Redes de computadores II

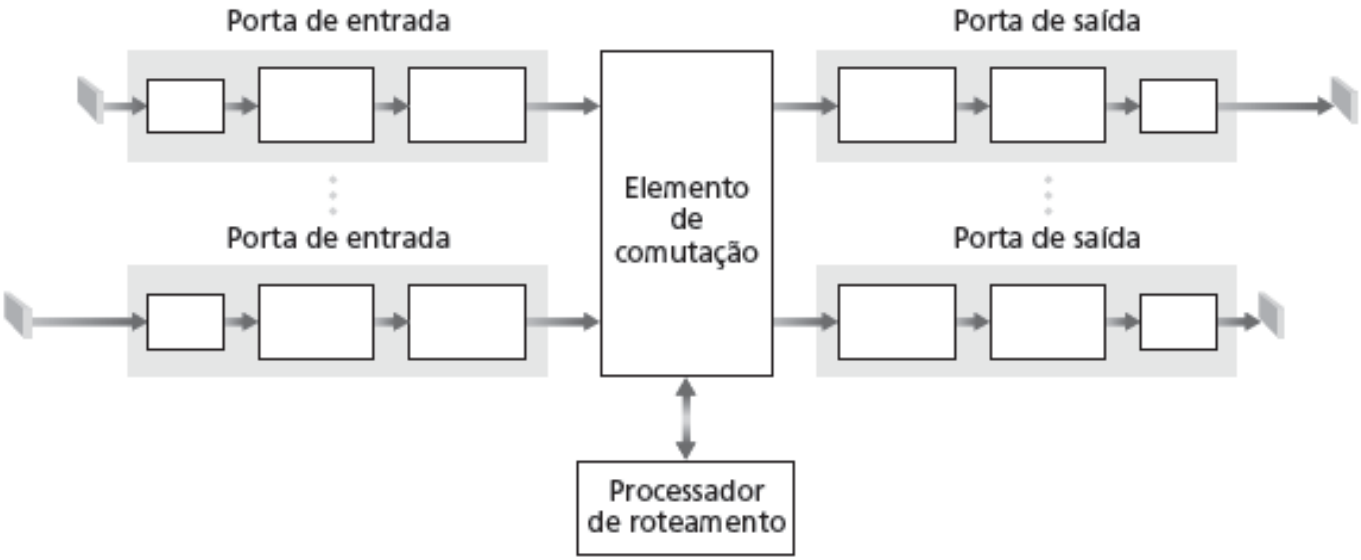
Aula 02 – Roteadores e Endereçamento IP.

Prof. Felipe Leite Lobo
felipe.lobo@ufrr.br

Visão geral da arquitetura do roteador

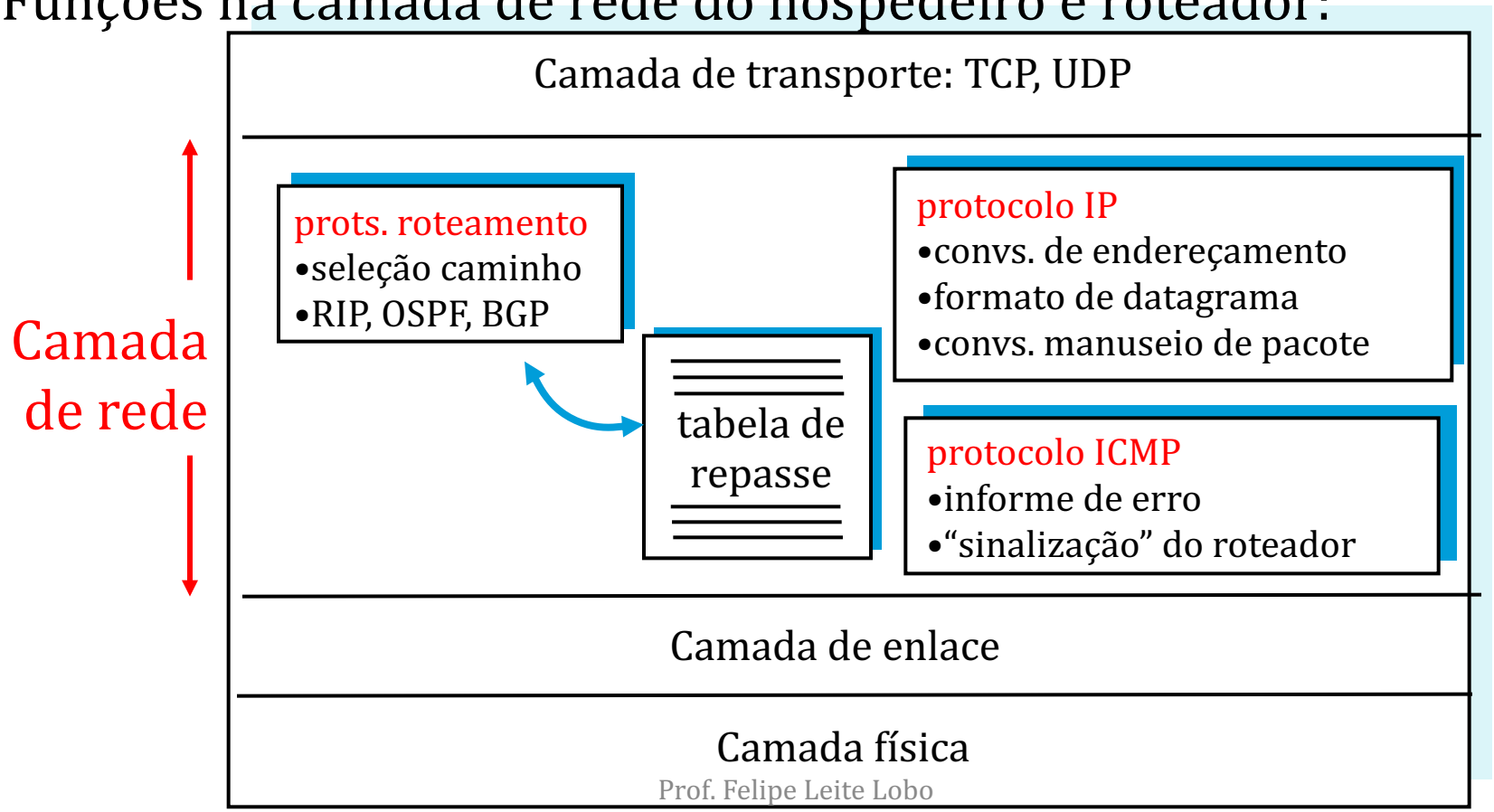
Duas funções principais do roteador:

- executar algoritmos/protocolo de roteamento (RIP, OSPF, BGP)
- *repassar* datagramas do enlace de entrada para saída



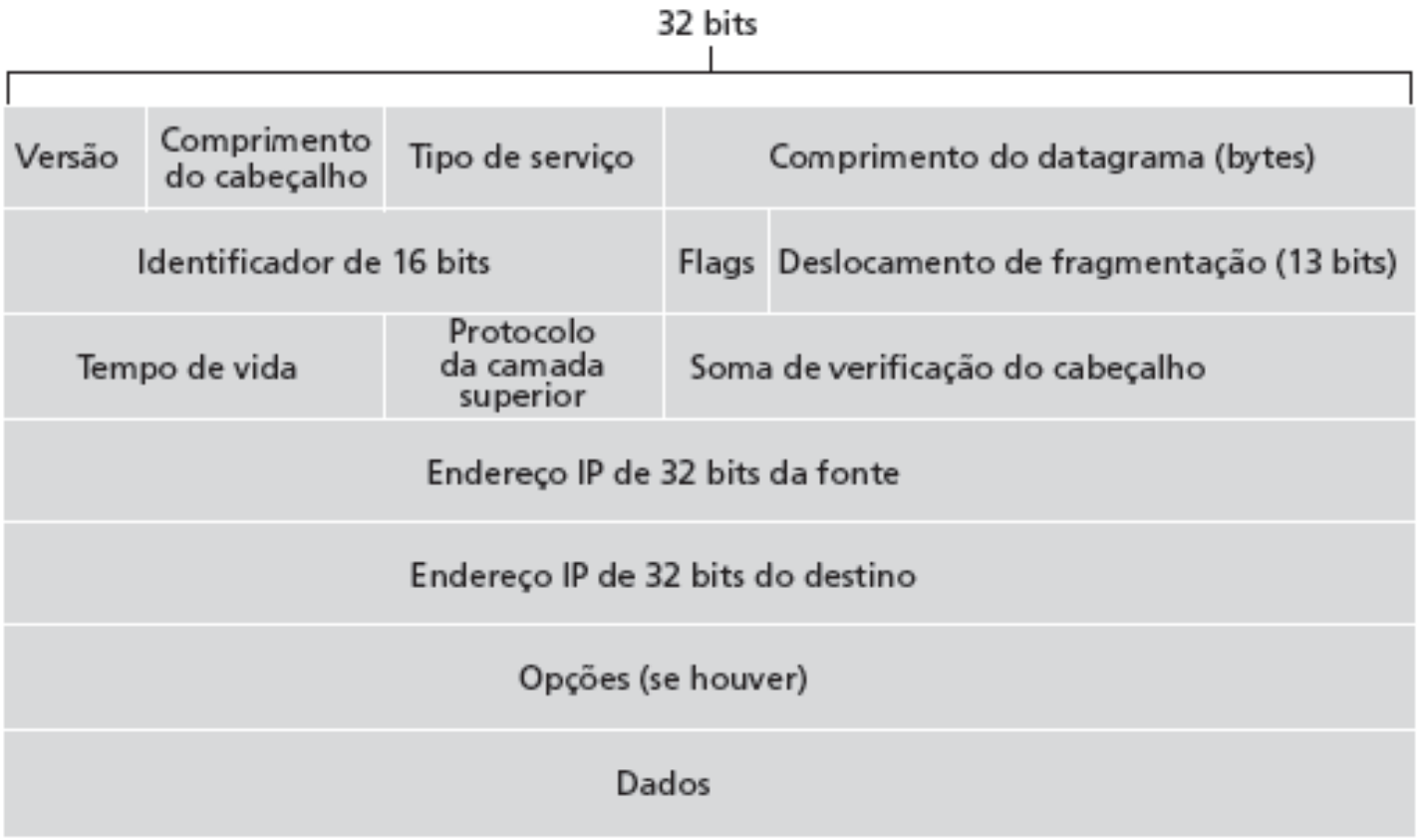
A camada de rede da Internet

Funções na camada de rede do hospedeiro e roteador:



Prof. Felipe Leite Lobo
felipe.lobo@ufrr.br

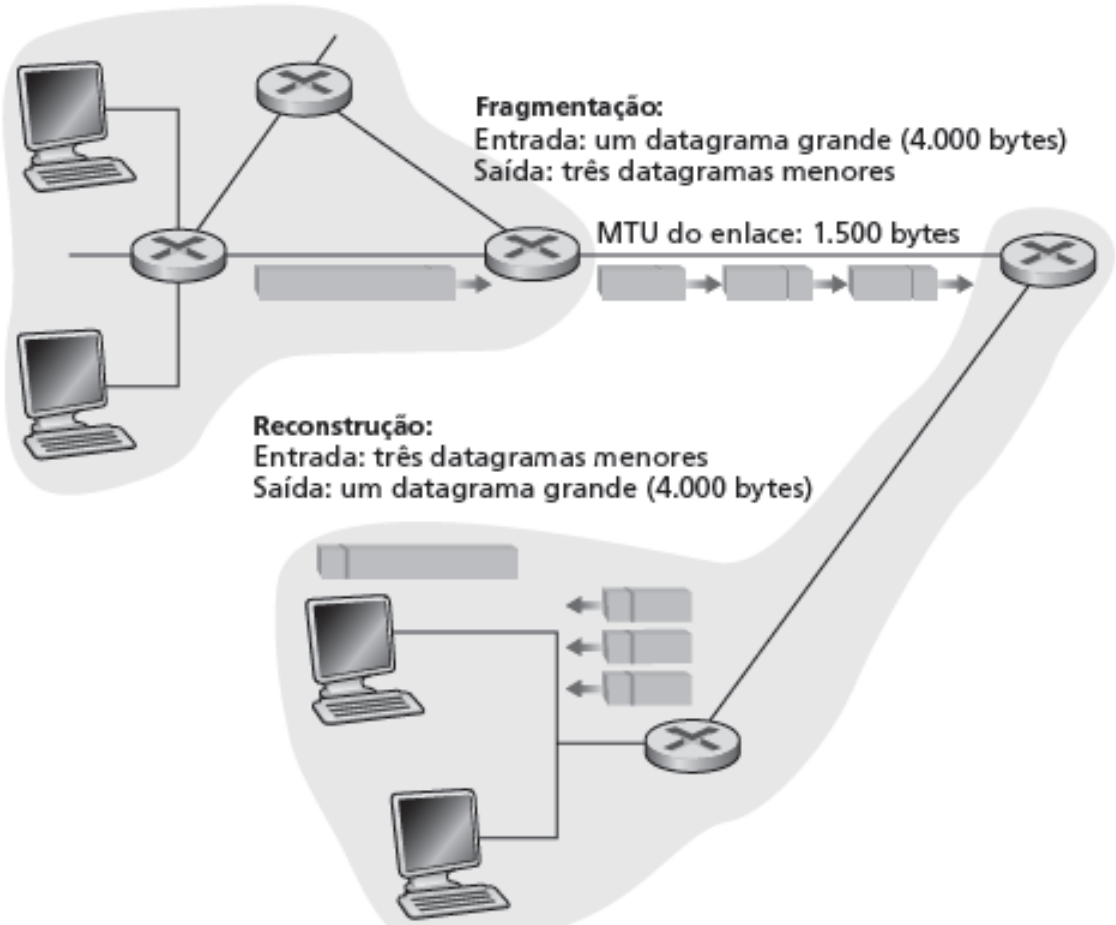
Formato do datagrama IPv4



Fragmentação e reconstrução do IP

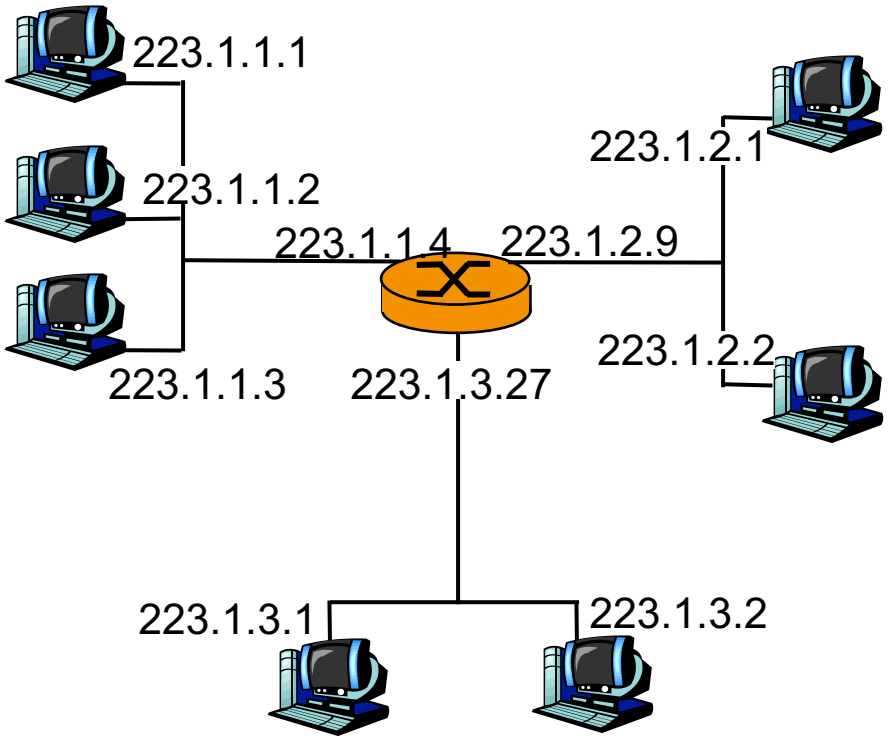
- enlaces de rede têm MTU (unidade máxima de transferência) – maior quadro em nível de enlace possível.
  - diferentes tipos de enlace, diferentes MTUs ;
- grande datagrama IP dividido (“fragmentado”) dentro da rede;
  - um datagrama torna-se vários datagramas;
  - “reconstruído” somente no destino final;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

Fragmentação e reconstrução do IP



Endereçamento IPv4

- 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;

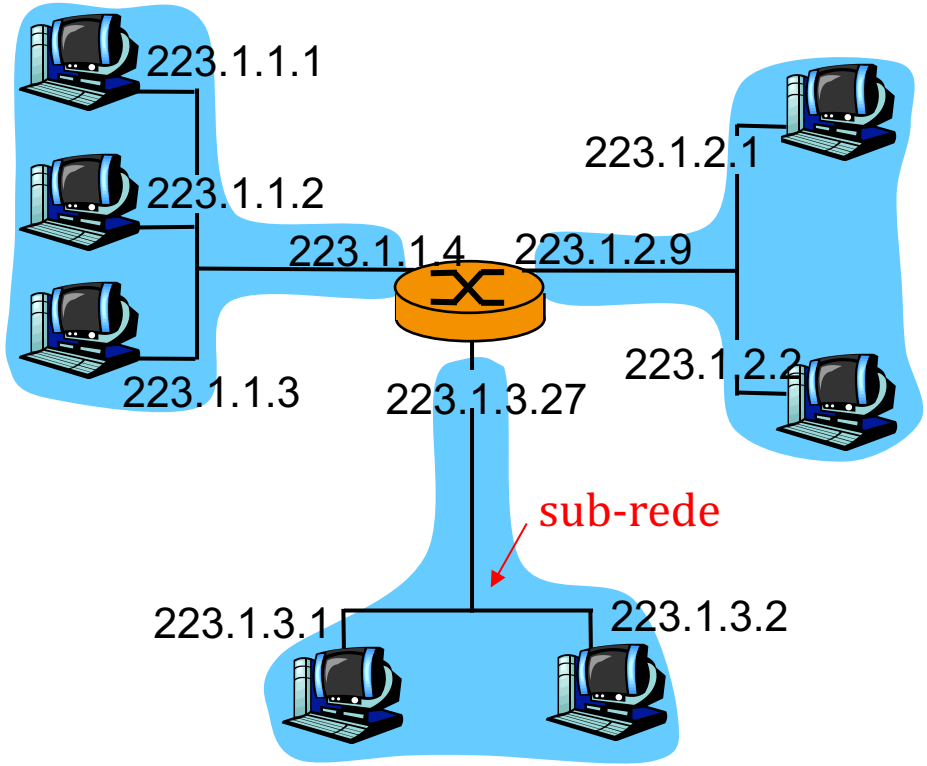


223.1.1.1 = 11011111 00000001 00000001 00000001

223 1 1 1

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;

