

Redes de Computadores

Introdução ao roteamento

Aula 19

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

Conceitos básicos

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

Modelagem da rede

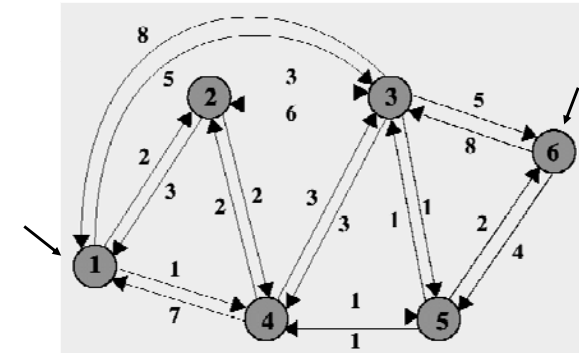
- ❑ O principal objetivo do roteamento é determinar caminhos (rotas) para que datagramas sejam entregues no seu destino
- ❑ Problema resolvido com auxílio da teoria de grafos
 - ▶ A questão é encontrar, segundo um critério, o caminho de menor custo entre um ponto A e um ponto B
- ❑ Grafo:
 - ▶ Nós representam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

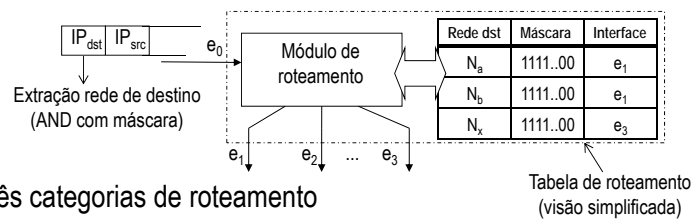
Exemplo de modelagem, métricas e roteamento

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



Roteamento

- ❑ 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

Tabela de roteamento

- ❑ Estrutura de dados que mantém informações de como alcançar todas as redes
 - ▶ Existe em todos sistemas intermediários
 - ▶ Mantém entradas de encaminhamento (rotas) para todos os destinos
 - ▶ Os destinos são fornecidos com base na identificação de rede e não de máquinas específicas
- ❑ Definida de acordo com um protocolo de roteamento e 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

Protocolo de roteamento

- ❑ Objetivo geral:
 - ▶ Descobrir quais as redes atingíveis, os custos associados e divulgar/trocar essas informações
 - ▶ Obter informações para definir a tabela de roteamento
- ❑ Protocolo = mecanismo de troca de informações + algoritmo
- ❑ 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

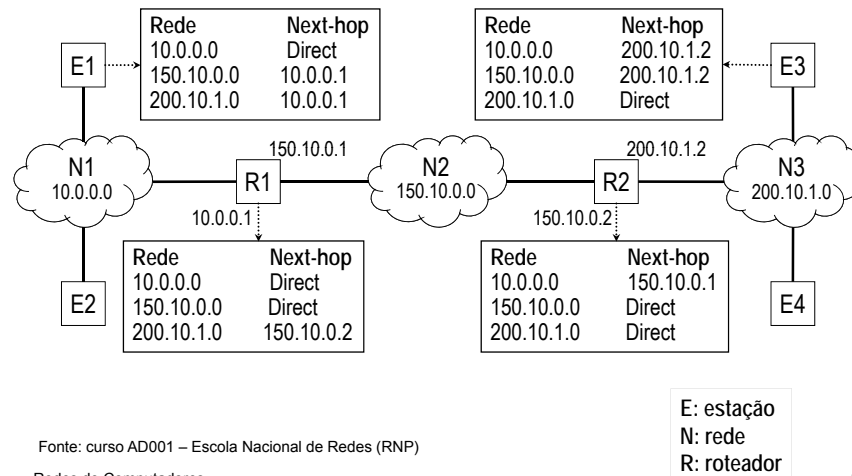
Representação de rotas

- ❑ 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*

- ❑ Características
 - ▶ Nós de uma mesma rede enviam datagramas diretamente entre si
 - ▶ Nós em redes distintas enviam datagramas de um roteador a outro (*next-hop*) até que possam ser entregues diretamente na rede de destino
 - ▶ A rede de origem está ligada a um roteador que é o primeiro salto
 - ▶ Na visão de uma máquina cliente
 - ▶ O *next-hop* é normalmente o *default gateway* configurado
- ❑ Informação mantida na tabela de roteamento
 - ▶ Rotas são representadas por pares (N, R) onde N é endereço da rede (*network*) de destino e 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



13

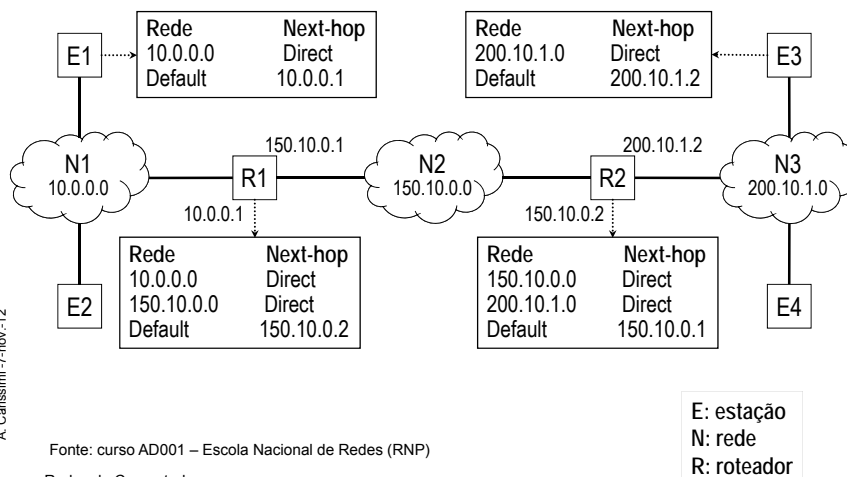
Rota *default*

- ❑ 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

Redes de Computadores

14

Exemplo de rede *default*



15

Estudo de caso: roteamento em redes IP

- ❑ Baseado em tabela de roteamento com entradas na forma (N, R)
- ❑ 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

Redes de Computadores

16

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)

17

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)
 - ▶ Se aprende que há uma 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

Redes de Computadores

18

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

Rota para uma estação específica
Rota para qualquer máquina entre 200.10.1.2 até 200.10.1.30

Destination	Gateway	Genmask	Flags	Metric	Iface
...					
200.10.1.1	150.10.1.1	255.255.255.255	UGH	0	eth0
200.10.1.0	150.20.2.2	255.255.255.224	UG	0	eth1
0.0.0.0	150.30.3.3	0.0.0.0	UG	0	eth2

U: rota válida H: rota para uma estação G: rota indireta
Rotas para qualquer outro endereço

19

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

Redes de Computadores

20