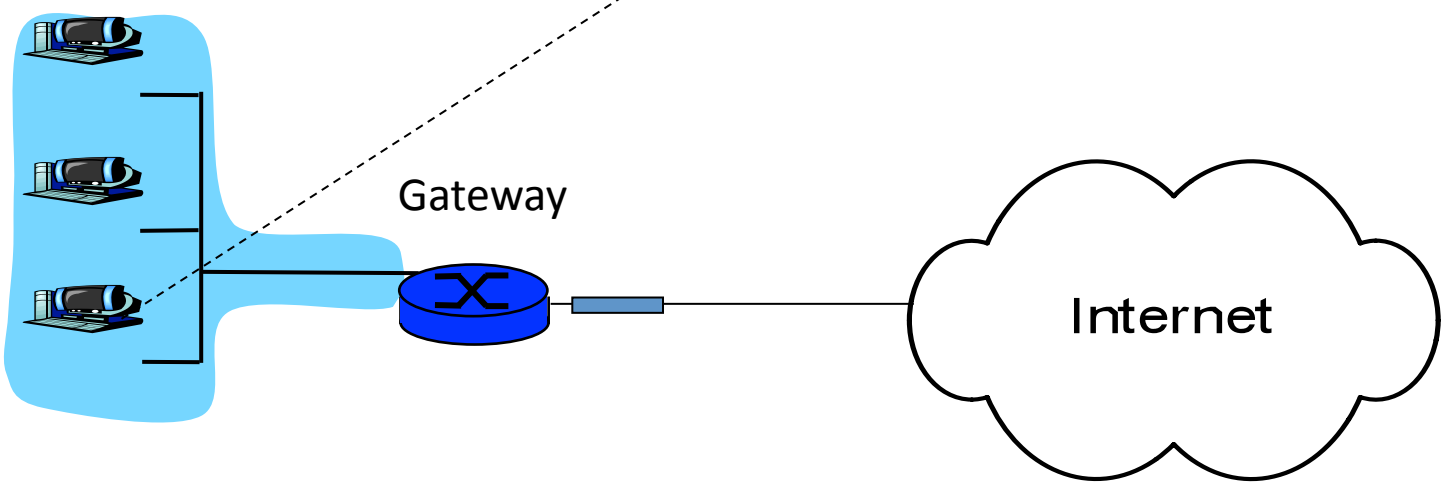
Configurações

Ip: 223.1.1.4

Mask: 255.255.255.0

Gatway: 223.1.1.1

DNS: 223.1.1.2



Acessando um host fora da sub-rede !!!

11011111.00000001.00000001.00000000

End. da sub-rede

223.1.1.0/24

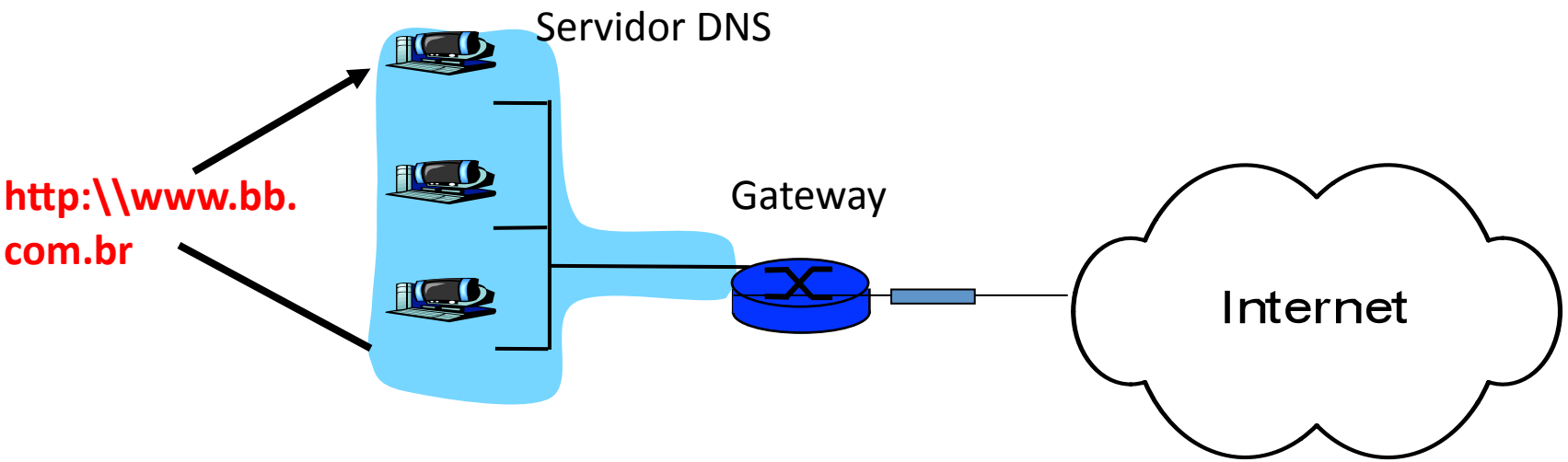
Configurações

Ip: 223.1.1.4

Mask: 255.255.255.0

Gatway: 223.1.1.1

DNS: 223.1.1.2



Acessando um host fora da sub-rede !!!

11011111.00000001.00000001.00000000

End. da sub-rede

223.1.1.0/24

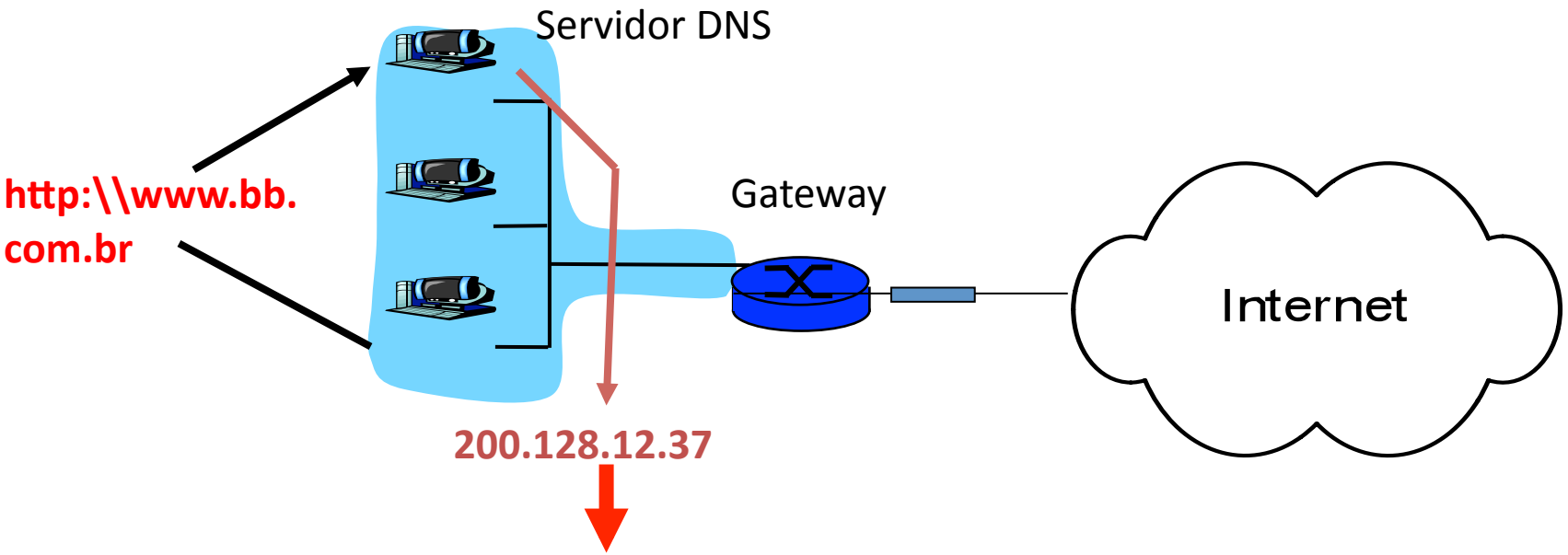
Configurações

Ip: 223.1.1.4

Mask: 255.255.255.0

Gatway: 223.1.1.1

DNS: 223.1.1.2



11011111.10000000.00001100.00100101

É igual ao endereço da sub-rede?

Acessando um host fora da sub-rede !!!

11011111.00000001.00000001.00000000

End. da sub-rede

223.1.1.0/24

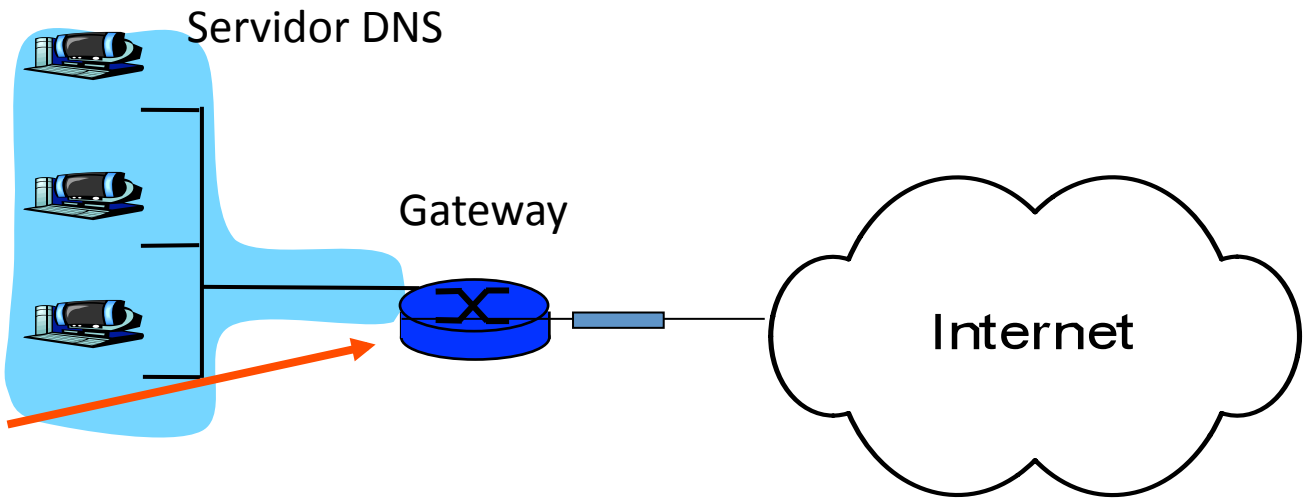
Configurações

Ip: 223.1.1.4

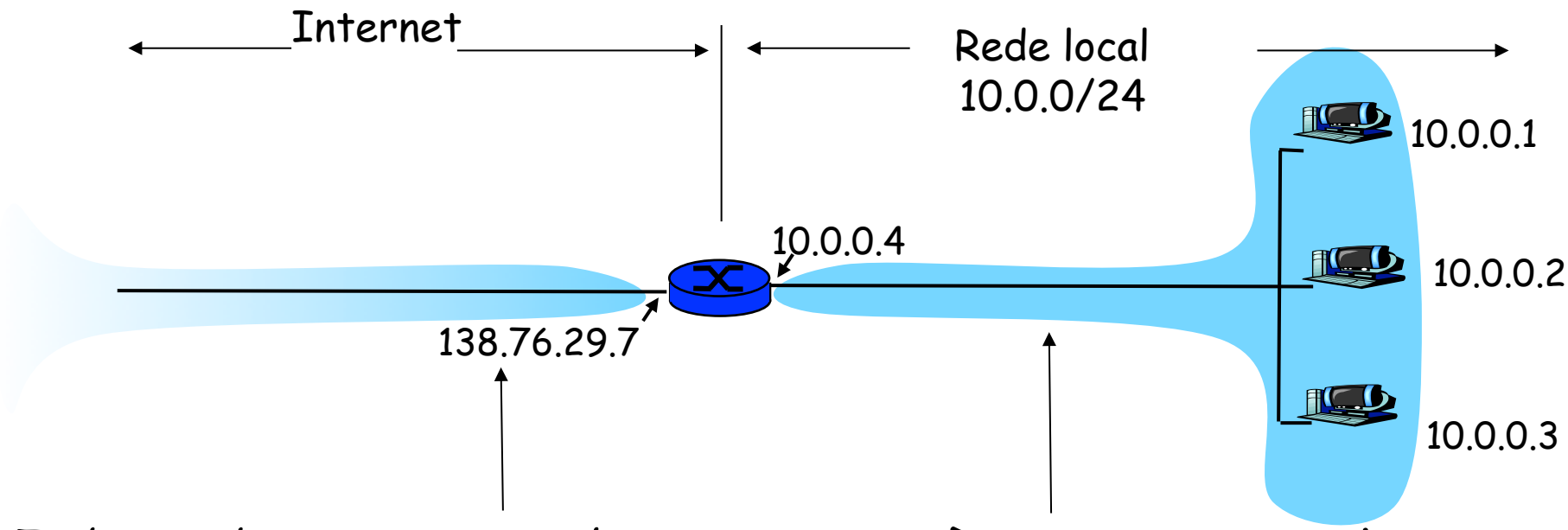
Mask: 255.255.255.0

Gatway: 223.1.1.1

DNS: 223.1.1.2



NAT: Network Address Translation



Todos os datagramas que chegam na rede local têm o mesmo e único end. IP NAT: 138.76.29.7, Diferentes números de portas fonte

Datagramas com origem e destino nesta rede tem end. 10.0.0/24 para origem, destino

NAT: Network Address Translation

- Motivação: rede local usa apenas 1 end. IP até o ponto que sai para a Internet:
  - Não precisa ser alocado um intervalo de end. do ISP: “apenas 1 end. IP é usado para todos os dispositivos”
  - Os end.s dos dispositivos da rede local podem ser trocados sem a necessidade de avisar o mundo externo
  - Pode-se trocar o ISP sem trocar o end. dos dispositivos da rede local
  - Os dispositivos dentro da rede interna não são explicitamente visíveis por dispositivos for a da rede local. (segurança a mais)

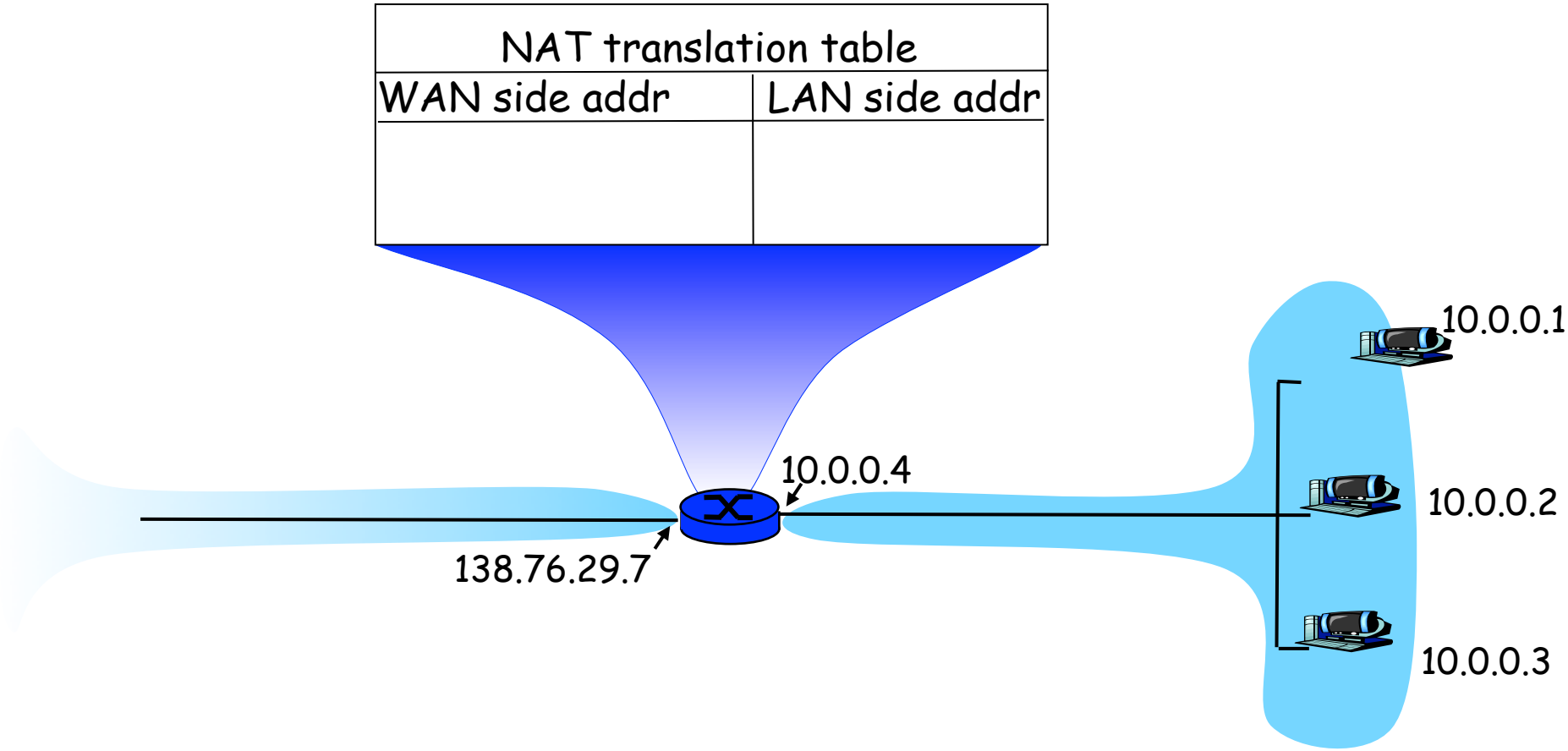
NAT: Network Address Translation

Implementação: roteador NAT deve:

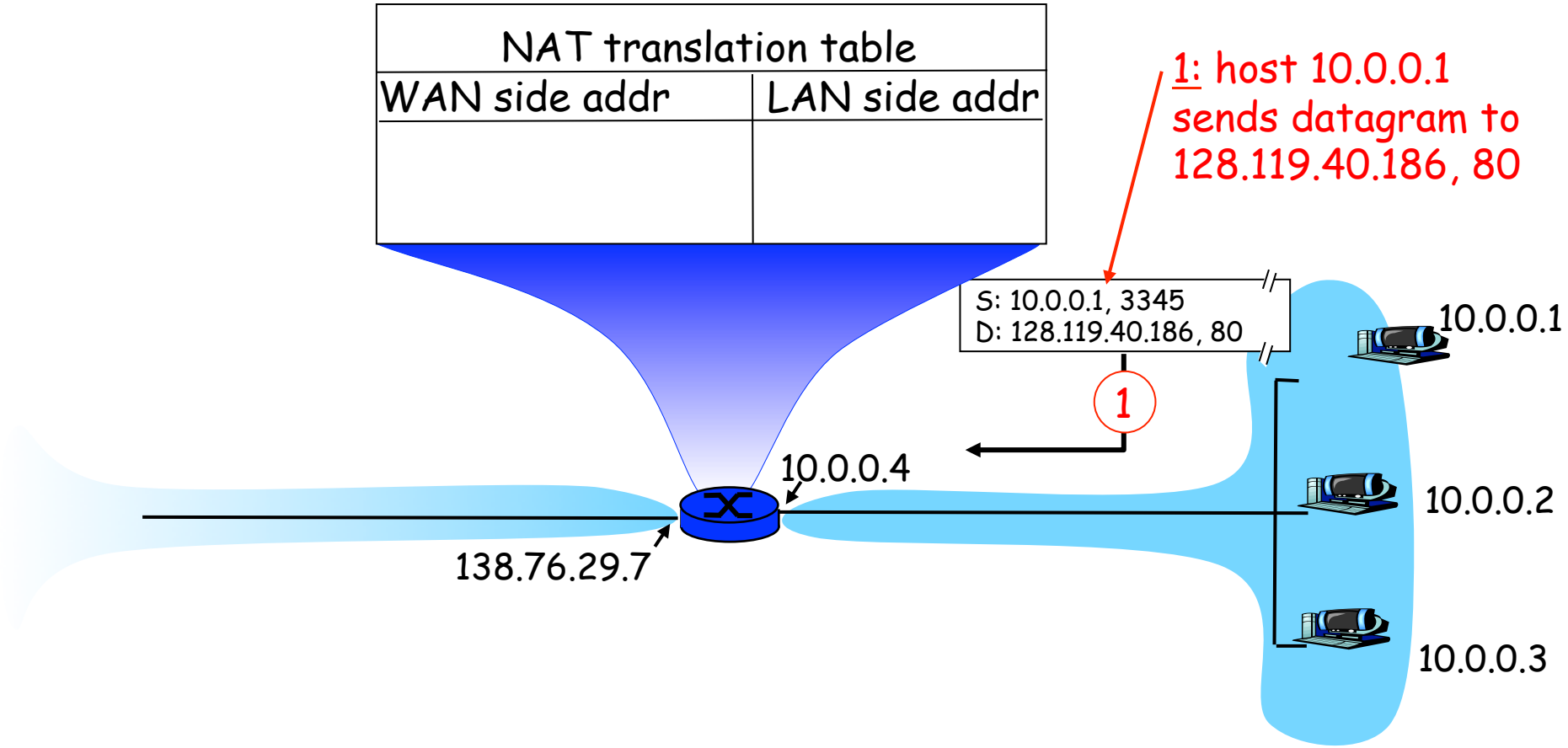
- *Datagramas de saída: trocar (IP de origem, # porta) de todos os datagramas para (end. IP NAT, novo # porta)*

  … clientes/servidores remotos respondem usando (IP NAT, novo # porta) como end. de destino
- *Lembrar (da tabela de tradução NAT) todo (end IP origem, # porta) para (end IP NAT, novo # porta) par de tradução*
- Datagramas de entrada: trocar (end IP NAT, novo # porta) no campo de destino *(IP de destino, # porta) armazenado na tabela*

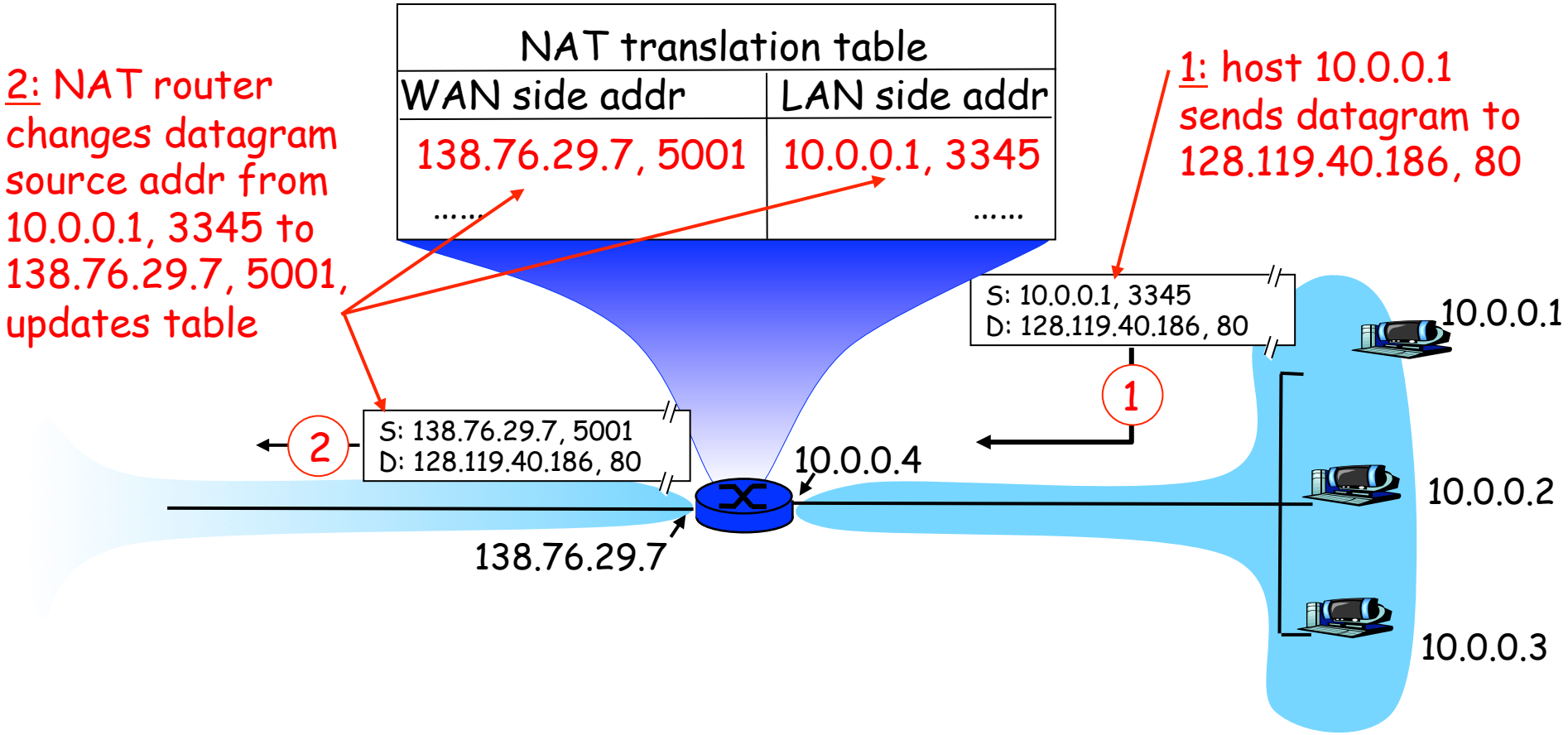
NAT: Network Address Translation



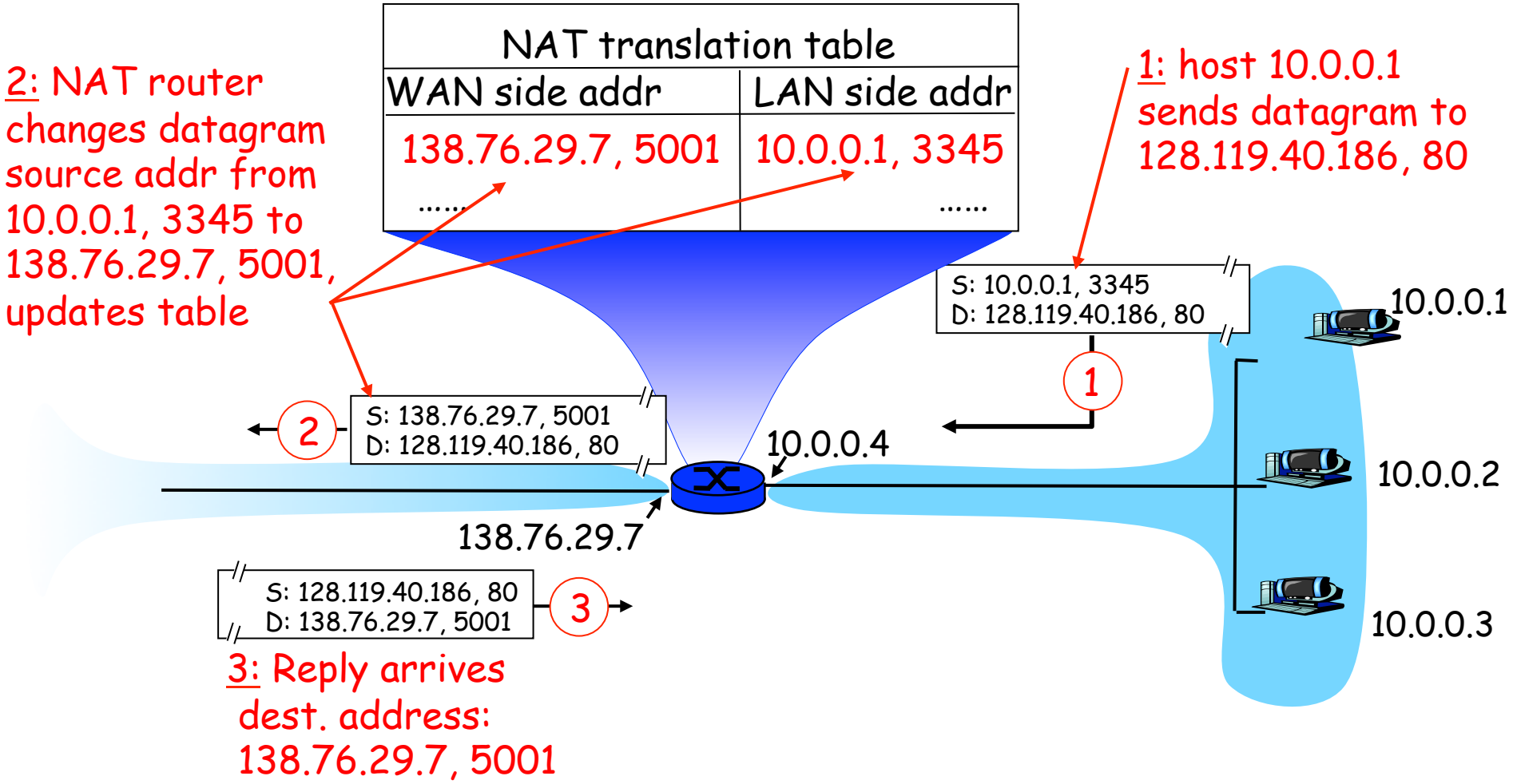
NAT: Network Address Translation



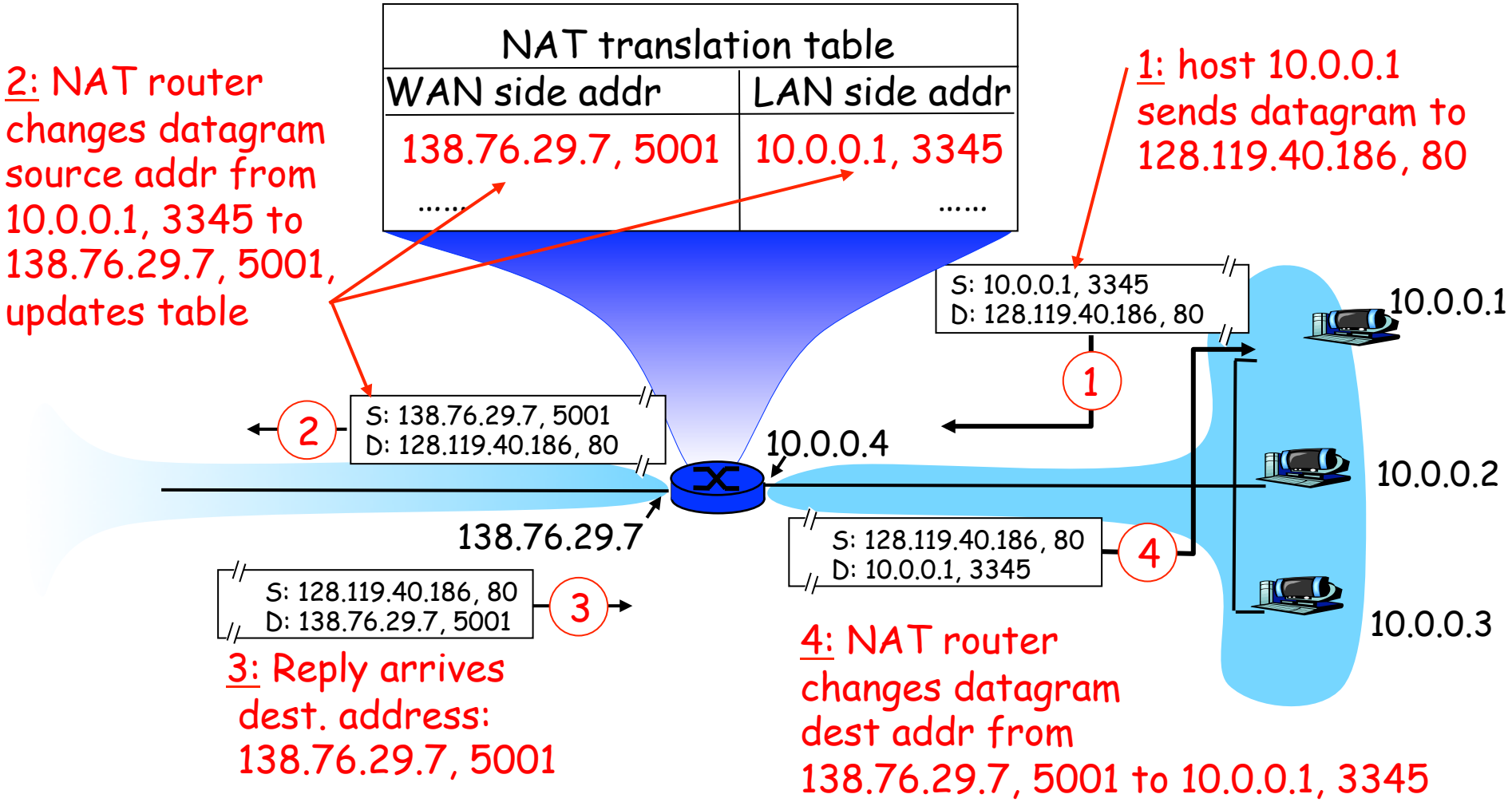
NAT: Network Address Translation



NAT: Network Address Translation



NAT: Network Address Translation



ICMP: Internet Control Message Protocol

- Usado por hosts e roteadores para troca de informações no nível de rede
  - Relatório de erros: Ex: host não alcançável
  - Echo request/reply (usado pelo ping)
- Msg ICMP é carregada dentro do datagrama IP
- ICMP mensagem: type, code + cabeçalho+ os primeiros 8 bytes do datagrama IP que causou o erro

Type	Code	description
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

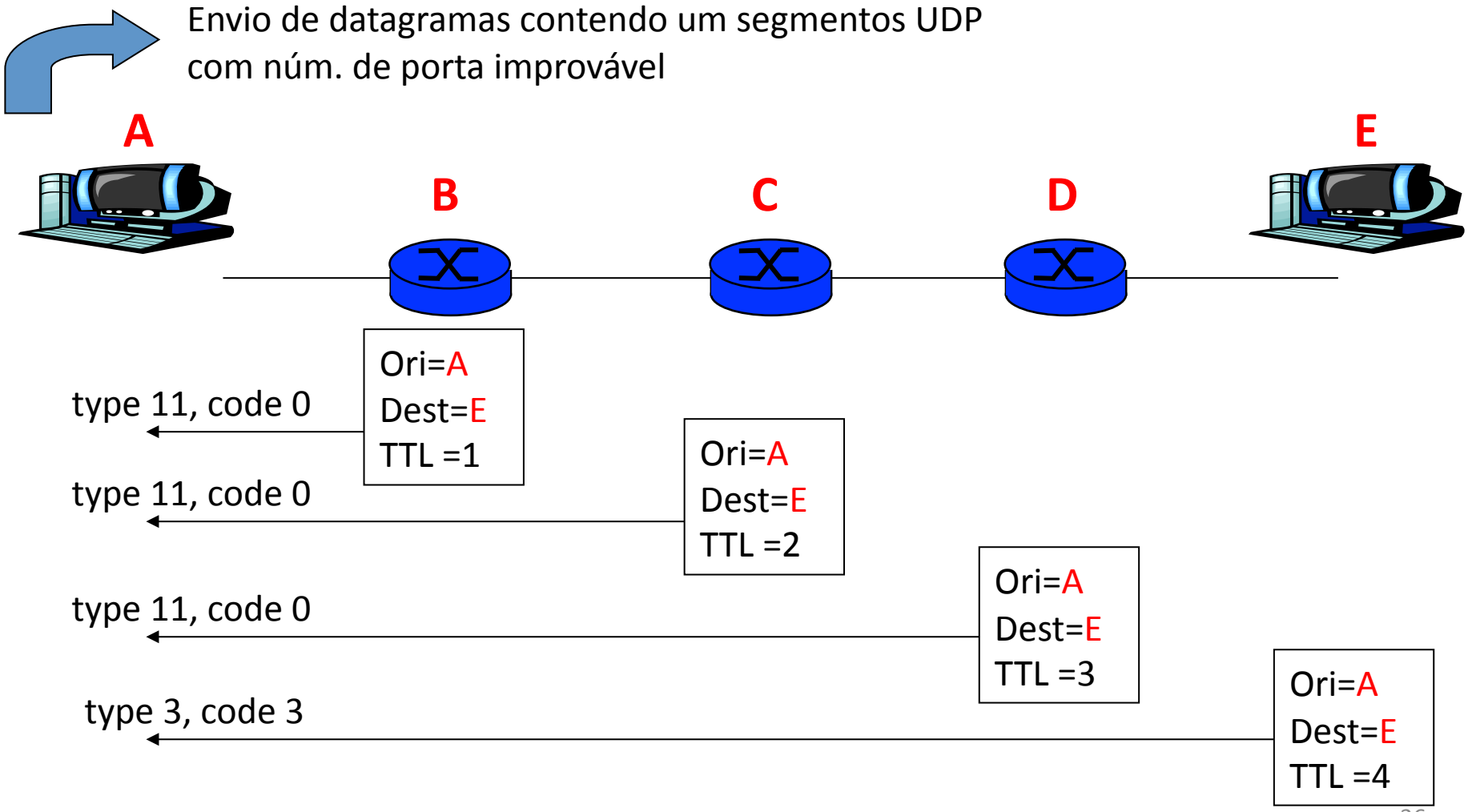
- Origem manda uma série de segmentos UDP para o destino
  - Primeiro tem TTL =1
  - Segundo tem TTL=2, etc.
  - Numero de porta inexistente
- Quando o nth datagrama atinge o nth roteador:
  - Roteador descarta o datagrama
  - E envia para a origem um mensagem ICMP (type 11, code 0)
  - Mensagem inclue nome e o end. IP do roteador

- Quando a mensagem ICMP chega no destino RTT é calculado

Critério de parada

- Um dos segmento UDP eventualmente chega no destino
- O datagrama é enviado com um porta improvável.
- Destino retorna ICMP “port unreachable” packet (type 3, code 3)

Traceroute


Envio de datagramas contendo um segmentos UDP
com núm. de porta improvável
A
B
C
D
E
Ori=A
Dest=E
TTL =1
type 11, code 0
Ori=A
Dest=E
TTL =2
type 11, code 0
Ori=A
Dest=E
TTL =3
type 11, code 0
Ori=A
Dest=E
TTL =4
type 3, code 3