



UNIVERSIDADE DE
VASSOURAS



UNIVERSIDADE DE VASSOURAS

Curso de Graduação em Engenharia de Software

Aula 12

Redes de Computadores



Prof. André Saraiva

Mestre em Sistemas de Computação

Especialista em Arquitetura e Projeto de Cloud Computing

Analista Sênior Blue Team em Cibersegurança pela Kimoshiro

Tutor EaD pela Universidade Federal Fluminense - UFF

Rede de Computadores

📍 Nova Camada

Camada de Rede

Rede de Computadores

📍 Camada de Rede

- Transporta segmento do *host de origem* ao *host de destino*.
- No lado transmissor, encapsula segmentos em **datagramas**.
- No lado receptor, entrega segmentos à camada de transporte.
- **Protocolos da camada de rede atuam em todos os nós (roteadores, hosts).**
- Roteador examina campos de cabeçalho em todos os datagramas IP que passam por ele

Rede de Computadores

📍 Camada de Rede

- **Encaminhamento:** mover pacotes da entrada para a saída de um roteador
- **Roteamento:** determina rota usada por pacote da origem ao destino.
- **Algoritmos de roteamento:** algoritmos responsáveis por determinar a melhor rota.
- **Analogia:**

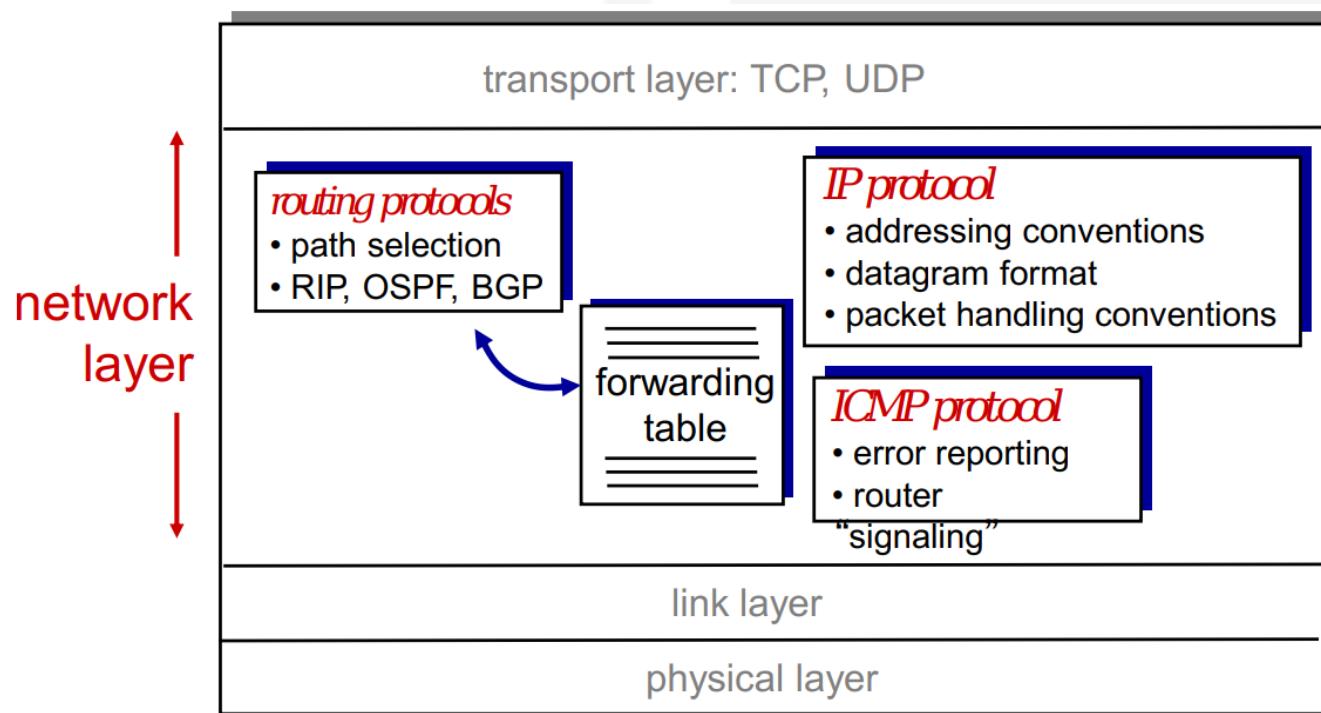
Roteamento: processo de planejar uma viagem da origem ao destino.

Encaminhamento: processo de realizar um trecho da viagem.

