Inatel
Instituto Nacional de Telecomunicações

Unidade IV – Roteamento

TP308 – Introdução às Redes de Telecomunicações

Tópicos

- ✓ Serviços Providos pela Camada de Rede
- ✓ Classificação dos Algoritmos de Roteamento
- ✓ Roteamento Centralizado
- ✓ Roteamento Isolado
- ✓ Roteamento por Inundação
- ✓ Roteamento Distribuído
- ✓ Roteamento pelo Caminho mais Curto
- ✓ Algoritmo de *Dijkstra*
- ✓ Roteamento por Vetor de Distância
- ✓ Roteamento por Estado de Enlace

Serviços Providos pela Camada de Rede

- ✓ O papel da camada de rede é aparentemente simples: transportar pacotes de uma estação remetente a uma estação destinatária.

- ✓ Para realizar esta tarefa, três importantes funções podem ser identificadas:
  - Determinação do Trajeto
  - Estabelecimento de Conexão
  - Comutação dos Pacotes

Classificação dos Algoritmos de Roteamento

- ✓ Podemos classificar os algoritmos de roteamento de acordo com:
  - A dinâmica das tabelas de roteamento:
    - **Estáticos**
      - Trajetos são definidos e não mais alterados, a menos que haja alteração topológica da rede.
    - **Dinâmicos**
      - Os trajetos são alterados periodicamente para refletir mudanças no estado da rede, tais como congestionamentos, falhas, carga, etc.
  - A forma como a decisão de roteamento é tomada:
    - **Centralizado**
    - **Isolado**
    - **Distribuído**

Cortesia: Prof. Dr. José Marcos Câmara Brito

Classificação dos Algoritmos de Roteamento

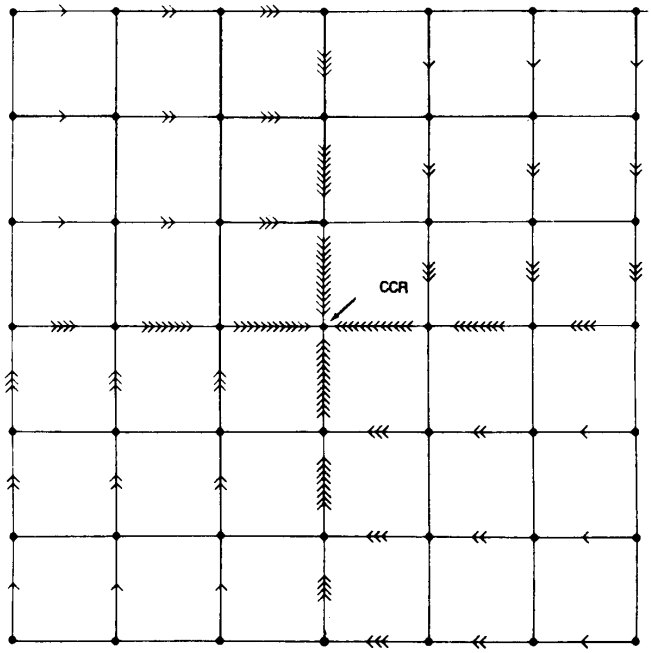
- O número de caminhos utilizados:
  - **Caminho Simples**
    - Um único trajeto deve ser utilizado entre dois pontos.
  - **Múltiplos Caminhos**
    - Mais de um trajeto pode ser utilizado entre dois pontos.

Roteamento Centralizado

- ✓ Um único nó é responsável pela tomada de decisões de roteamento na rede e pelo encaminhamento dessas decisões para os demais nós da rede.
- ✓ No roteamento centralizado é comum a utilização de um Centro de Controle de Roteamento (CCR).
- ✓ Periodicamente, cada nó envia informações de estado para o CCR, como por exemplo, uma lista de seus vizinhos que estão em atividade.
- ✓ O CCR coleta todas estas informações e, conhecendo agora o comportamento global da rede, determina o melhor caminho para todas as comunicações possíveis.

