

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

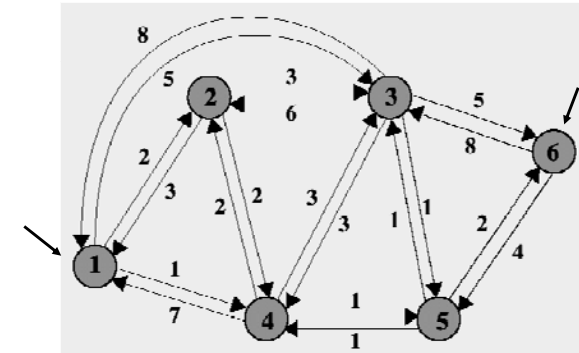
- ❑ O principal objetivo do roteamento é determinar caminhos (rotas) para que datagramas sejam entregues no seu destino
- ❑ Problema resolvido com auxílio da teoria de grafos
 - ▶ A questão é encontrar, segundo um critério, o caminho de menor custo entre um ponto A e um ponto B
- ❑ Grafo:
 - ▶ Nós representam 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

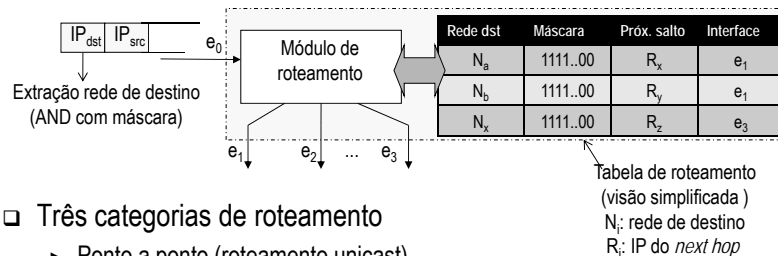
Exemplo de modelagem, métricas e roteamento

- ❑ 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*

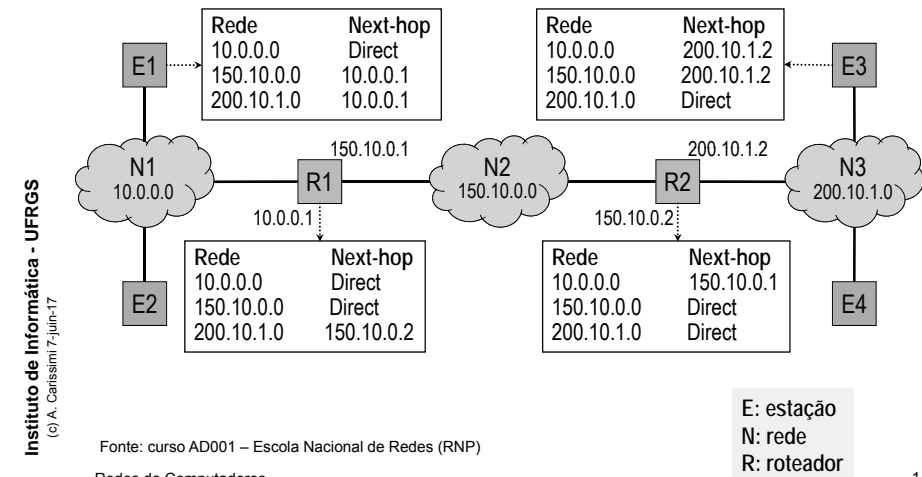
- ❑ Nós origem e destino pertencem a mesma rede
 - ▶ O envio de datagramas ocorre diretamente entre si
 - ▶ Entrega direta (sem necessidade de roteamento)
- ❑ Nós origem e destino pertencem a redes diferentes
 - ▶ A rede de origem está ligada a um roteador que é o primeiro salto (*hop*)
 - ▶ O nó origem 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 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)

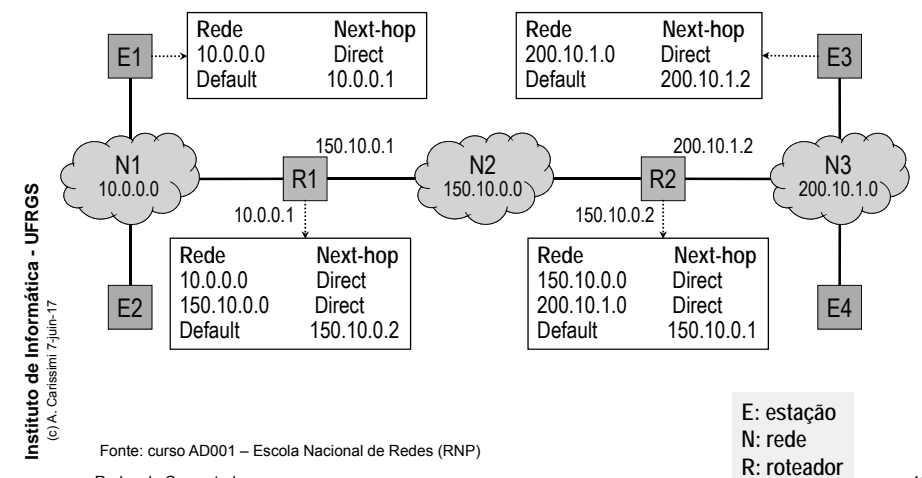


Rota default

- ❑ 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)



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

17

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)

Redes de Computadores

18

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 00001010 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

19

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 and 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		eth0
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

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

Redes de Computadores

20

Leituras complementares

- ❑ Stallings, W. *Data and Computer Communications* (6th edition), Prentice Hall 1999.
 - ▶ Capítulo 12, seção 12.1 e 12.2
- ❑ Tanenbaum, A. *Redes de Computadores* (4^a 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