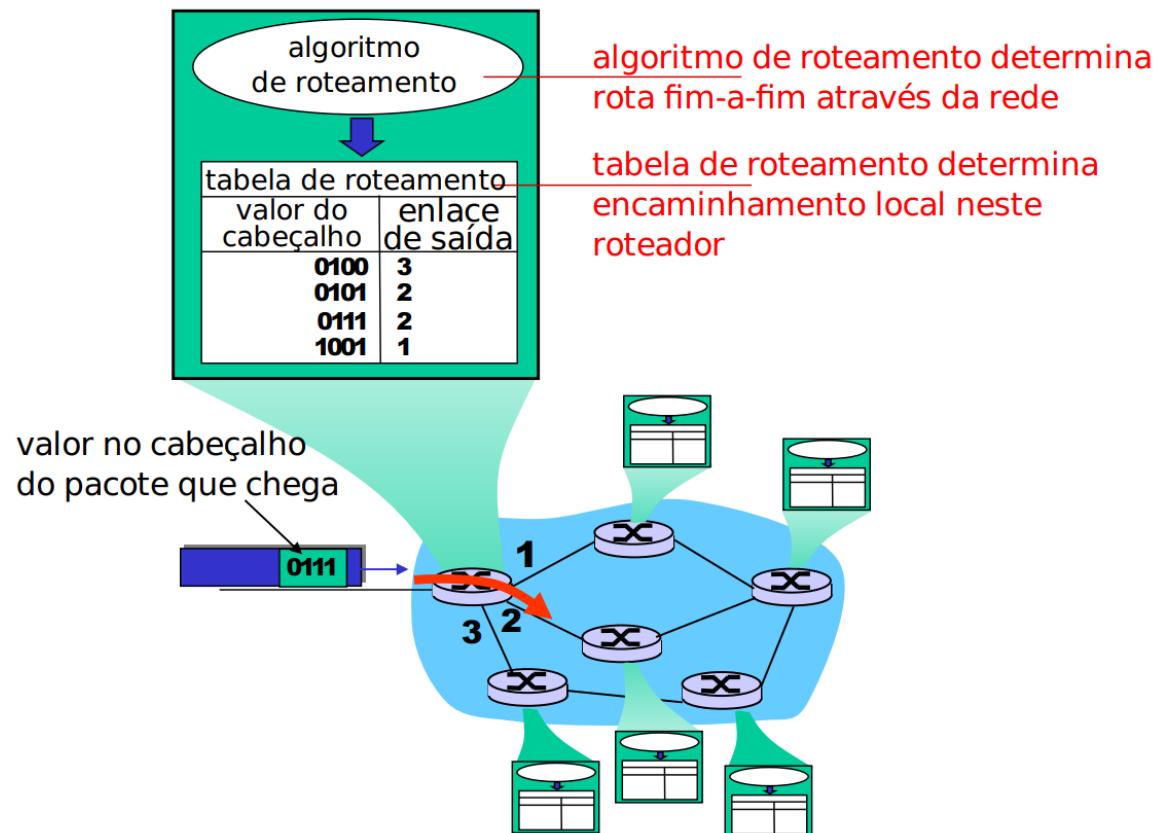
Rede de Computadores

 Camada de Rede na Internet

- Funções da camada de rede de hosts e roteadores



Rede de Computadores

 Camada de Rede

Rede de Computadores

📍 Camada de Rede

- Antes de iniciarem o fluxo de dados, *hosts* e roteadores intermediários estabelecem uma conexão virtual.
- **Roteadores participam do processo.**
- Serviço orientado a conexão na camada de rede vs. na camada de transporte:
 - **Rede:** conexão entre dois *hosts* (pode também envolver roteadores intermediários em caso de circuitos virtuais).
 - **Transporte:** entre dois processos.

Rede de Computadores

📍 Conexão Virtual (VC)

- Redes de **circuitos virtuais** proveem serviço orientado a conexão na camada de rede.
- Caminho fim-a-fim se comporta de maneira similar a circuito telefônico em termos de desempenho e ações da rede ao longo do caminho fim-a-fim
- Estabelecimento de chamada para cada conexão **antes** do fluxo de dados. Cada pacote carrega um **identificador de circuito virtual** (ou VC), ao invés de endereço do destinatário.
- Cada roteador no caminho fim-a-fim mantém “estado” para cada conexão passante.

Rede de Computadores

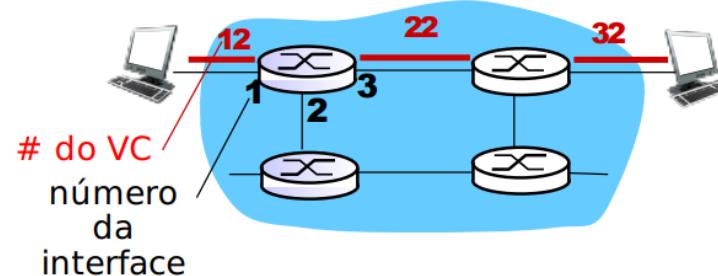
📍 Conexão Virtual (VC)

- Um VC consiste de:
 1. Caminho entre origem e destino.
 2. Número(s) de identificação, um para cada enlace no caminho.
 3. Entradas nas tabelas de roteamento nos roteadores do caminho.
- Pacote pertencente ao VC carrega o número do VC (ao invés do endereço do destinatário).
- Número do VC pode ser alterado a cada salto do caminho.
- Novo número do VC vem da tabela de roteamento.

Rede de Computadores

 Conexão Virtual (VC)

tabela de roteamento
no roteador de cima
à esquerda:

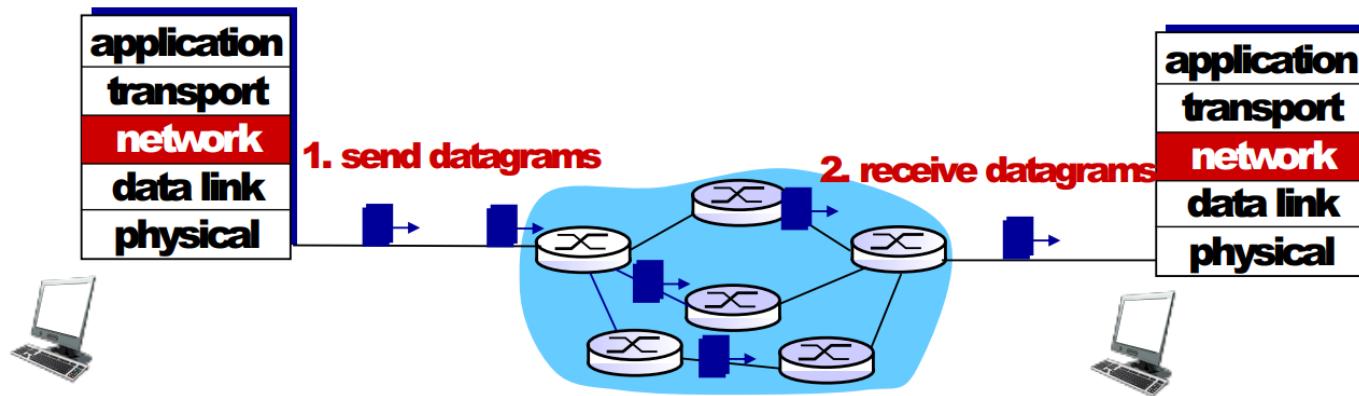


Interface de entrada	# VC de chegada	Interface de saída	# VC de saída
1	12	3	22
2	63	1	18
3	7	2	17
1	97	3	87
...

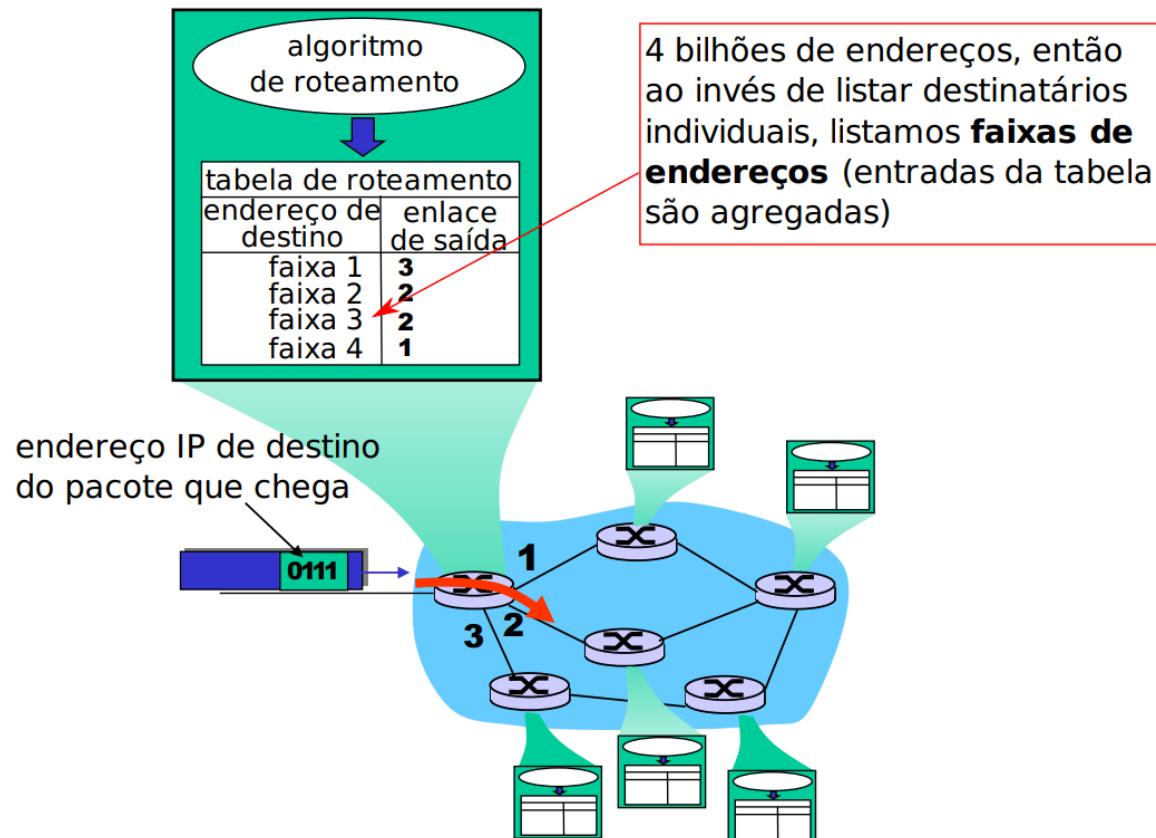
Rede de Computadores

 Rede de Datagramas

- Sem estabelecimento de conexão na camada de rede.
- Roteadores: sem estado sobre conexões fim-a-fim.
 - Não há o conceito de “conexão” no nível da rede.
- Pacotes encaminhados usando o endereço de destino do host.



Rede de Computadores

 Rede de Datagramas: Tabela de Roteamento

Rede de Computadores

 Rede de Datagramas: Tabela de Roteamento

Faixa de Endereços de Destino	Enlace
11001000 00010111 00010000 00000000 até 11001000 00010111 00010111 11111111	0
11001000 00010111 00011000 00000000 até 11001000 00010111 00011000 11111111	1
11001000 00010111 00011001 00000000 até 11001000 00010111 00011111 11111111	2
Caso contrário	3

Rede de Computadores

 Rede de Datagramas: Tabela de Roteamento

200.23.16.0
até
200.23.23.255

Faixa de Endereços de Destino	Enlace
11001000 00010111 00010000 00000000 até 11001000 00010111 00010111 11111111	0
11001000 00010111 00011000 00000000 até 11001000 00010111 00011000 11111111	1
11001000 00010111 00011001 00000000 até 11001000 00010111 00011111 11111111	2
Caso contrário	3

Rede de Computadores

 Rede de Datagramas: Tabela de Roteamento

Faixa de Endereços de Destino	Enlace
11001000 00010111 00010000 00000000 até 11001000 00010111 00010111 11111111	0
11001000 00010111 00011000 00000000 até 11001000 00010111 00011000 11111111	1
11001000 00010111 00011001 00000000 até 11001000 00010111 00011111 11111111	2
Caso contrário	3

200.23.24.0
até
200.23.24.255

Rede de Computadores

 Rede de Datagramas: Tabela de Roteamento

Faixa de Endereços de Destino	Enlace
11001000 00010111 00010000 00000000 até 11001000 00010111 00010111 11111111	0
11001000 00010111 00011000 00000000 até 11001000 00010111 00011000 11111111	1
11001000 00010111 00011001 00000000 até 11001000 00010111 00011111 11111111	2
Caso contrário	3

200.23.25.0
até
200.23.31.255

Rede de Computadores

 Rede de Datagramas: Tabela de Roteamento

Esta tabela de roteamento reconhece IPs compreendidos na faixa de 200.23.16.0 até 200.23.31.255. Qualquer valor fora desta faixa, deve ser encaminhado para saída, cujo enlace é o 3

Faixa de Endereços de Destino	Enlace
11001000 00010111 00010000 00000000 até 11001000 00010111 00010111 11111111	0
11001000 00010111 00011000 00000000 até 11001000 00010111 00011000 11111111	1
11001000 00010111 00011001 00000000 até 11001000 00010111 00011111 11111111	2
Caso contrário	3

Rede de Computadores



Rede de Datagramas: Tabela de Roteamento

Casamento por Prefixo mais longo

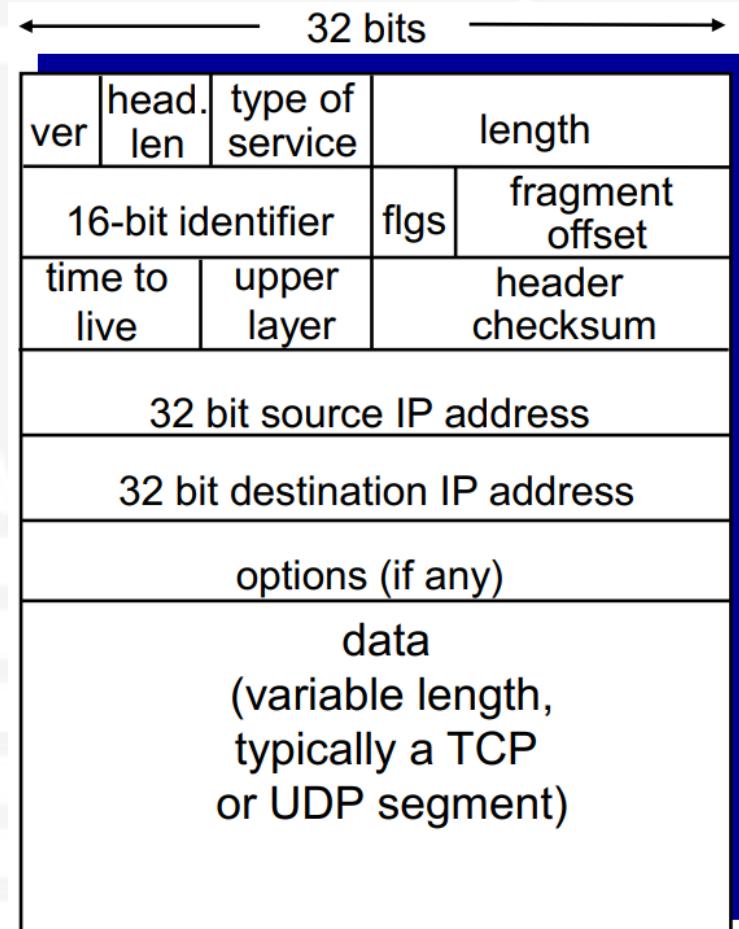
Ao procurar por uma entrada na tabela de roteamento para um destino, opte sempre pelo **prefixo mais longo** que casa com o endereço do destino

Faixa de Endereços de Destino	Enlace
11001000 00010111 00010*** *****	0
11001000 00010111 00011000 *****	1
11001000 00010111 00011*** *****	2
Caso contrário	3

Rede de Computadores

 Formato do Datagrama

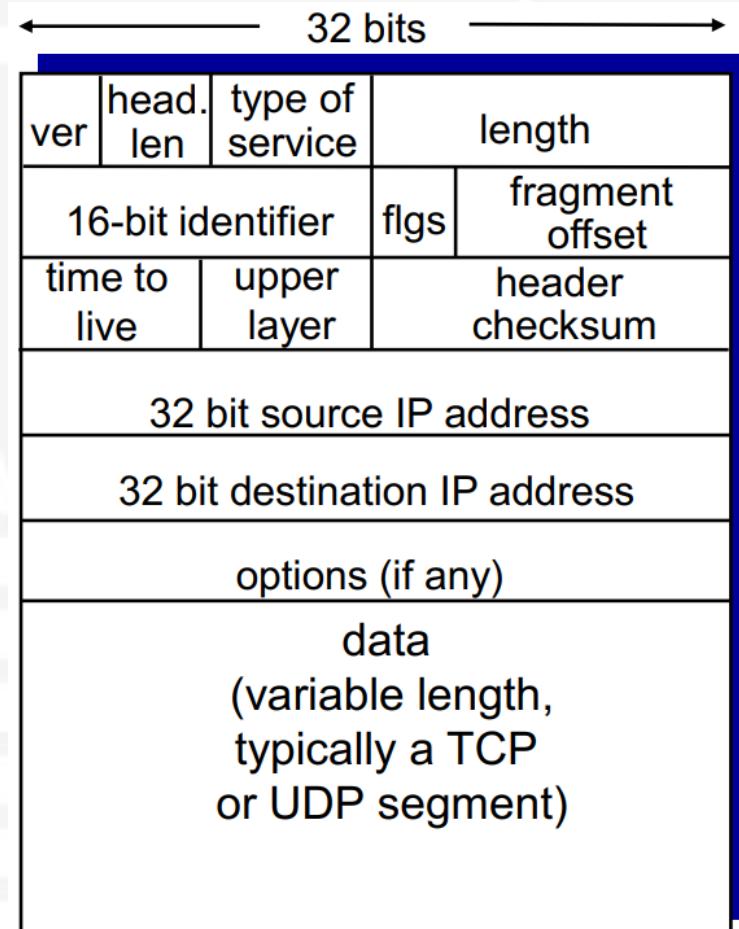
- **version:** número de versão. Ex. versão 4, versão 6.
- **header length:** comprimento do cabeçalho, tem tamanho variável.
- **type of service:** “classe” do dado encapsulado. Ex. tráfego de tempo real, melhor esforço.
- **length:** tamanho total do datagrama.
- Cabeçalho + carga útil. Tamanho máximo: 65535 bytes.
- **identifier, flags, fragment offset:** usados para fragmentação.



Rede de Computadores

 Formato do Datagrama

- **time to live:** número máximo de saltos que datagrama pode percorrer. Decrementado a cada roteador. Usado, por exemplo, em caso de *loops* de roteamento.
- **upper layer:** indica protocolo responsável pela carga útil. Ex. TCP, UDP, IP.
- **header checksum:** verificação de integridade **apenas do cabeçalho**.
- **endereços de origem e destino:** 32 bits cada.
- **options:** opções de tratamento do datagrama. Ex. *timestamp*, gravar rota, especificação de caminho

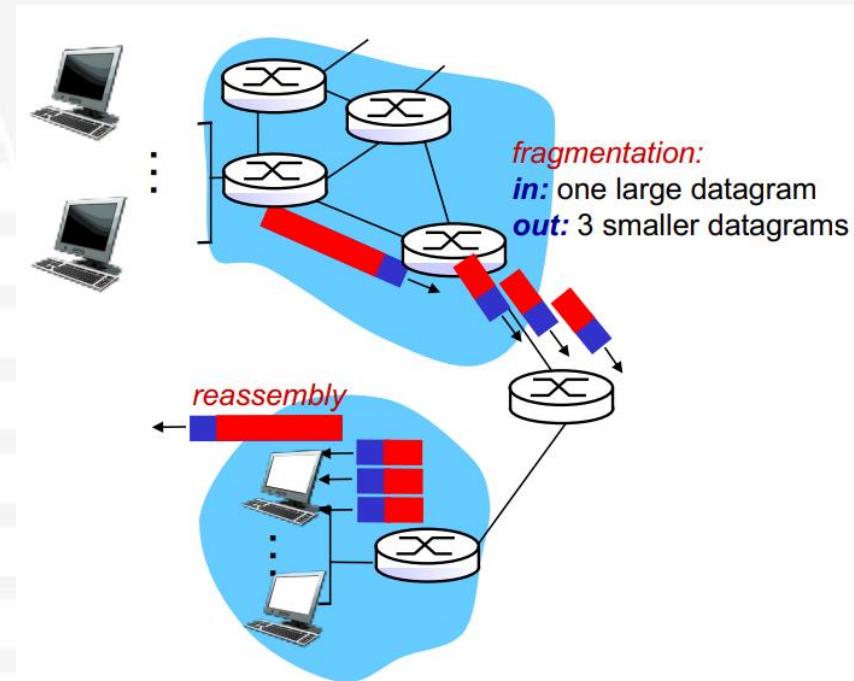


Rede de Computadores

IP: Fragmentação e Remontagem

- Enlaces de rede têm um **MTU** (*Maximum Transmission Unit*).
- Maior quadro que pode ser transmitido pelo enlace.
- Tecnologias diferentes têm MTUs diferentes.
- Datagramas IP grandes são divididos (“fragmentados”) na rede.
- Um datagrama quebrado em vários datagramas.
- “Remontados” **apenas no destinatário final**.

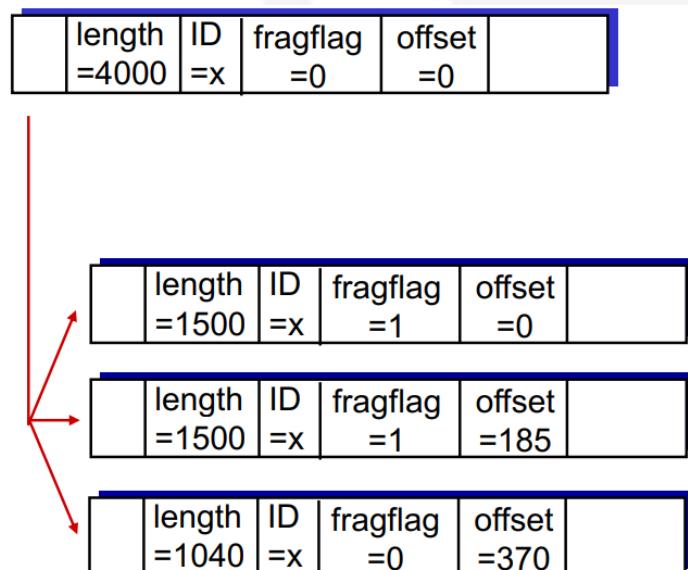
Bits do cabeçalho IP são usados para identificar e ordenar fragmentos de um mesmo datagrama original.



Rede de Computadores

 IP: Fragmentação e Remontagem

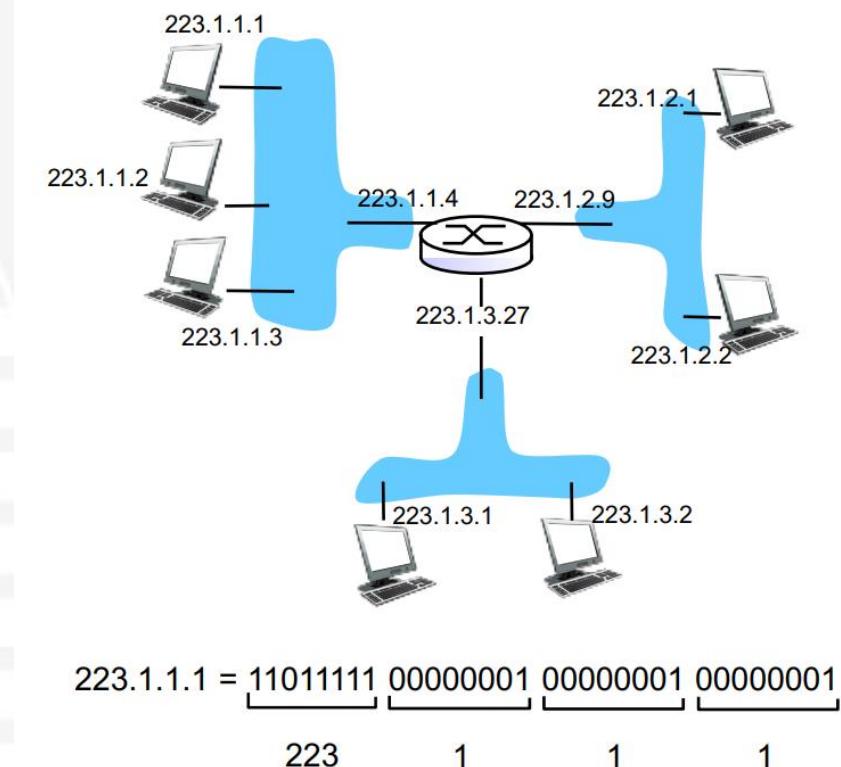
- Exemplo:
- Datagrama de 4000 bytes.
- MTU = 1500 bytes.
- **Cuidado!** O campo *offset* da fragmentação é contado em unidade de 8 bytes.
- **Além disso:** MTU considera o tamanho do datagrama inteiro, **incluindo cabeçalho**.



Rede de Computadores

IP: Endereçamento

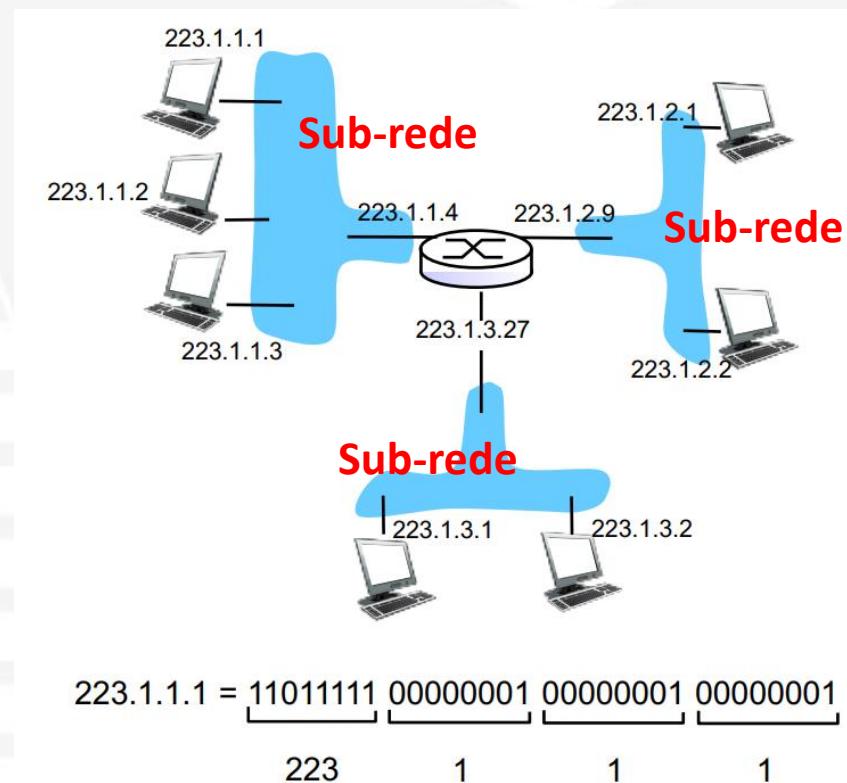
- **Endereço IP:** identificador de 32 bits para **interfaces** de *hosts*, roteadores.
- **Interface:** conexão entre *host*/roteador e enlace físico.
- Roteadores tipicamente possuem múltiplas interfaces.
- *Host* tipicamente possui uma ou duas interfaces (*e.g.*, Ethernet cabeada e IEEE 802.11 sem fio).
- **Endereços IP associados a cada interface.**



Rede de Computadores

IP: Sub-redes

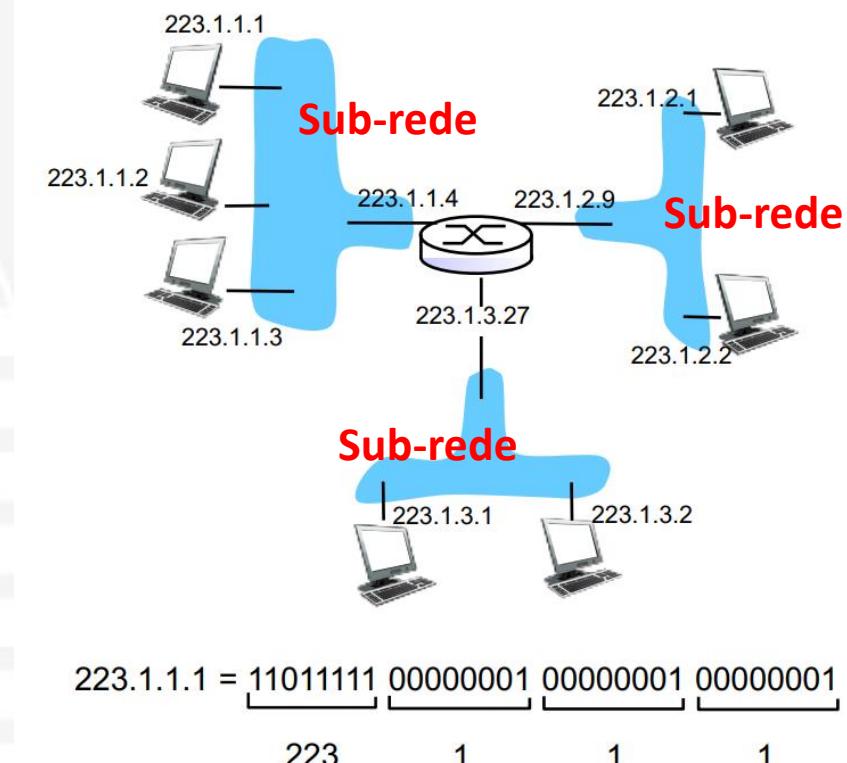
- **Endereço IP: duas partes.**
- Porção da **sub-rede**: bits mais significativos (*i.e.*, mais à esquerda).
- Porção do *host*: bits menos significativos (*i.e.*, mais à direita).
- **O que é uma sub-rede?**
- Interfaces de dispositivos com a mesma porção da sub-rede nos seus endereços IP.
- Podem se alcançar diretamente, **sem o intermédio de um roteador**.



Rede de Computadores

IP: Sub-redes

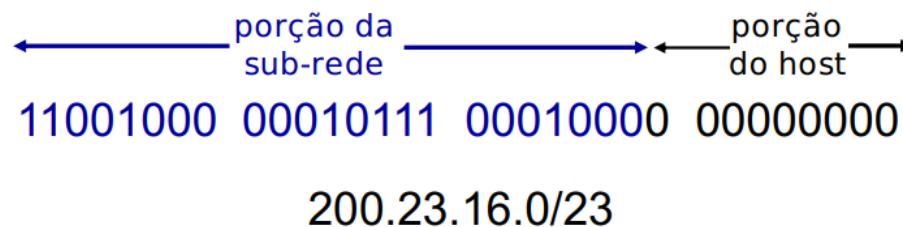
- O endereço IP é dividido em duas partes.
- Porção da sub-rede (bits mais significativos).
- Porção do *host* (bits menos significativos).
- **Pergunta:** quantos bits em cada porção?
- Um endereço IP tem 32 bits **no total**.
- Mas como eles são divididos nas duas porções? Note que **nem toda sub-rede precisa ser do mesmo tamanho**.
- Duas alternativas:
- Endereçamento baseado em classes (usado originalmente).
- **CIDR (usado atualmente)**.



Rede de Computadores

IP: Sub-redes

- **CIDR:** Classless InterDomain Routing.
- Porção de sub-rede de tamanho arbitrário.
- Formato de endereço: **a.b.c.d/x**, onde x é o # de bits na porção da sub-rede.



- Convenciona-se que o endereço IP com todos os bits da porção do *host* iguais a zero seja denominado o “**endereço da rede**”.
- Se porção do *host* só contém 1's (200.23.16.255), trata-se do **endereço de broadcast**.
- Porção da sub-rede é comumente chamada de **prefixo**. O x, portanto, é o **tamanho do prefixo**.

Rede de Computadores

IP: Sub-redes

- O CIDR permite sub-redes de tamanhos arbitrários?
- **Não, ainda há restrições de granularidade.**
- Exemplos:
 - Prefixo de 27 bits → $2^5 = 32$ endereços.
 - Prefixo de 26 bits → $2^6 = 64$ endereços.
 - Prefixo de 25 bits → $2^7 = 128$ endereços.
 - Prefixo de 24 bits → $2^8 = 256$ endereços.
 - Prefixo de 23 bits → $2^9 = 512$ endereços.
 - ...
- Mas há bem mais **opções**.

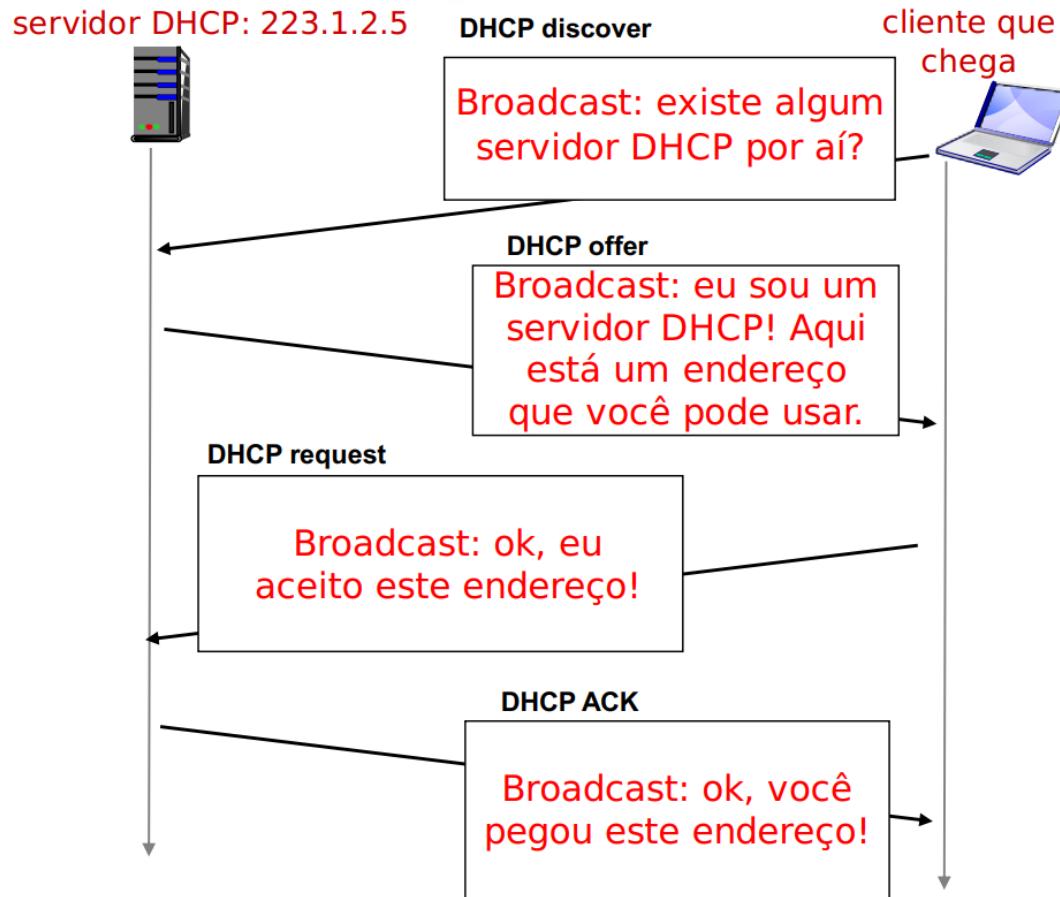
Rede de Computadores

IP: DHCP

- **Objetivo:** permitir que *host* dinamicamente obtenha seu endereço IP de um servidor da rede quando se conecta a ela.
 - Endereços atribuídos pelo servidor em esquema de “emprestimo” (*lease*).
 - Dispositivo pode renovar sua *lease* durante o uso.
 - Permite reutilização de endereços (dispositivos só possuem endereço enquanto conectados à rede/ligados).
 - Dá suporte a usuários móveis que querem se conectar a rede (mais detalhes em Redes II).
- **Visão geral do DHCP:**
 - *Host* envia mensagem do tipo “**DHCP discover**” em **broadcast** [opcional].
 - Servidor DHCP responde com um “**DHCP offer**”[opcional].
 - *Host* requisita endereço IP com mensagem “**DHCP request**”.
 - Servidor DHCP envia endereço com mensagem “**DHCP ack**”.

Rede de Computadores

IP: DHCP



Rede de Computadores

 IP: Como obter um?

- Como a rede obtém seus endereços? (Ex. seu prefixo)
- **Resposta:** é alocada uma porção do espaço de endereços do seu ISP.
- Uma **sub-rede menor**, contida na sub-rede do ISP, é alocada.

Exemplo:

Bloco do ISP	<u>11001000</u> <u>00010111</u> <u>00010000</u> <u>00000000</u>	200.23.16.0/20
Organização 1	<u>11001000</u> <u>00010111</u> <u>00010000</u> <u>00000000</u>	200.23.16.0/23
Organização 2	<u>11001000</u> <u>00010111</u> <u>00010010</u> <u>00000000</u>	200.23.18.0/23
Organização 3	<u>11001000</u> <u>00010111</u> <u>00010100</u> <u>00000000</u>	200.23.20.0/23
...
Organização 7	<u>11001000</u> <u>00010111</u> <u>00011110</u> <u>00000000</u>	200.23.30.0/23

Rede de Computadores

 IP: Como obter um?

- Como a rede obtém seus endereços? (Ex. seu prefixo)
- **Resposta:** é alocada uma porção do espaço de endereços do seu ISP.
- Uma **sub-rede menor**, contida na sub-rede do ISP, é alocada.

Exemplo:

Bloco do ISP	11001000 00010111 00010000 00000000	200.23.16.0/20
Organização 1	11001000 00010111 00010000 00000000	200.23.16.0/23
Organização 2	11001000 00010111 00010010 00000000	200.23.18.0/23
Organização 3	11001000 00010111 00010100 00000000	200.23.20.0/23
...
Organização 7	1100	200.23.30.0/23

Bloco 200.23.16.0/20 logo podemos ter
 2^{12} IPs = 4096 IPs diferentes

Rede de Computadores

 IP: Como obter um?

- Como a rede obtém seus endereços? (Ex. seu prefixo)
- **Resposta:** é alocada uma porção do espaço de endereços do seu ISP.
- Uma **sub-rede menor**, contida na sub-rede do ISP, é alocada.

Exemplo:

Bloco do ISP	11001000 00010111 00010000 00000000	200.23.16.0/20
Organização 1	11001000 00010111 00010000 00000000	200.23.16.0/23
Organização 2	11001000 00010111 00010010 00000000	200.23.18.0/23
Organização 3	11001000 00010111 00010100 00000000	200.23.20.0/23
...
Organização 7	1100	200.23.30.0/23

Blocos 200.23.16.0/23, 200.23.18.0,
200.23.18.20... logo podemos ter 2^9 IPs
= 512 IPs diferentes, ou seja, pode
atender 8 organizações diferentes

Rede de Computadores

IP: Como obter um?

- **Pergunta:** como um ISP obtém um bloco de endereços?
- **Resposta:** ICANN: Internet Corporation for Assigned Names and Numbers (<http://www.icann.org/>)
 - Aloca endereços.
 - Gerencia DNS.
 - Atribui nomes de domínios, resolve disputas.

Contato



Professor:
André Saraiva, MSc



E-mail:
andre.saraiva@univassouras.edu.br