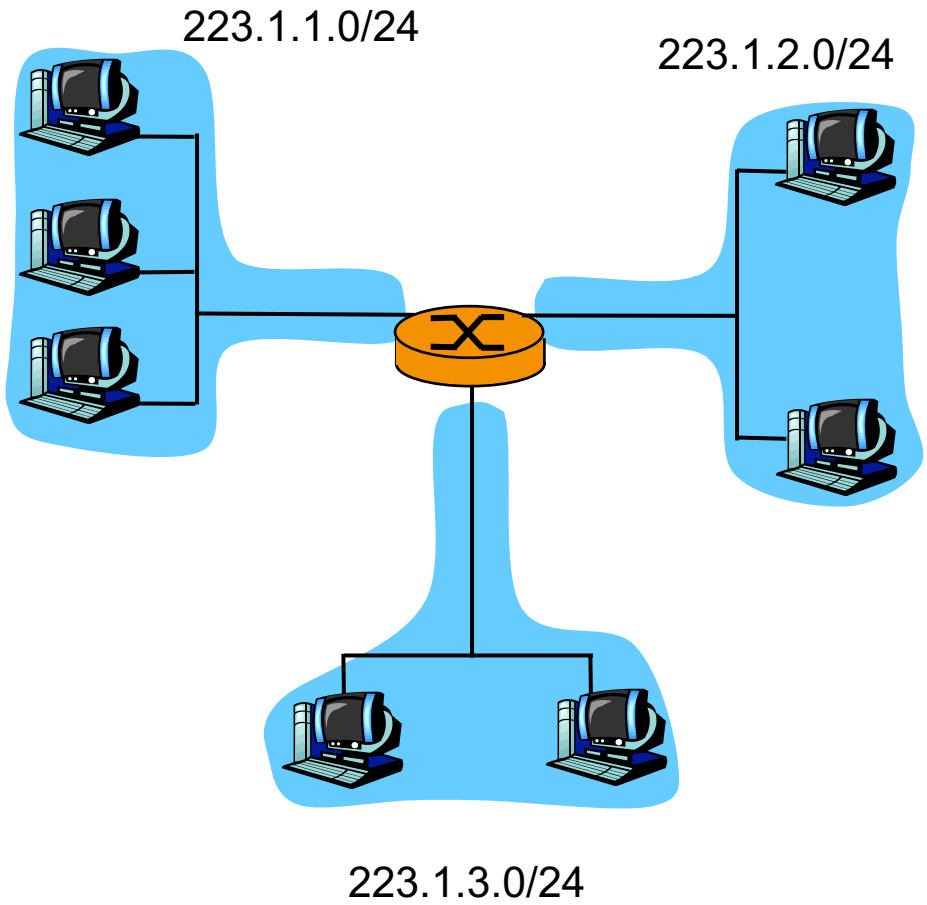


rede consistindo em 3 sub-redes

Sub-redes

Receita (Conceito)

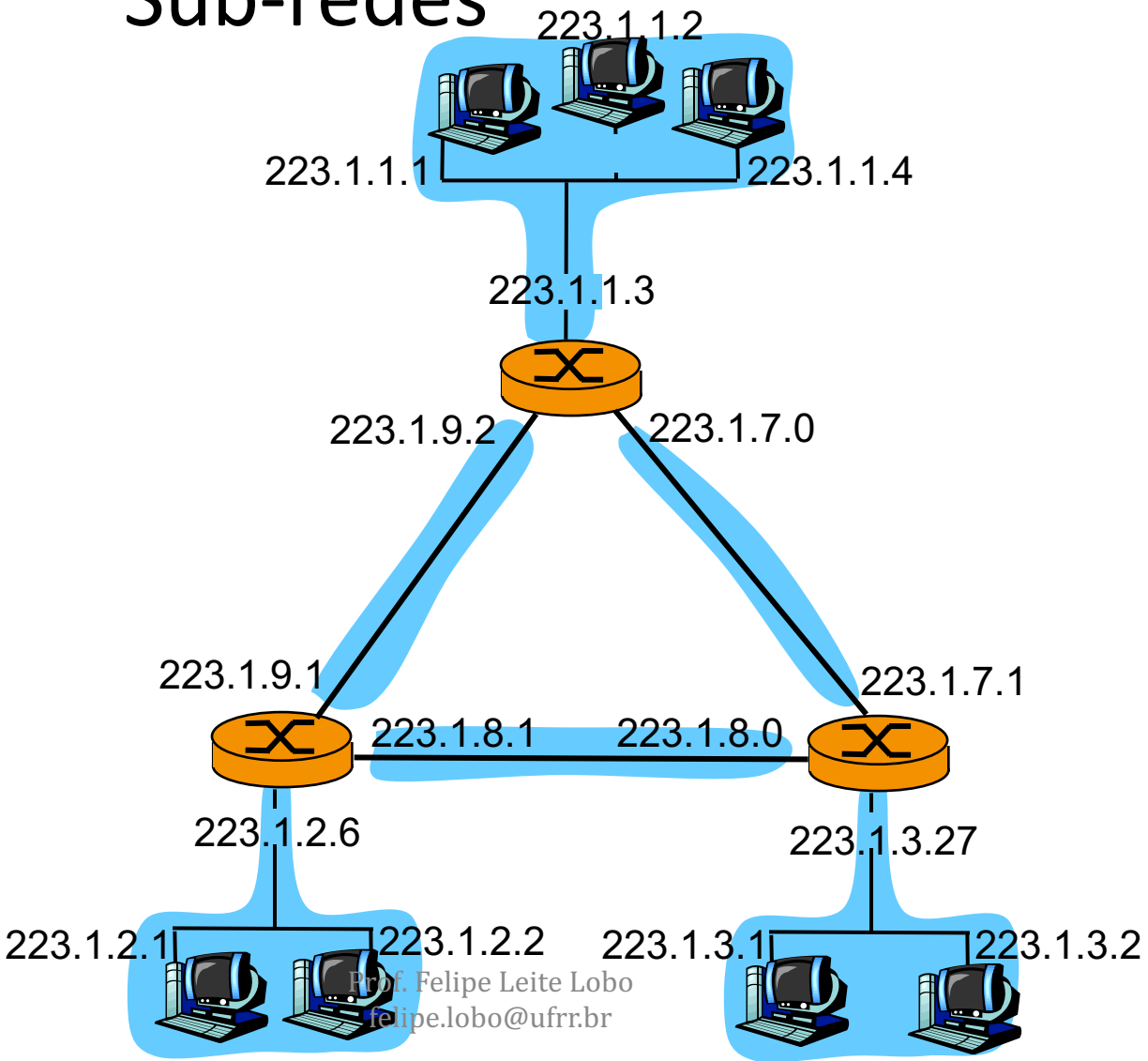
- para determinar as sub-redes, destaque cada interface de seu hospedeiro ou roteador, criando ilhas de redes isoladas. Cada rede isolada é denominada sub-rede.



Máscara de sub-rede: /24

Sub-redes

Quantas?



Classes de endereçamento IP

- Classe A:
  - Endereço da rede: a.0.0.0
  - Endereço de broadcast: a.255.255.255
  - Primeiro *bit* setado : 0 -> 1.xxx.xxx.xxx até 126.xxx.xxx.xxx
- Classe B:
  - Endereço da rede: a.b.0.0
  - Endereço de broadcast: a.b.255.255
  - Dois primeiros *bits* setados: 10 -> 128.0.xxx.xxx até 191.255.xxx.xxx
- Classe C:
  - Endereço da rede: a.b.c.0
  - Endereço de broadcast: a.b.c.255
  - Três primeiros *bits* setados: 110 -> 192.0.0.xxx até 223.255.255.xxx

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 o número de bits na parte de sub-rede do endereço;

200.23.16.0/23

Endereços IP: como obter um?

P: Como um *hospedeiro* obtém endereço IP?

- fornecido pelo administrador do sistema em um arquivo:
  - Windows: painel de controle->rede ->configuração->tcp/ip->propriedades
  - UBUNTU: /etc/network/interfaces
- DHCP: Dynamic Host Configuration Protocol: recebe endereço dinamicamente do servidor:
  - “plug-and-play” ;

DHCP: Dynamic Host Configuration Protocol

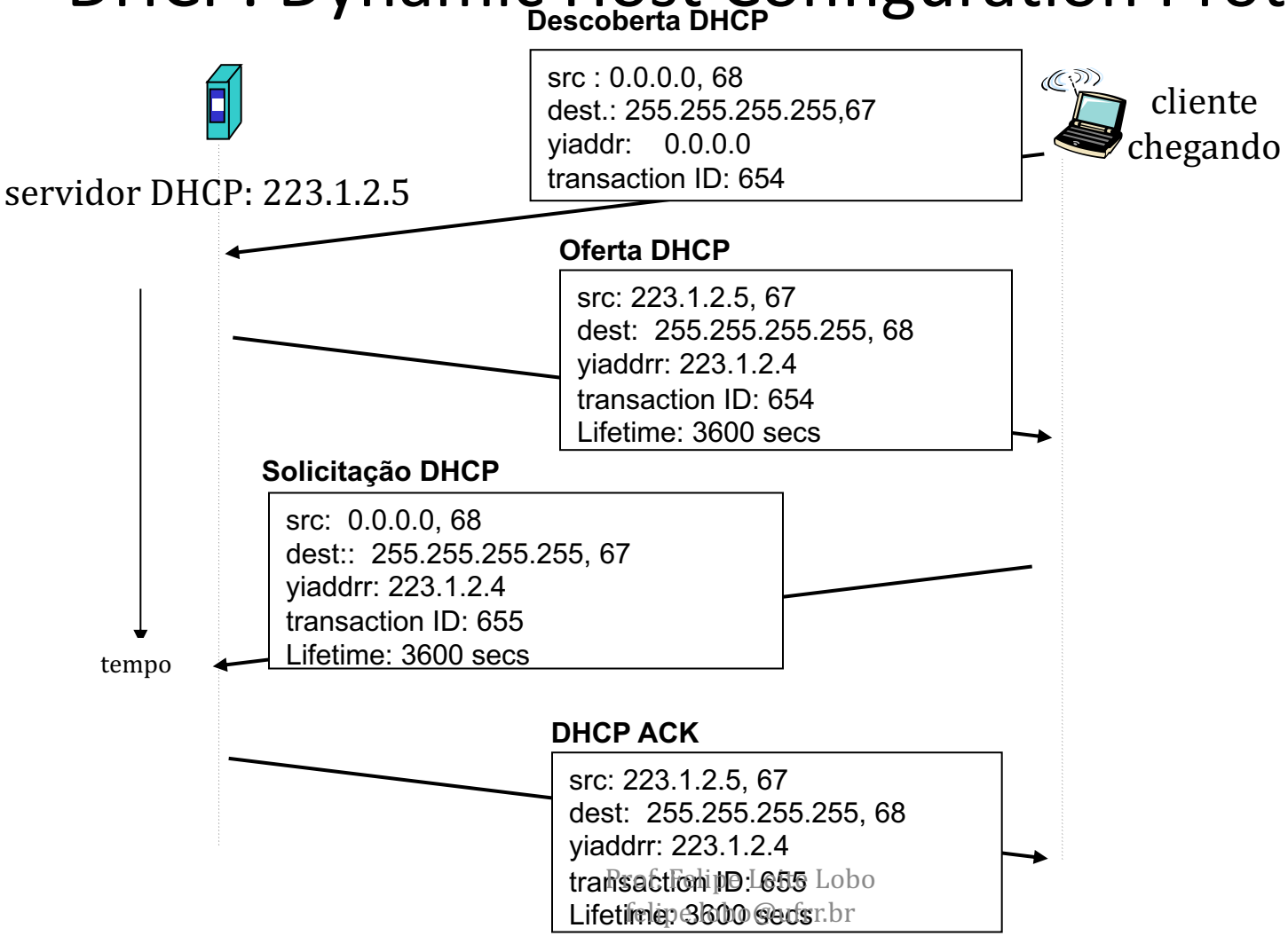
Objetivo: permitir que o hospedeiro obtenha *dinamicamente* seu endereço IP do servidor de rede quando se conectar à rede:

- 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"
- servidor DHCP responde com msg "DHCP offer"
- hospedeiro requer endereço IP: msg "DHCP request"
- servidor DHCP envia endereço: msg "DHCP ack"

DHCP: Dynamic Host Configuration Protocol

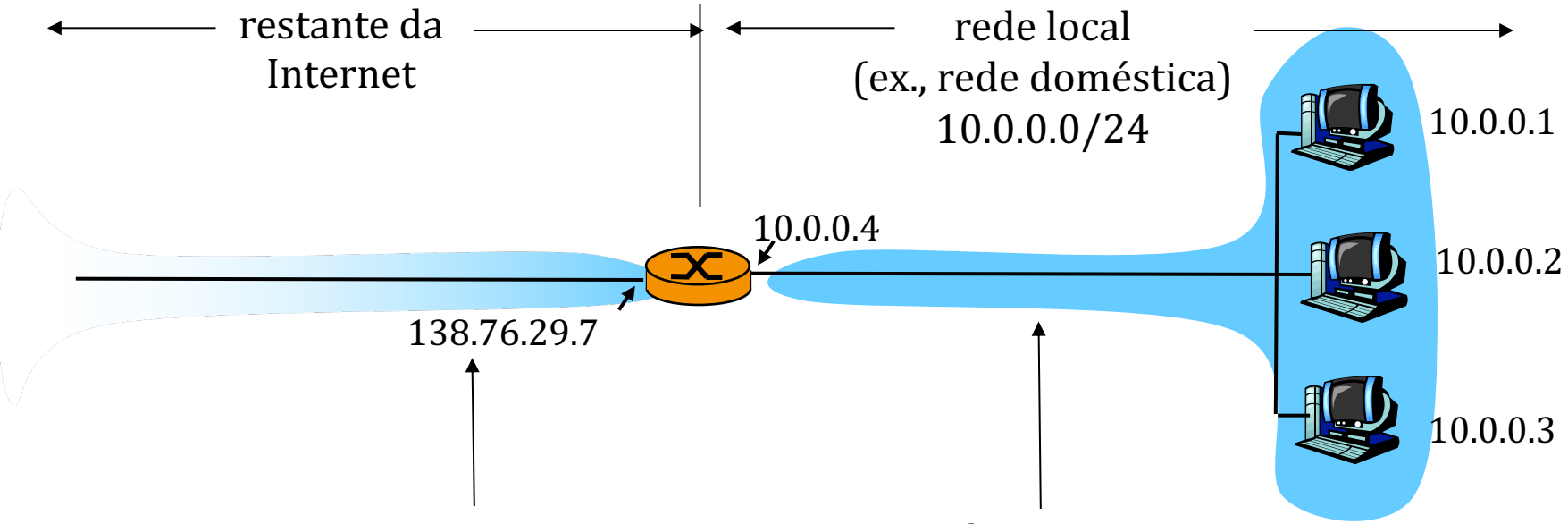


DHCP: mais do que endereço IP

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);

NAT: Network Address Translation



todos os datagramas *saindo* da rede local têm mesmo endereço IP NAT de origem: 138.76.29.7, mas diferentes números de porta de origem

datagramas com origem ou destino nesta rede têm endereço 10.0.0/24 para origem/destino (como sempre)

NAT: Network Address Translation

- motivação: rede local usa apenas um endereço IP no que se refere ao mundo exterior:
  - intervalo de endereços não necessário pelo ISP (***Internet Service Provider***): apenas um endereço IP para todos os dispositivos;
  - pode mudar os endereços dos dispositivos na rede local sem notificar o mundo exterior;
  - pode mudar de ISP sem alterar os endereços dos dispositivos na rede local;
  - dispositivos dentro da rede local não precisam ser explicitamente endereçáveis ou visíveis pelo mundo exterior (uma questão de segurança).

NAT: Network Address Translation

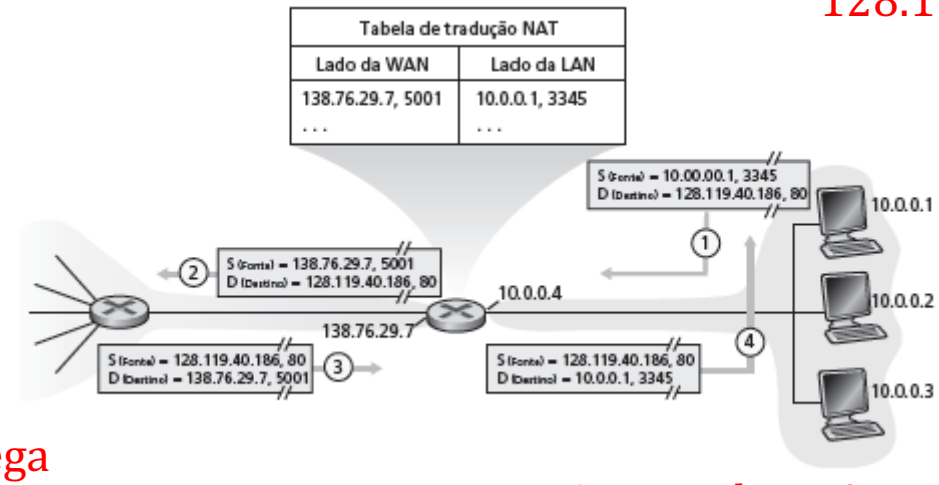
Implementação: roteador NAT deve:

- *enviando datagramas: substituir* (endereço IP de origem, número da porta) de cada datagrama saindo por (endereço IP da NAT, novo número de porta)
  - clientes/servidores remotos responderão usando (endereço IP da NAT, novo número de porta) como endereço de destino;
- *lembrar (na tabela de tradução NAT)* de cada par de tradução (endereço IP de origem, número da porta) para (endereço IP da NAT, novo número de porta)
- *recebendo datagramas: substituir* (endereço IP da NAT, novo número de porta) nos campos de destino de cada datagrama chegando por (endereço IP origem, número da porta) correspondente, armazenado na tabela NAT

NAT: Network Address Translation

2: roteador NAT muda endereço de origem do datagrama de 10.0.0.1, 3345 para 138.76.29.7, 5001, atualiza tabela

1: hospedeiro 10.0.0.1 envia datagrama para 128.119.40.186, 80



3: Resposta chega endereço destino: 138.76.29.7, 5001

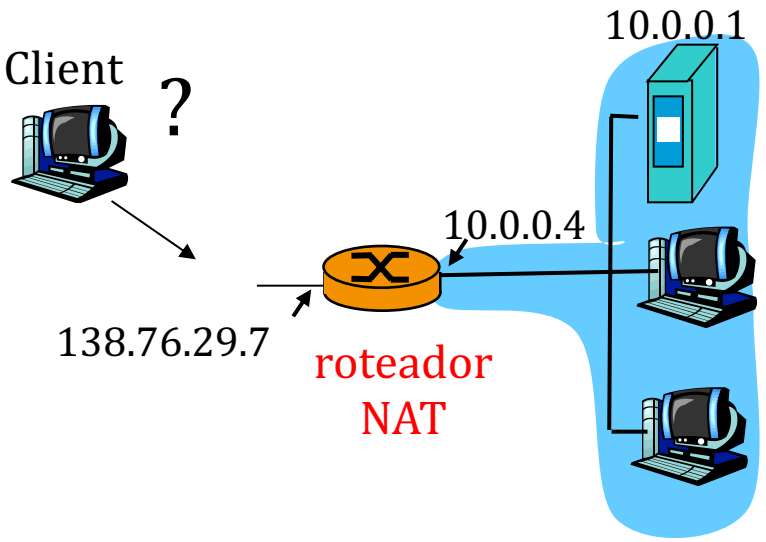
4: roteador NAT muda endereço de destino do datagrama de 138.76.29.7, 5001 para 10.0.0.1, 3345

NAT: Network Address Translation

- campo de número de porta de 16 bits:
  - 60.000 conexões simultâneas com um único endereço no lado da LAN!
- NAT é controvertido:
  - Finalidade do número de porta é de endereçar processos e não hosts;
  - roteadores só devem processar até a camada 3;
  - viola argumento de fim a fim
    - a possibilidade de NAT deve ser levada em conta pelos projetistas da aplicação, p. e., aplicações P2P
  - a falta de endereços deverá ser resolvida pelo IPv6

Problema da travessia da NAT

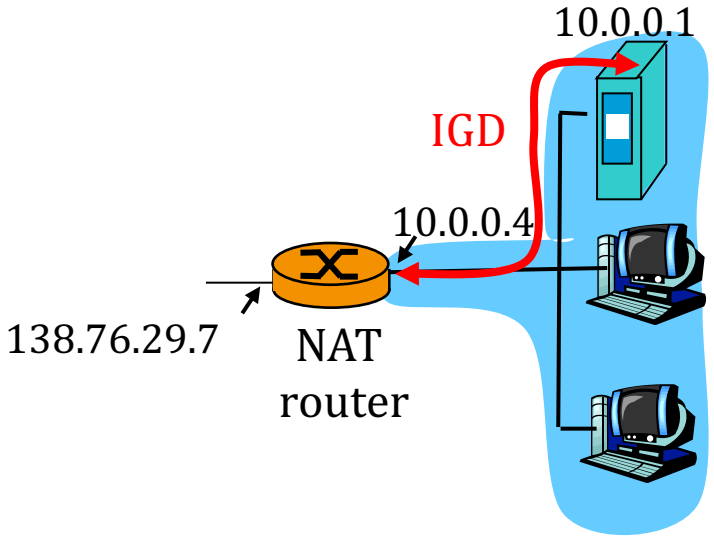
- cliente quer se conectar ao servidor com endereço 10.0.0.1
  - endereço do servidor 10.0.0.1 local à LAN (cliente não pode usá-lo como endereço destino)
  - apenas um endereço NAT visível externamente: 138.76.29.7



- solução 1: configure a NAT estaticamente para repassar as solicitações de conexão que chegam a determinada porta ao servidor
  - Ex., (123.76.29.7, porta 2500) sempre repassado para 10.0.0.1 porta 25000

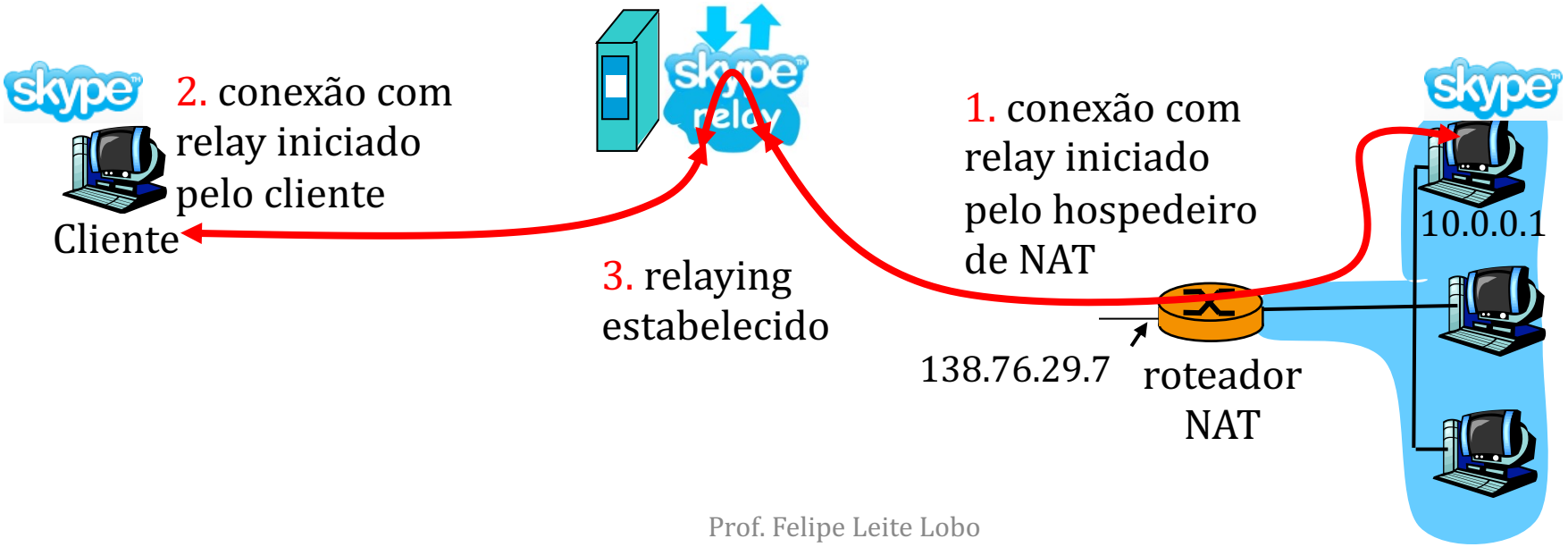
Problema da travessia da NAT

- Solução 2: Universal Plug and Play (UPnP) Internet Gateway Device (IGD) Protocol. Permite que o hospedeiro com NAT:
  - descubra endereço IP público (138.76.29.7);
  - inclua/remova mapeamentos de porta (com tempos de posse);
  - ou seja, automatizar configuração estática do mapa de porta NAT;



Problema da travessia da NAT

- solução 3: repasse (usado no Skype)
  - cliente com NAT estabelece conexão com repasse
  - cliente externo se conecta ao repasse
  - repasse liga pacotes entre duas conexões



ICMP: Internet Control Message Protocol

- usado por hosts/roteadores para comunicar informações em nível de rede
  - relato de erro: hospedeiro, rede, porta, protocolo inalcançável
  - eco de solicitação/ resposta (usado por ping);
- camada de rede "acima" do IP:
  - mensagens ICMP transportadas em datagramas IP;

Tipo ICMP	Código	Descrição
0	0	resposta de eco (para *ping*)
3	0	rede de destino inalcançável
3	1	hospedeiro de destino inalcançável
3	2	protocolo de destino inalcançável
3	3	porta de destino inalcançável
3	6	rede de destino desconhecida
3	7	hospedeiro de destino desconhecido
4	0	repressão da origem (controle de congestionamento)
8	0	solicitação de eco
9	0	anúncio do roteador
10	0	descoberta do roteador
11	0	TTL expirado
12	0	cabeçalho IP inválido

Traceroute e ICMP

- origem envia série de segmentos UDP ao destino
  - primeiro tem TTL = 1
  - segundo tem TTL = 2 etc.
  - número de porta improvável
- quando nº datagrama chegar no nº roteador:
  - roteador descarta datagrama
  - e envia à origem uma msg ICMP (tipo 11, código 0)
  - mensagem inclui nome do roteador e endereço IP

- quando a mensagem ICMP chega, origem calcula RTT
- traceroute faz isso 3 vezes

Critério de término

- segmento UDP por fim chega no hospedeiro de destino
- destino retorna pacote ICMP "host inalcançável" (tipo 3, código 3)
- quando origem recebe esse ICMP, termina.

ARP (*Address Resolution Protocol*)

- a troca de dados entre dispositivos IP é efetuada através do endereço MAC - *Media Access Control*, ou endereço *Ethernet*.
- Na construção do datagrama, a aplicação sabe os endereços MAC e IP da origem, mas somente o endereço IP do destino;
- ARP faz um *broadcast* no segmento de rede perguntando qual é o endereço MAC do dispositivo que tem um certo IP;
- O dispositivo com o endereço IP de destino responde em broadcast com seu endereço MAC, e então a origem envia o quadro *(frame)* ao destino;

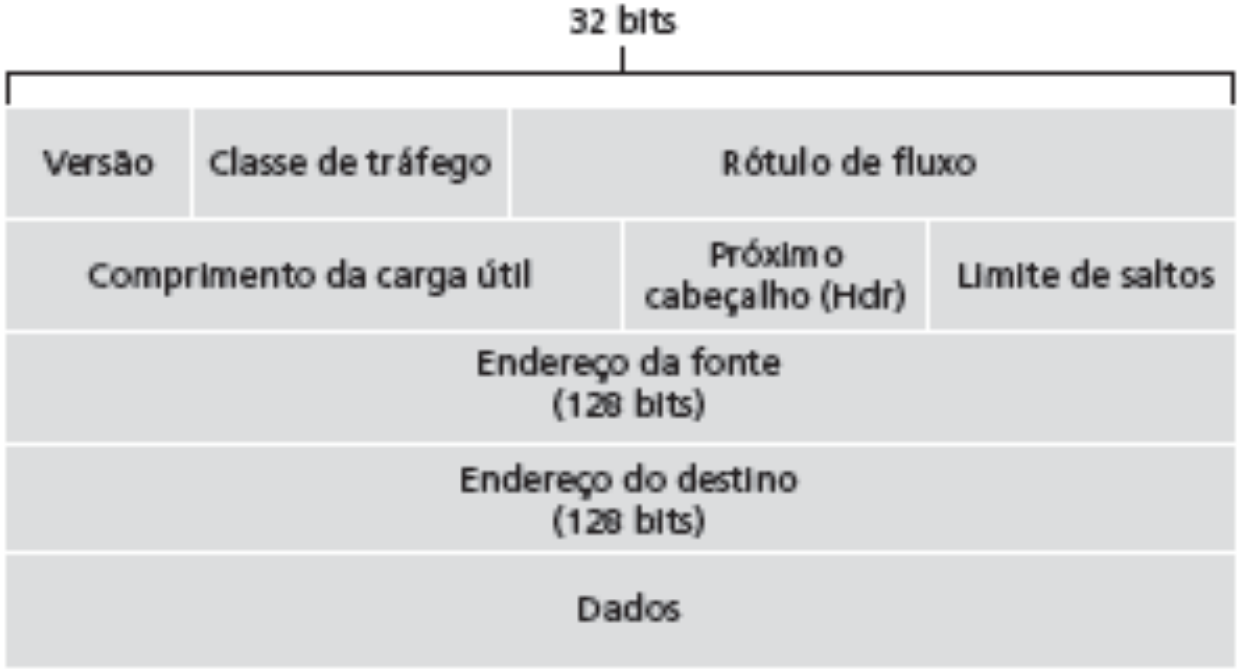
IPv6

- motivação inicial: espaço de endereço de 32 bits logo estará completamente alocado;
- motivação adicional:
  - formato de cabeçalho ajuda a agilizar processamento e repasse;
  - mudanças para facilitar QoS;

  formato de datagrama IPv6:
  - cabeçalho de 40 bytes de tamanho fixo;
  - fragmentação não permitida;

Cabeçalho IPv6

prioridade: identificar prioridade entre datagramas no fluxo;
rótulo de fluxo: identificar datagramas no mesmo "fluxo." (conceito de "fluxo" não bem definido);
Próximo cabeçalho: identificar protocolo da camada superior para dados;



Outras mudanças do IPv4

- *soma de verificação*: removida inteiramente para reduzir tempo de processamento em cada salto;
- *opções:* permitidas, mas fora do cabeçalho, indicadas pelo campo de "Próximo Cabeçalho";
- *ICMPv6:* nova versão do ICMP
  - tipos de mensagem adicionais, Ex. "Pacote Muito Grande"
  - funções de gerenciamento de grupo *multicast*;

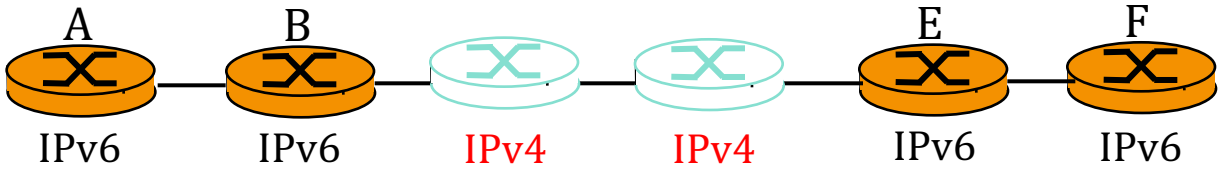
Transição de IPv4 para IPv6

- nem todos os roteadores podem ser atualizados simultaneamente:
  - sem "dia de conversão";
  - como a rede operará com roteadores IPv4 e IPv6 misturados?
- *implantação de túnel:* IPv6 transportado como carga útil no datagrama IPv4 entre roteadores IPv4;

Implantação de túnel

Visão lógica:

Visão física:



Implantação de túnel

Visão lógica:

Visão física: