

# Redes de Computadores

---

## Introdução ao roteamento



Trabalho sob a Licença Atribuição-SemDerivações-SemDerivados 3.0 Brasil Creative Commons.  
Para visualizar uma cópia desta licença, visite <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/br/>

## Aula 18

## Introdução

---

- ❑ Inter-rede TCP/IP (Internet) é composta por um conjunto de redes interligadas por roteadores
- ❑ Roteador
  - ▶ Equipamento de interconexão que define domínios de *broadcast*, um para cada uma de suas interfaces
  - ▶ Responsável por encaminhar datagramas IP da origem até seu destino
    - ▶ Procedimento de roteamento
- ❑ Procedimento de roteamento envolve conhecer a topologia da rede e tomar decisões sobre rotas a serem seguidas

## Conceitos básicos

---

- ❑ Modelagem da rede
- ❑ Métricas de roteamento e de rota
- ❑ Tabela de roteamento
- ❑ Algoritmo de roteamento
- ❑ Protocolo de roteamento

## Modelagem da rede

---

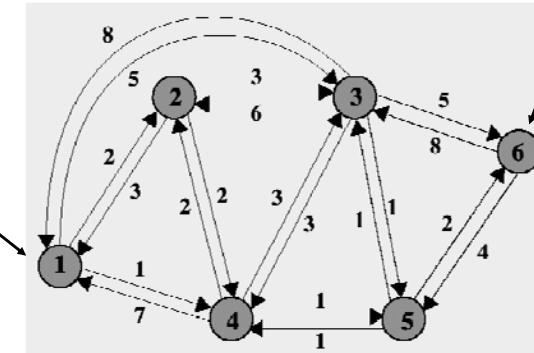
- ❑ O principal objetivo do roteamento é determinar caminhos (rotas) para que datagramas sejam entregues no seu destino
- ❑ Problema resolvido com auxílio da teoria de grafos
  - ▶ A questão é encontrar, segundo um critério, o caminho de menor custo entre um ponto A e um ponto B
- ❑ Grafo:
  - ▶ Nós representam estações ou roteadores (tipicamente estes)
  - ▶ Arestas (arcos) fornecem a interligação física entre os roteadores
  - ▶ As arestas possuem um custo associado (métrica de rota)

## Métricas de roteamento

- Parâmetros quantitativos que servem para determinar o caminho de menor custo entre dois pontos A e B
  - ▶ Comprimento da rota, retardo, confiabilidade, taxa de transmissão, carga, etc
- Métrica de rota
  - ▶ Valor inteiro não negativo que fornece a “qualidade” do caminho (aresta)
  - ▶ Derivada das métricas de roteamento
  - ▶ A idéia consiste em dado um conjunto de rotas, achar aquela que o custo seja mínimo → problema do caminho de menor custo
    - ▶ O somatório das métricas é o menor
    - ▶ Importante: caminho de menor custo não é sinônimo de menor caminho

## Exemplo de modelagem, métricas e roteamento

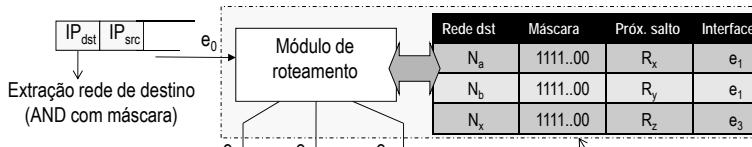
- Enviar informações do nó 1 ao nó 6
  - ▶ Menor caminho: 1-3-6
  - ▶ Menor custo: 1-4-5-6



## Roteamento Internet

- Roteador encaminha datagramas IP consultando uma tabela de roteamento

- ▶ Procedimento simples, a questão é como a tabela é construída



- Três categorias de roteamento

- ▶ Ponto a ponto (roteamento unicast)
  - ▶ Ponto a multiponto
  - ▶ Multiponto a multiponto

Multicast (fora do contexto da disciplina)

## Tabela de roteamento

- Estrutura de dados que mantém informações de como alcançar todas as redes

- ▶ Existe em todos sistemas finais e intermediários
  - ▶ Mantém entradas de encaminhamento (rotas) para todos os destinos
  - ▶ Os destinos são fornecidos com base na identificação de rede e não de máquinas (interfaces) específicas

- São construídas manualmente ou automaticamente via um protocolo de roteamento e aplicação de um algoritmo

- ▶ Protocolo: obtenção de informações
  - ▶ Algoritmo: cálculo da rota

## Algoritmo de roteamento

- ❑ Descobre o caminho de menor custo até o destino final
  - ▶ Baseado no conhecimento de topologia, da métrica de roteamento e de rota
- ❑ São classificados em função
  - ▶ Do que se conhece em:
    - ▶ Globais: todos os nós, todas arestas e todas as métricas de rotas
    - ▶ Locais: apenas os vizinhos imediatos e custos de rotas
  - ▶ De quando as informações são atualizadas em:
    - ▶ Estáticos: na inicialização do sistema ou manualmente
    - ▶ Dinâmicos: em resposta a mudanças na topologia da rede ou periodicamente

(mais detalhes na próxima aula!)

## Protocolo de roteamento

- ❑ Protocolo = mecanismo de troca de informações + algoritmo
- ❑ Objetivo geral:
  - ▶ Descobrir quais redes são atingíveis, os custos associados e divulgar/trocar essas informações
  - ▶ Obter informações para definir a tabela de roteamento
- ❑ Para atingir o objetivo é necessário
  - ▶ Descobrir as redes que são atingíveis
  - ▶ Identificar caminhos livres de laços através da rede (algoritmo)
  - ▶ Identificar o melhor caminho na presença de múltiplas rotas (algoritmo)
  - ▶ Assegurar que todos os roteadores concordem sobre os melhores caminhos
    - ▶ Propagação de rotas

## Representação de rotas

- ❑ Dois modelos: passo a passo e pela fonte
- ❑ Pela fonte
  - ▶ A origem fornece a rota completa como uma lista de roteadores (*hops*) para se atingir o destino
- ❑ Passo-a-passo (*hop-by-hop*):
  - ▶ Rotas indicam apenas o próximo roteador (*next-hop*)
    - ▶ Sistemas finais e intermediários não conhecem o caminho completo
  - ▶ Modelo usado na Internet

## Roteamento baseado em *hop-by-hop*

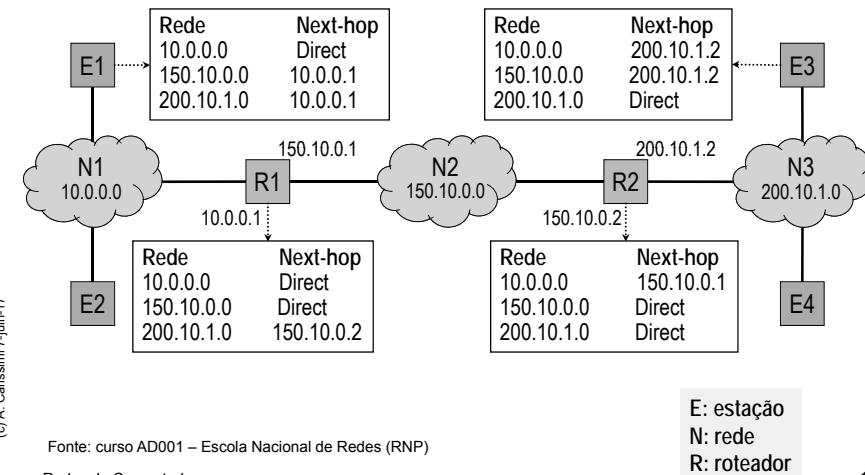
- ❑ Nós origem e destino pertencem a mesma rede
  - ▶ O envio de datagramas ocorre diretamente entre si
  - ▶ Entrega direta (sem necessidade de roteamento)
- ❑ Nós origem e destino pertencem a redes diferentes
  - ▶ A rede de origem está ligada a um roteador que é o primeiro salto (*hop*)
  - ▶ O nó origem envia, normalmente, para o *default gateway* configurado
    - ▶ Esse é o *next-hop* na visão da máquina cliente
  - ▶ Um roteador envia datagrama a outro (*next-hop*) até que até que possa ser entregue diretamente na rede de destino

## Informações mantidas na tabela de roteamento

- Cada entrada representa uma rota para um determinado destino
- Rotas são representadas por pares (N, R)
  - ▶ N é endereço da rede (*network*) de destino
  - ▶ R é endereço do próximo roteador (*next-hop*)
    - ▶ O próximo roteador deve existir em uma rede diretamente conectada
  - ▶ Para nós que estão em uma mesma rede, a entrada R é definida como “entrega direta” (sem necessidade de roteamento)

## Exemplo de tabela de roteamento

Tabelas de roteamento simplificadas (falta informação)



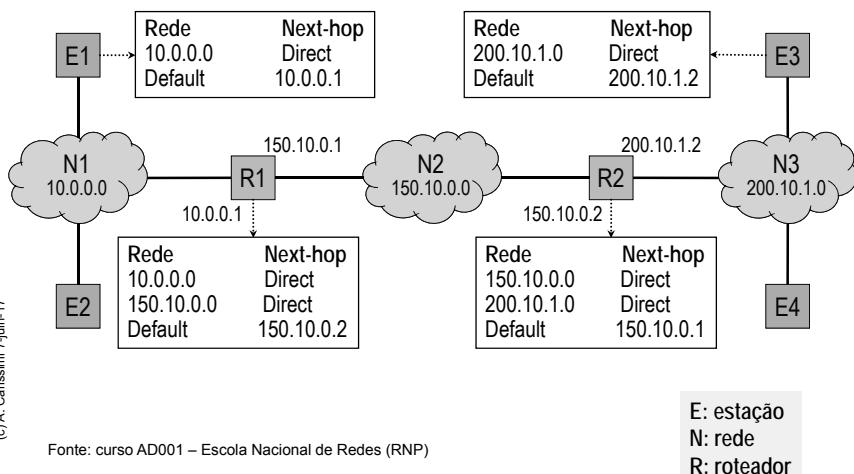
Fonte: curso AD001 – Escola Nacional de Redes (RNP)

## Rota *default*

- Consolidam diversas rotas em uma única entrada da tabela de roteamento
  - ▶ O objetivo é tornar o roteamento mais eficiente reduzindo o número de entradas de uma tabela de roteamento
- São adotadas apenas quando não existe uma rota para a estação ou rede destino

## Exemplo de rede *default*

Tabelas de roteamento simplificadas (falta informação)



Fonte: curso AD001 – Escola Nacional de Redes (RNP)

## Estudo de caso: roteamento em redes IP

- ❑ Baseado em tabela com entradas na forma (N, R, M,I)
  - ▶ Network, Router (gateway), Mask, Interface
- ❑ Funciona para endereços *classfull* e *classless*
  - ▶ Determina rede de destino com base no prefixo de rede, sub-rede ou bloco
  - ▶ Algoritmo executado para “varrer tabela de roteamento” é diferente
    - ▶ *Classfull*: as máscaras são deduzidas em função do conhecimento da classe ou de sub-redes configuradas
      - ▶ Máscaras tem sempre tamanho fixo
    - ▶ *Classless*: as máscaras são conhecidas e explicitamente divulgadas pelos protocolos de roteamento
      - ▶ Máscaras tem tamanho variável
- ❑ Rota *default* é representada pelo endereço reservado 0.0.0.0/0

## Algoritmo de roteamento *classfull*

1. Extrair endereço  $IP_D$  do destino do datagrama
  2. Determinar o endereço de rede ou sub-rede destino (N)
    - Identificar a classe  $x$  do endereço de destino  $IP_D$  (A, B ou C)
    - Deduzir a máscara de rede ou de sub-rede
      - Existe interface configurada com sub-rede pertencente a classe  $x$ ?
        - SIM: Deduz máscara M a partir dessa interface
        - NÃO: Assume máscara M igual a máscara *default* da classe  $x$
    - Obtém o endereço de rede ( $N = IP_D$  and M)
3. Existe rota específica para o destino  $IP_D$ ?
    - Encaminha datagrama para roteador R dessa entrada
  4. Existe rota para a rede de destino N?
    - Encaminha datagrama para o roteador R dessa entrada
  5. Existe rota *default*?
    - Encaminha datagrama para o roteador R dessa entrada
  6. Gera mensagem de erro (rota inexistente)

## Exemplo de dedução

- ❑ Supondo que:
  - ▶ Exista a interface (eth1) configurada com a 192.168.10.32 e máscara 255.255.255.224 (27 bits)
    - ▶ Rede = 11000000 10101000 00001010 00100000 (192.168.10.32)
    - ▶ Mask= 11111111 11111111 11111111 11100000 (255.255.255.224)
  - ▶ Receba a informação para uma nova rota para 192.168.10.64 (end. de rede)
    - ▶ Rede = 11000000 10101000 000001010 01000000 (192.168.10.64)
- ❑ Portanto,
  - ▶ 192.168.10.64 é uma sub-rede de 192.168.10.0 e se deduz que ela tem uma máscara idêntica a outra sub-rede dessa mesma rede
    - ▶ É a limitação de sub-redes terem máscara idêntica

## Algoritmo de roteamento *classless*

1. Extrair endereço IP do destino do datagrama
2. Para cada entrada  $i$  da tabela, marcar como rota possível, se  $N_i = (IP \text{ and } \text{Máscara})$ 
  - Selecionar a entrada que possui o maior prefixo (máscara mais restritiva)
  - Encaminhar datagrama para roteador R (*next-hop*) da entrada selecionada
3. Se não existe rota possível, gerar mensagem de erro

Entrega direta							Rota para uma estação específica (200.10.1.1)		Rota para qualquer máquina entre 200.10.1.2 até 200.10.1.30	
> route -n	Destination	Gateway	Genmask	Flags	Metric	Iface				
	150.10.1.0	0.0.0.0	255.255.255.0	U						
	200.10.1.1	150.10.1.1	255.255.255.255	UGH	0	eth0				
	200.10.1.0	150.10.2.2	255.255.255.224	UG	0	eth1				
	0.0.0.0	150.30.3.3	0.0.0.0	UG	0	eth2				

Rotas para qualquer outro endereço

U: rota válida H: rota para uma estação G: rota indireta

$$(224)_{10} = (1110\ 0000)_2$$

## Leituras complementares

---

- Stallings, W. Data and Computer Communications (6<sup>th</sup> edition), Prentice Hall 1999.
  - ▶ Capítulo 12, seção 12.1 e 12.2
- Tanenbaum, A. Redes de Computadores (4<sup>a</sup> edição), Campus, 2003.
  - ▶ Capítulo 5, seções 5.2, 5.2.1, 5.2.2, 5.2.3, 5.2.7 e 5.2.8
- Carissimi, A.; Rochol, J; Granville, L.Z; Redes de Computadores. Série Livros Didáticos. Bookman 2009.
  - ▶ Capítulo 5, seções 5.2, 5.2.5