Roteamento Centralizado

- ✓ Deste processamento resultam novas tabelas de roteamento que são distribuídas para todos os nós da rede.



Roteamento Centralizado

- ✓ Vantagens:
  - Como o CCR possui todas as informações da rede, o roteamento centralizado melhora tomada de decisões.
  - Como o CCR processa a tabela de roteamento e a distribui para os demais nós da rede, ocorre uma diminuição de processamento.

- ✓ Desvantagens:
  - Possui um tempo grande de adaptação às mudanças, de forma que uma nova tabela gerada pode já não refletir a melhor condição de roteamento.
  - Se o CCR falhar a rede toda pára.
  - Os diversos nós não recebem a nova tabela ao mesmo tempo, causando problemas de inconsistência no roteamento.
  - Alto tráfego de controle nas proximidades do CCR.

Roteamento Isolado

- ✓ Nesta técnica o nó toma a decisão de roteamento baseado apenas em informação local, sem trocar informações com os demais nós da rede.
- ✓ Trata-se de uma técnica descentralizada.
- ✓ Um algoritmo simples do tipo isolado adaptativo é o algoritmo conhecido como *Hot Potato* (Batata Quente).
- ✓ Neste algoritmo quando um pacote de mensagem chega a um nó, ele procura se livrar do pacote o mais rápido possível, colocando-o na fila de saída que apresentar menor tamanho naquele momento.

Roteamento por Inundação

- ✓ Uma forma extrema de roteamento isolado é o chamado roteamento por inundação.
- ✓ Neste tipo de roteamento, um pacote é enviado para todas as portas de saída de um roteador, com exceção da porta por onde o pacote foi recebido.
- ✓ O roteamento por inundação gera uma enorme quantidade de cópias de um pacote na rede.
- ✓ Para eliminar as cópias não mais necessárias, mecanismos de enxugamento devem ser utilizados.

Roteamento por Inundação

- Um exemplo de um mecanismo de enxugamento é um contador de *hops* inicializado com a distância entre fonte e destino ou com a distância máxima da rede, e decrementado em cada roteador.

- As principais aplicações do roteamento por inundação são:
  - Medição de características da rede.
  - Atualização simultânea de bancos de dados distribuídos.
  - Transmissão de pacotes com o menor tempo possível.

Roteamento Distribuído

- Nesta classe de algoritmos de roteamento cada nó troca, periodicamente, informações de roteamento com outros nós da rede (por exemplo, com os nós vizinhos).

- Baseado então em informações locais e informações provenientes de outros nós da rede, cada nó toma suas decisões de roteamento.

Roteamento pelo Caminho mais Curto

- Baseado em informações de custo de cada enlace.
- Tentam encontrar o caminho de menor custo, ou seja um caminho que minimize a soma dos custos de cada enlace (custo total).
- Parâmetros de custo possíveis:
  - Comprimento do enlace
  - Atraso estimado
  - Confiabilidade
  - Taxa de transmissão

Roteamento pelo Caminho mais Curto

- Dentre os principais algoritmos de roteamento pelo caminho mais curto estão:
  - Algoritmo de *Dijkstra*
  - Algoritmo de *Bellman-Ford*
- Estes algoritmos e suas variações são amplamente utilizados em diversas redes de comunicações, incluindo a Internet baseada em TCP/IP.

Algoritmo de Dijkstra

- Foi desenvolvido por *Edsger Wybe Dijkstra* em 1959.

- Variáveis:
  - D(v) = distância do nó fonte (1) para o nó (v).
  - I(i,j) = custo entre o nó (i) e o nó (j).
  - N = conjuntos de nós com distância definida.

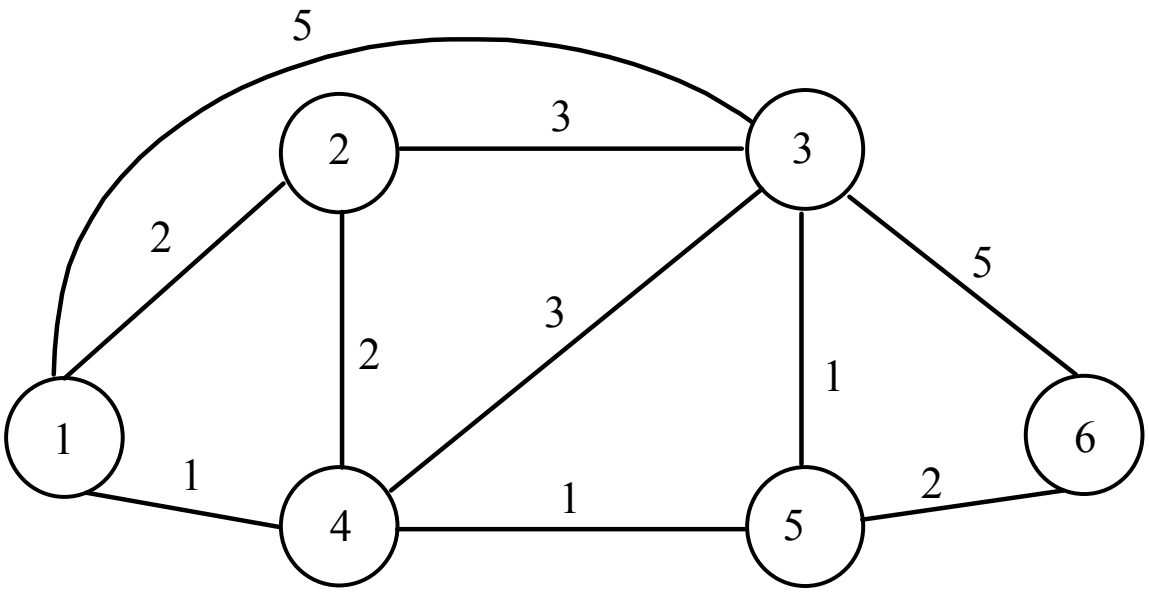
Algoritmo de Dijkstra

- Inicialização:
  - Faça N = {1}.
  - Para cada nó (v) fora de N, faça D(v) = I(1,v). Se (v) não está conectado a N, faça D(v) = infinito.
- Passo Principal:
  - Encontre um nó (w) fora de N tal que D(w) seja mínimo.
  - Adicione este nó (w) a N.
  - Atualize D(v) para todos os nós restantes que ainda não estão em N, fazendo:

    D(v) = Min [D(v), D(w)+I(w,v)]
  - O algoritmo pára quando todos os nós fizerem parte de N.

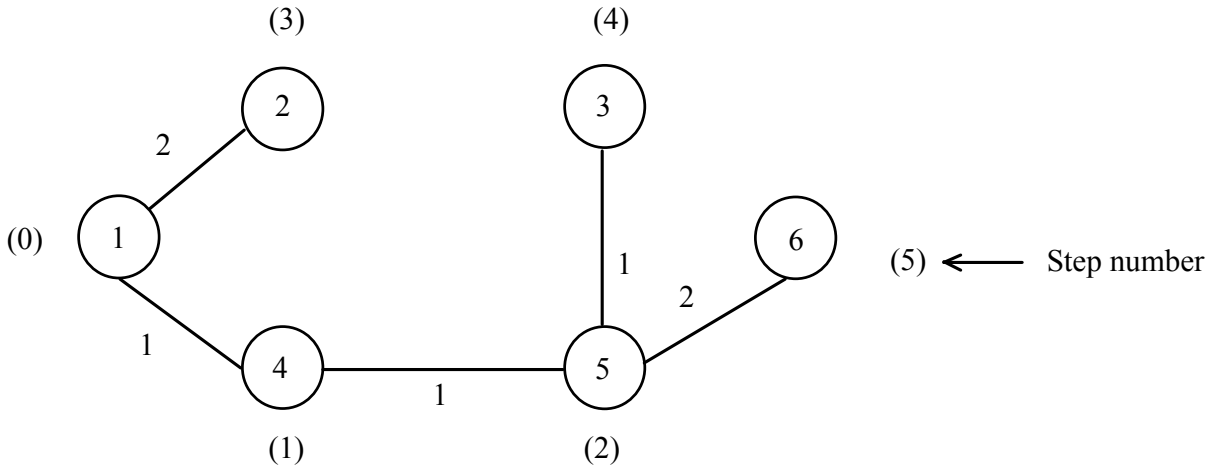
Algoritmo de Dijkstra

- Rede exemplo:



Algoritmo de Dijkstra

- Roteamento Resultante:



(a)

Roteamento por Vetor de Distância

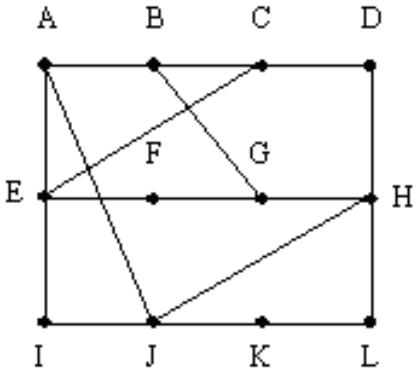
- ✓ O algoritmo de roteamento por vetor de distância opera mantendo uma tabela (isto é, um vetor) que fornece:
  - A melhor distância conhecida até cada destino.
  - Qual saída deve ser tomada para atingir cada destino (*next hop*).
- ✓ Cada nó faz uma estimativa do custo necessário para atingir os seus vizinhos.

Roteamento por Vetor de Distância

- ✓ Periodicamente os nós enviam estas estimativas para os seus vizinhos.
- ✓ A melhor distância é calculada em função das estimativas de custos levantadas pelo próprio nó e recebidas dos seus vizinhos.

Roteamento por Vetor de Distância

- ✓ Rede Exemplo:



Fonte: Tanenbaum

- Considere o nó **j**.
- As estimativas de atraso de **j** até os seus vizinhos são:

JA Delay	JI Delay	JH Delay	JK Delay
= 8	= 10	= 12	= 6

Roteamento por Vetor de Distância

- ✓ Rede Exemplo:
  - O nó **j** também possui os vetores de distância dos seus nós vizinhos:

	A	I	H	K
A	0	24	20	21
B	12	36	31	28
C	25	18	19	36
D	40	27	8	24
E	14	7	30	22
F	23	20	19	40
G	18	31	6	31
H	17	20	0	19
I	21	0	14	22
J	9	11	7	10
K	24	22	22	0
L	29	33	9	9

Fonte: Tanenbaum

Roteamento por Vetor de Distância

- ✓ Rede Exemplo:
  - De posse destas informações o nó **j** executa o algoritmo de *Bellman-Ford* para determinar qual é a menor distância e o próximo *hop* na direção de cada um dos nós da rede.
  - Desta forma o nó J atualiza a sua tabela.

8	A
20	B
28	C
20	D
17	E
30	F
18	G
12	H
10	I
0	J
6	K
15	L

Fonte: Tanenbaum

Roteamento por Vetor de Distância

- ✓ Os nós passam mensagens de controle para outros nós levando os seus vetores de distância até que o algoritmo esteja completo em cada nó, com convergência para o caminho mais curto.
- ✓ Durante a fase de convergência o roteamento por vetor de distância é propenso a formação de *loops*.
- ✓ Outra desvantagem do algoritmo é que o tempo de convergência pode ser longo quando ocorre a perda de um roteador ou de um enlace.

Roteamento por Estado de Enlace

- ✓ Cada roteador que utiliza o algoritmo de roteamento por estado de enlace realiza as seguintes tarefas:
  - Descobre seus vizinhos e aprende os seus endereços.
  - Faz estimativas de custos para cada um dos seus vizinhos e armazena estas informações.
  - Cria um pacote para difundir estas informações para todos os outros roteadores.
  - Calcula o caminho mais curto para cada um dos outros roteadores utilizando o algoritmo de Dijkstra.

Cortesia: Prof. Dr. José Marcos Câmara Brito

Exercícios: