

Interconexão de Redes

Parte 3

Prof. Dr. S. Motoyama

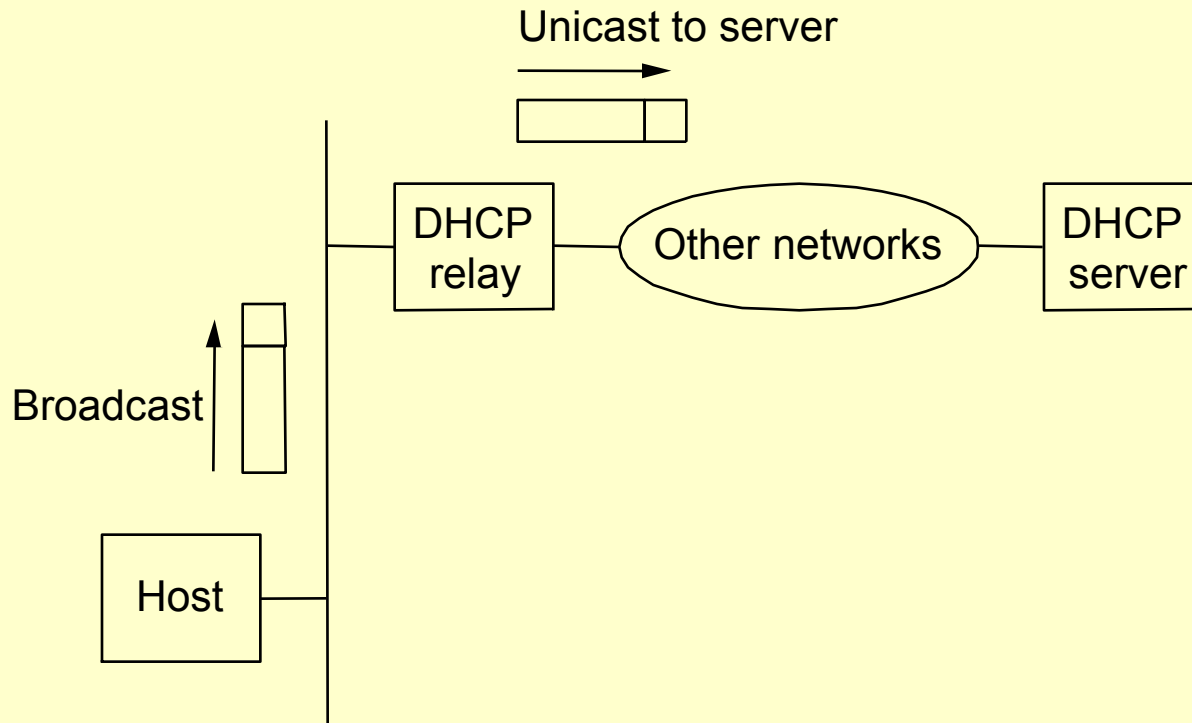
Protocolo de configuração dinâmica de host - DHCP

- DHCP proporciona uma estrutura para passar informação de configuração aos hosts (de maneira dinâmica com pouca interferência do gerente da rede)
 - Endereços IPs, endereço de um roteador default.
- DHCP é sistema cliente-servidor.
- Operação do DHCP:
 - Um cliente DHCP, inicialmente, envia uma mensagem de broadcast DISCOVER para encontrar um servidor DHCP.
 - Se o servidor não está conectado diretamente ao cliente, a mensagem será retransmitida para outras redes através de um retransmissor DHCP.

DHCP

- O servidor envia uma mensagem OFFER de volta ao cliente.
- Ao aceitar a mensagem OFFER de um servidor DHCP, o cliente envia uma mensagem REQUEST para o servidor.
- Na fase final o servidor envia um REQUEST ACK de volta ao cliente.
- DHCP proporciona endereços IP aos clientes por uma duração finita de leasing.
 - O cliente ou renova o leasing ou requisita um novo endereço.

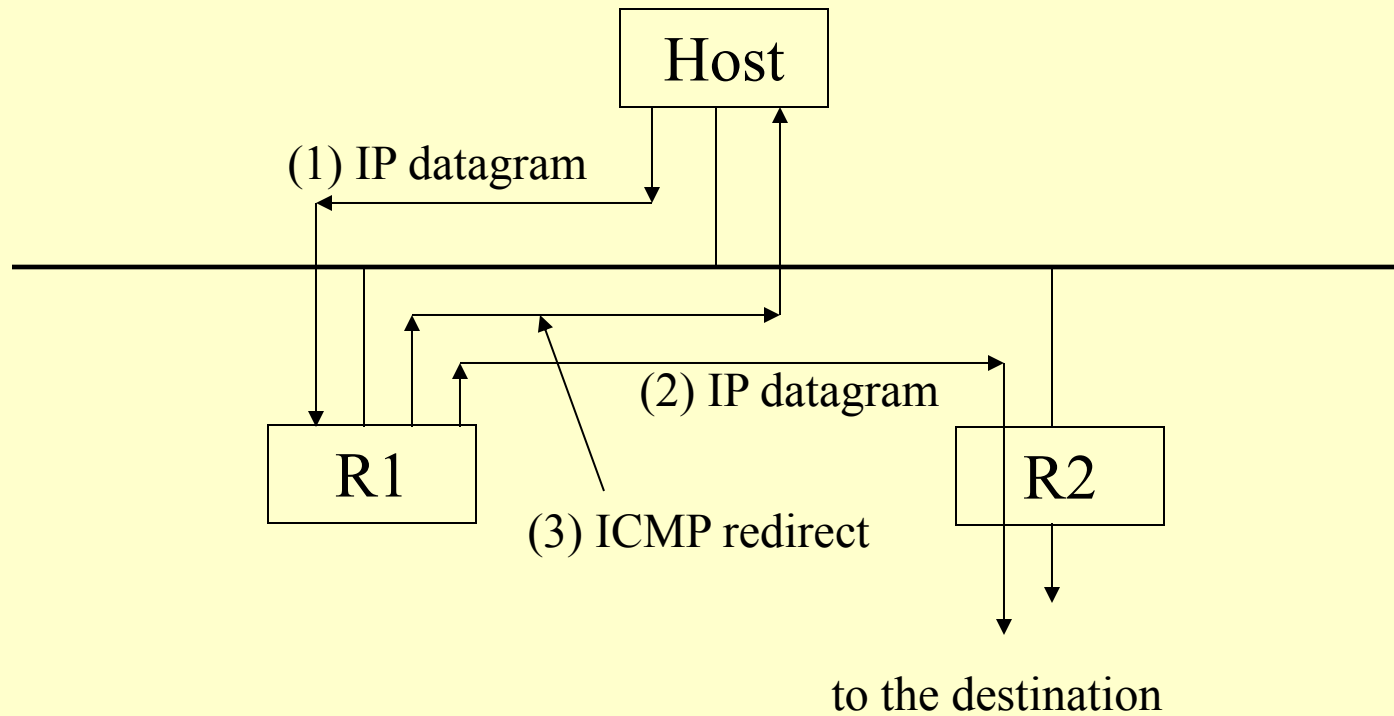
DHCP



Protocolo de mensagem de controle da Internet - ICMP

- As principais funções associadas com o ICMP são relatório de erro, teste de alcançabilidade, e notificação de mudança da rota.
- ICMP relata erros para a origem de um host não alcançável, perda de fragmentos, etc.
- O programa Ping usa o comando “ICMP echo request and reply” para testar a presença de um host.
- ICMP envia uma mensagem de redirecionamento para uma melhor rota de volta à fonte.

ICMP



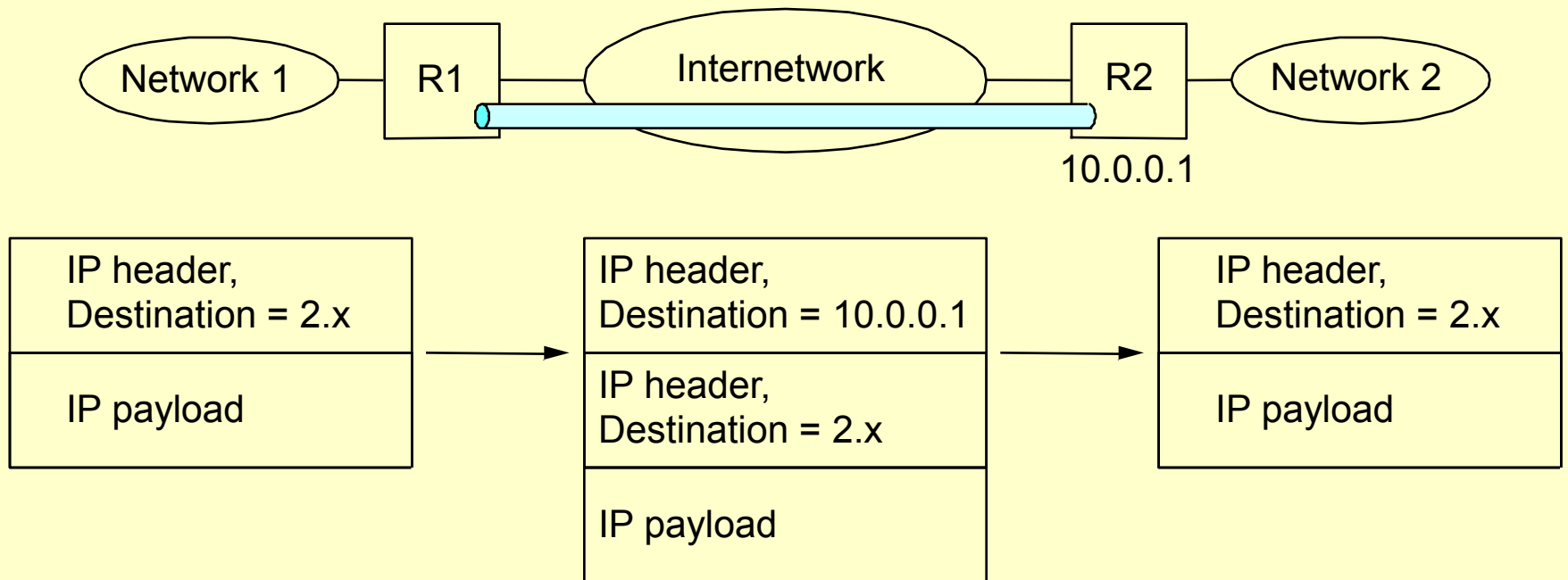
Túneis IP

- Dois nós de rede (hosts ou roteadores) podem estabelecer entre eles um “túnel” de datagramas IP.
 - Outros nós no caminho não ficam cientes da existência desses datagramas encapsulados.
 - Um túnel configurado de R1 a R2, no qual é atribuído um número virtual 0. A tabela de R1 fica

Rede	Próximo salto
• 1	Interface 0
• 2	Virtual interface 0
• Default	Interface 1

Túneis IP

- As interfaces de rede configuradas como pontos finais de um túnel desempenham um encapsulamento IP-em-IP.



Utilização de Túneis IP

- IP móvel: Um túnel IP entre um agente externo (ou um host móvel) e um agente interno (home agent).
- IPv6: Túneis IP serão usados para a transição entre IPv4-IPv6.
- IPSec: Túneis IP com segurança são utilizados para estabelecer redes privadas virtuais VPNs (Virtual Private Networks).

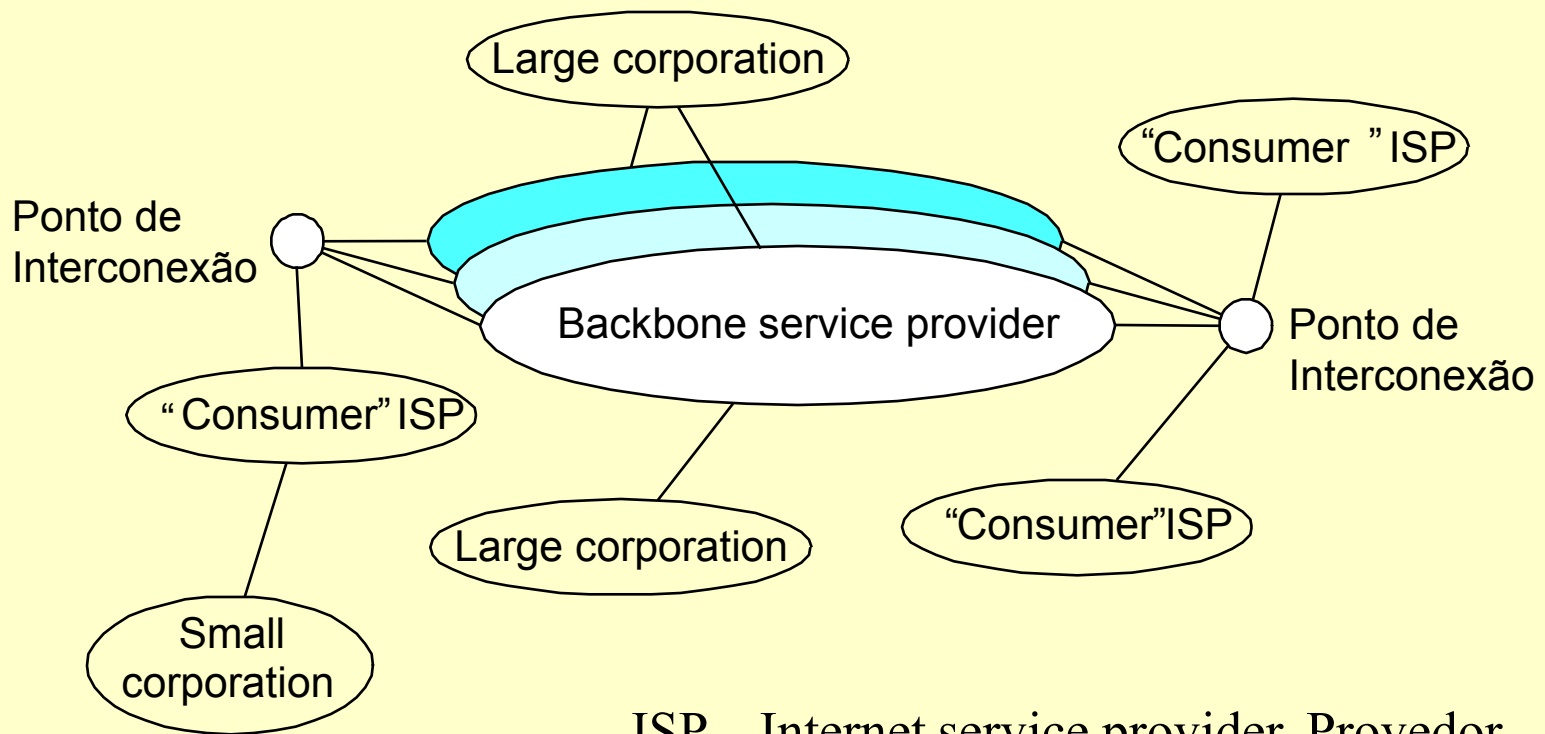
Características do encaminhamento IP

- Tanto os hosts como roteadores estão envolvidos no encaminhamento.
 - Comparado com roteadores, um host faz uma decisão mais simples: ou envia diretamente ao host conectado na mesma LAN ou envia a um roteador default.
- O encaminhamento IP é feito salto-a-salto (hop-by-hop).
- É suposto que o roteador do próximo salto é mais perto do destino.
- O encaminhamento IP é capaz de especificar uma rota para uma rede e não uma rota para cada host.

O problema de roteamento

- Problema: Como o roteador constrói a sua tabela de roteamento para encaminhar os datagramas?
- Encaminhamento vs roteamento
 - Roteamento é o processo pelo qual as tabelas de encaminhamento são construídas.
- Tabela de encaminhamento vs tabela de roteamento
 - Uma tabela de roteamento é construída através de protocolos de roteamento como um precursor para construir a tabela de encaminhamento.
 - Uma tabela de encaminhamento consiste de informações detalhadas suficientes para acelerar o encaminhamento de datagrama.

Topologia da Internet



ISP – Internet service provider. Provedor de serviço de Internet

Topologia da Internet

- Principais componentes na topologia da Internet:
 - Sistemas autônomos (AS), exemplos: unicamp.br, ibm.com, etc.
 - Provedores de Serviços de Internet (ISPs): ISPs locais, ISPs regionais, ISPs nacionais, ISPs backbones.
 - Roteadores são normalmente utilizados para interconectar esses componentes.

Roteadores não são todos iguais

- Roteadores de interior: Sabem rotear os datagramas com destino dentro de um mesmo AS.
- Roteadores de borda: Fazem interfaces entre o seu AS e um outro AS:
 - Um roteador que não seja de backbone tem normalmente uma “rota default” para um outro roteador com “maior conhecimento” para destinos desconhecidos.
 - Um roteador de backbone sabe de todas redes IP na Internet.
- Roteamento intradomínio vs roteamento interdomínio

Roteamento intradomínio

- Duas principais abordagens: Vetor de distância e estado do enlace (link state).
 - Ambos são implementados como protocolos distribuídos (centralização não é conveniente para escalabilidade).
 - Na abordagem de vetor de distância, cada roteador conversa apenas com os vizinhos conectados diretamente, mas conta tudo que foi aprendido.
 - Na abordagem de estado de enlace, cada roteador conversa com todos os outros roteadores na rede, mas conta somente o que sabe com certeza (apenas os estados dos enlaces conectados diretamente).

Vetor de Distancia – Roteamento baseado no algoritmo de Bellman-Ford

Este algoritmo representa a rede na forma de grafo. Nesse modelo, cada roteador representa um nó e o enlace entre dois nós representa um arco.

Suponha que o nó 1 seja o nó origem e considere o problema de encontrar o menor percurso de nó 1 até cada um dos nós.

O menor percurso entre um nó 1 até o nó i , sujeito a restrição de que o percurso contém no máximo h arcos e que passe pelo nó 1 somente uma vez, é denominado de percurso mais curto e é expresso por $D_i(h)$. O percurso pode conter nós repetidos.

$D_1(h) = 0$, para todo h .

$D_i(h)$ pode ser gerado iterativamente da expressão abaixo

$$D_i(h+1) = \min_j [d_{ij} + D_j(h)] \quad , \text{ para todo } i \neq 1, \text{ com a condição inicial}$$

$$D_i(0) = \infty$$

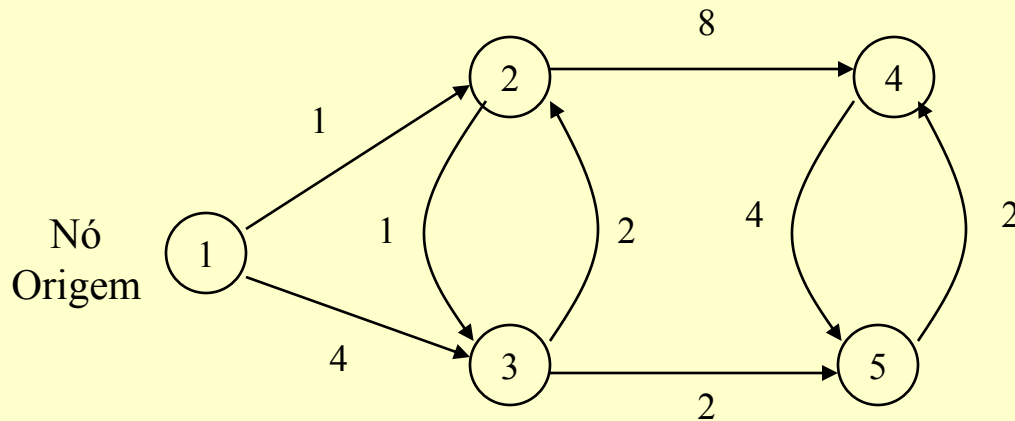
e d_{ij} = é o peso do arco entre os nós i e j .

A iteração termina quando

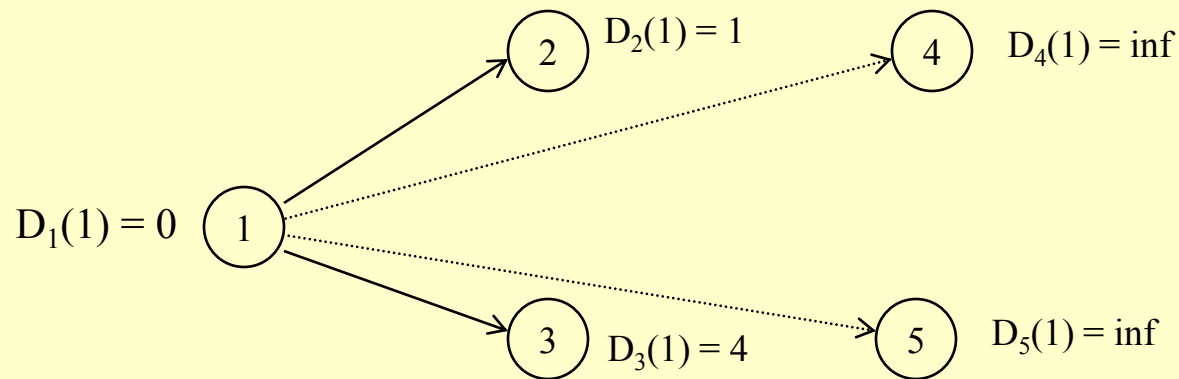
$$D_i(h) = D_i(h-1) \text{ para todo } i$$

Algoritmo de Bellman-Ford

Exemplo - De nó origem 1 para todos os outros nós

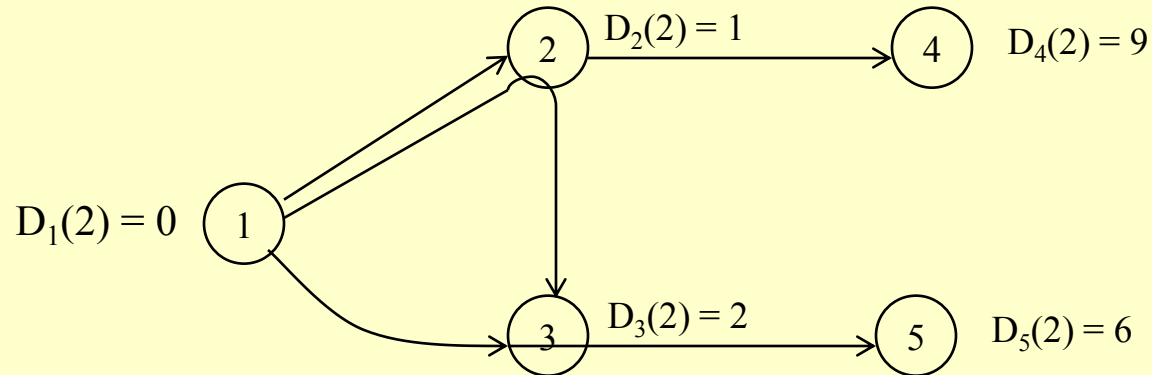


Percursos mais curtos usando 1 arco

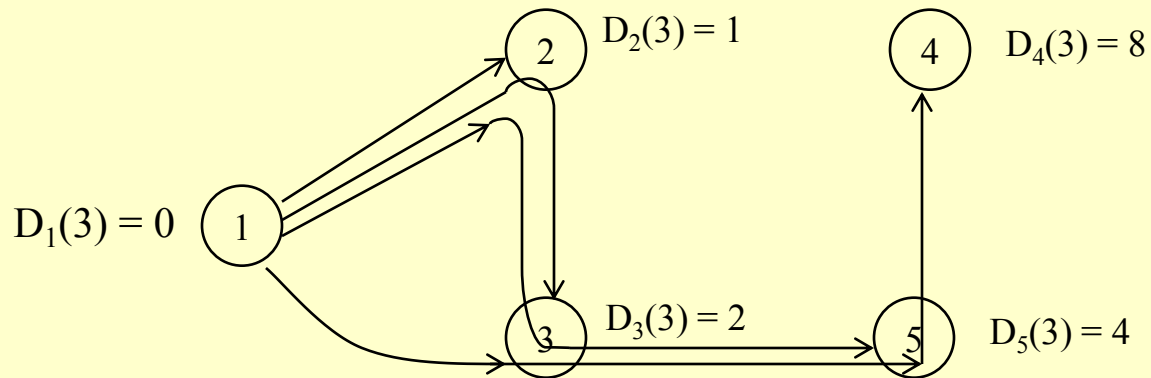


Algoritmo de Bellman-Ford - Exemplo

Percursos mais curtos usando 2 arcos

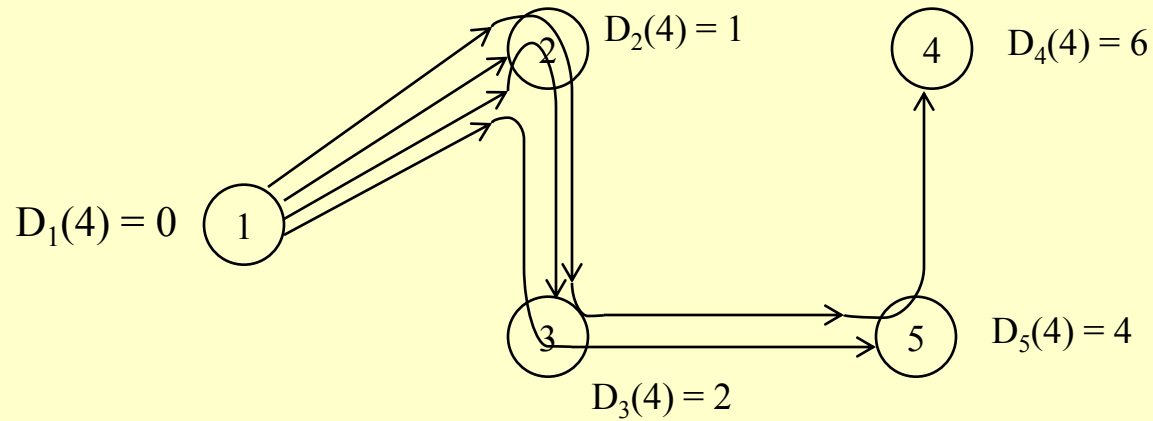


Percursos mais curtos usando 3 arcos

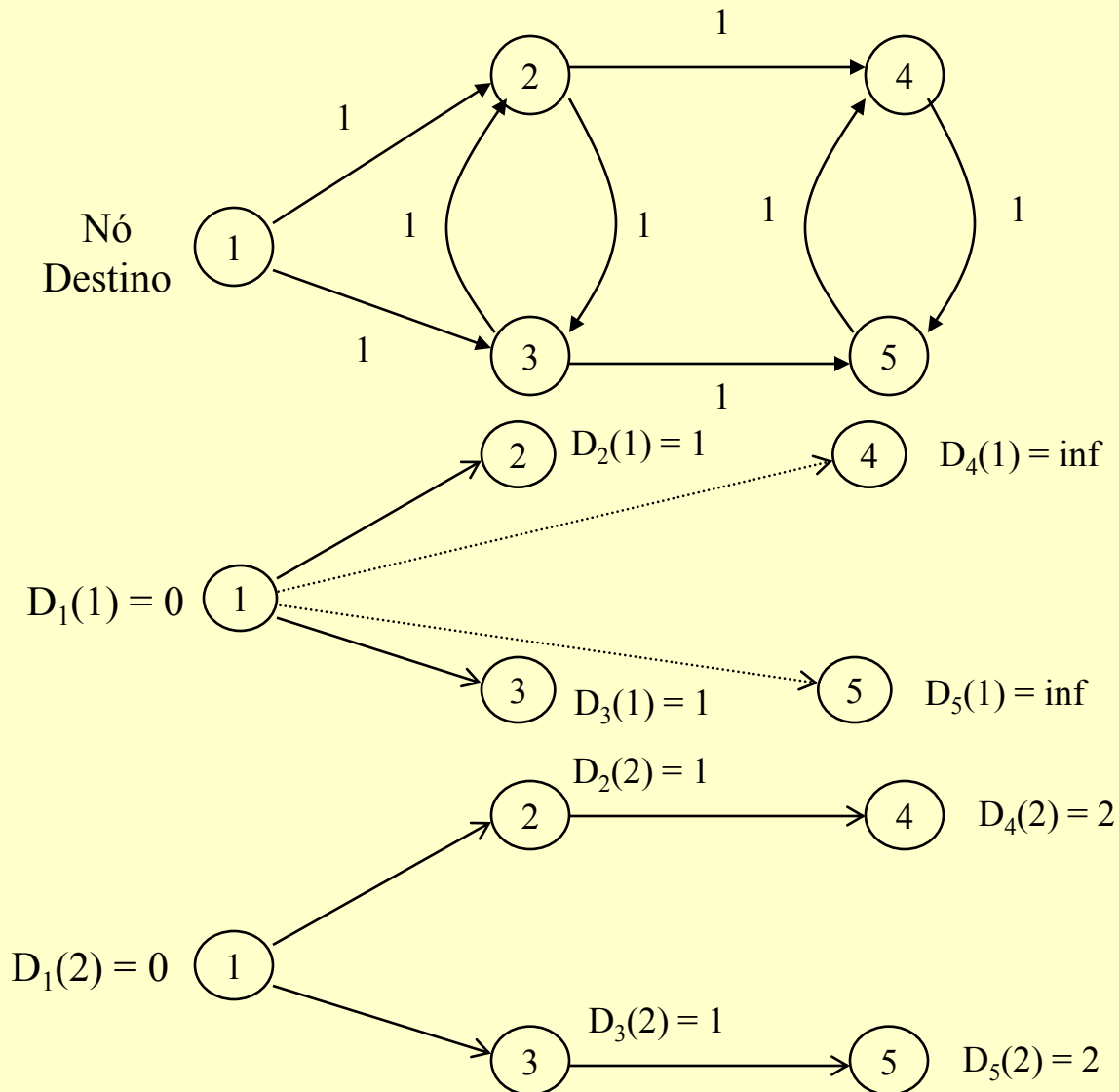


Bellman-Ford - Exemplo

Percursos mais curtos usando 4 arcos



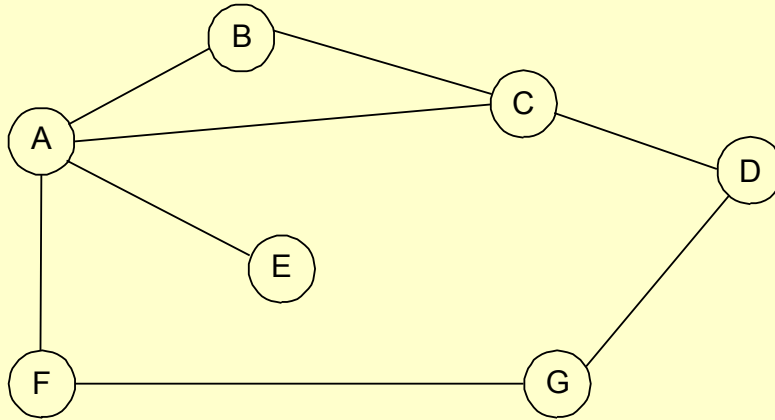
Bellman-Ford - Exemplo 2



Implementação de roteamento de vetor de distância

- Cada nó faz duas coisas:
 - Constrói um array uni-dimensional (um vetor) contendo as “distâncias” (custos) para todos os outros nós.
 - Distribui o vetor para os vizinhos imediatos.
- O vetor de cada nó consiste inicialmente de
 - Uma distância de 0 para alcançar ele mesmo, e
 - Uma distância infinita para alcançar outros nós.
- Quando o algoritmo converge, cada nó sabe para cada nó destino
 - 1) o próximo nó mais perto ao destino, e
 - 2) custo associado a esse caminho.

Exemplo



O custo é associado ao salto

Tabela de roteamento inicial no nó A

Destino	Custo	Prox. salto
A	0	A
B	∞	
C	∞	
D	∞	
E	∞	
F	∞	
G	∞	

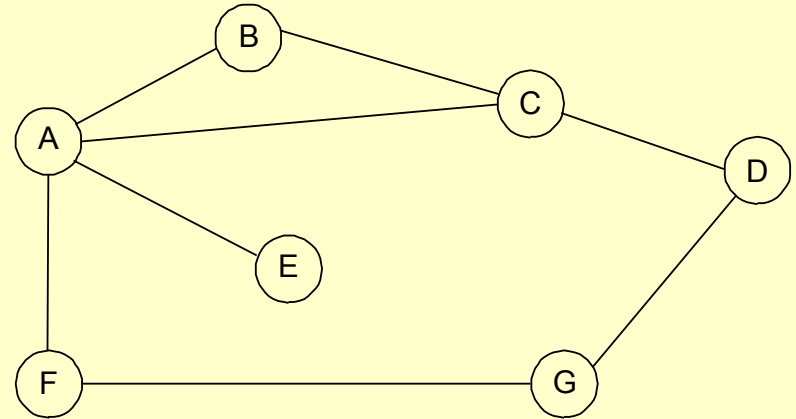
Tabela de roteamento na primeira iteração

Destino	Custo	Prox. salto
A	0	A
B	1	B
C	1	C
D	∞	
E	1	E
F	1	F
G	∞	

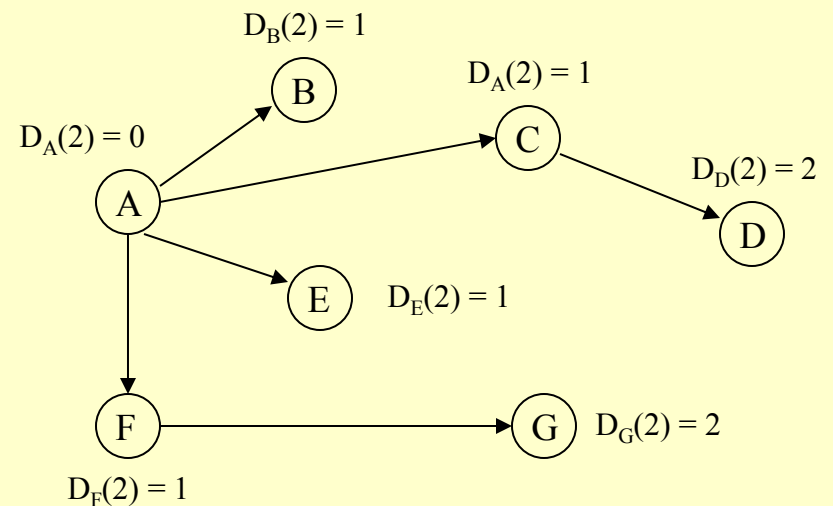
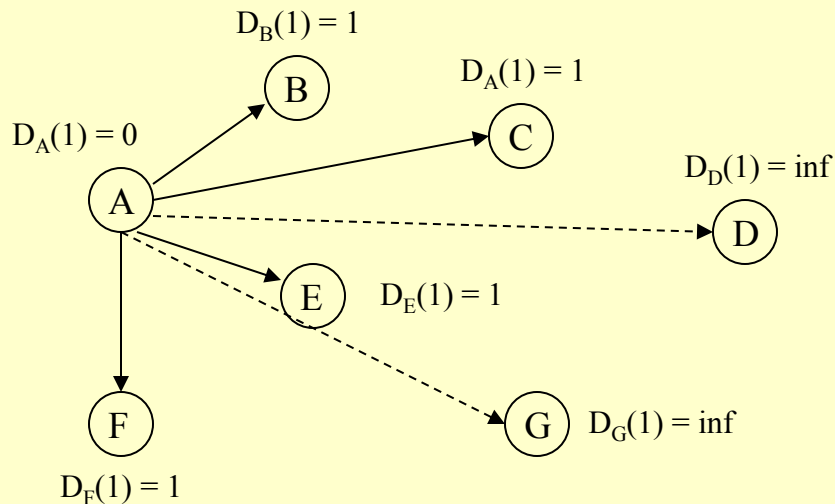
Exemplo

Tabela de roteamento final no nó A

Destino	Custo	Prox. salto
A	0	A
B	1	B
C	1	C
D	2	C
E	1	E
F	1	F
G	2	F

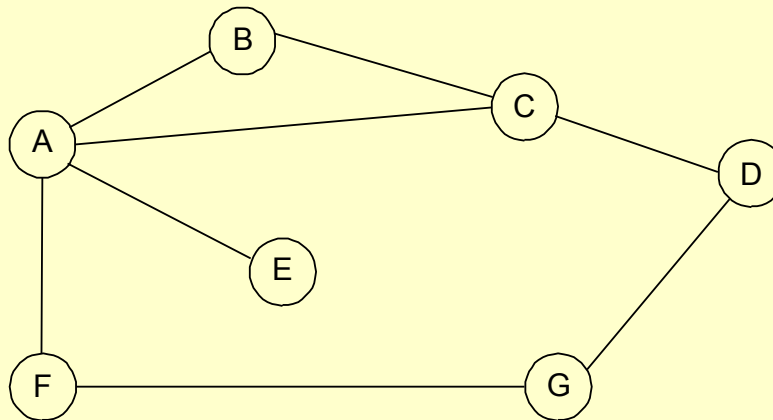


Por Bellman-Ford



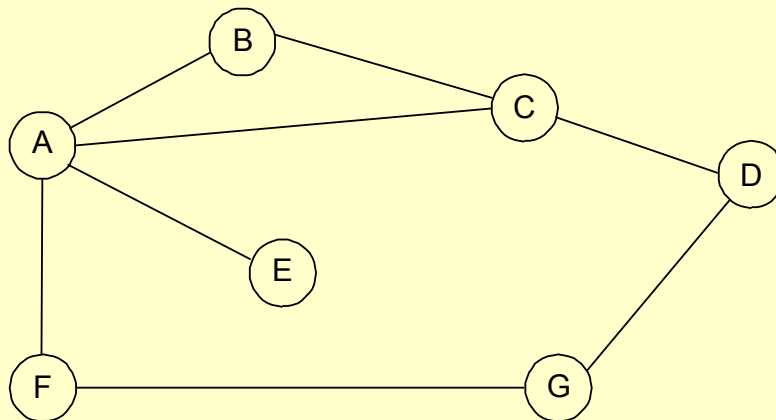
Roteamento dinâmico

- Cada nó envia periodicamente o seu vetor de distância ao seu vizinho (atualização periódica)
- Se o link A-C falha,
 - O custo na tabela de A para C fica infinito.
 - B informará a A um caminho para C com custo 1.
 - F informará a A um caminho para C com custo 3.
 - Portanto, a tabela de A para C é atualizada para: Prox. salto = B e custo = 2.



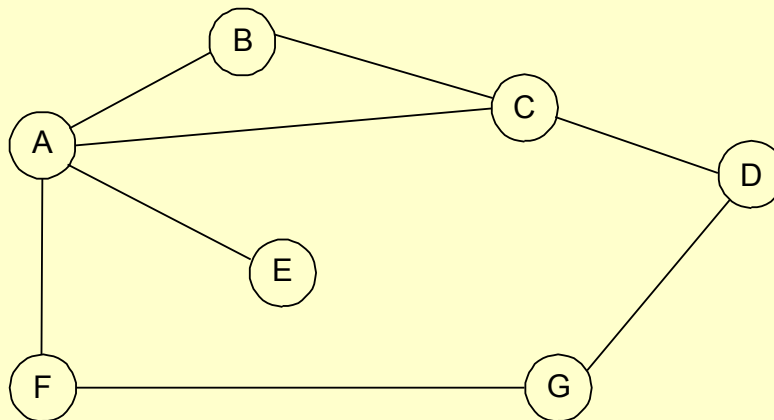
Roteamento dinâmico

- Cada nó pode enviar uma atualização do vetor de distância para o seu vizinho acionada por eventos externos (atualização acionada).
- Se o link A-C falha,
 - O custo na entrada de A para C torna infinito.
 - A imediatamente enviará o seu vetor atualizado para B, E, F.
 - Essa atualização não afeta a tabela de B.
 - Entretanto, E atualizará sua entrada para C de 2 para infinito, e depois de infinito para 3; a mesma situação ocorre para F.



Loops de roteamento

- Se o link A-E falha,
 - A entrada correspondente em A é atualizada.
 - Seja uma atualização acionada de A e atualizações periódicas de B, C, and F.
 - Possíveis ocorrências de eventos ($>$: significa mais cedo que):
 - Caso 1: $A > B$ e $A > C$ e $A > F$
 - Caso 2: $A > B$ e $A > C$ mas $A < F$
 - Caso 3: $A > C$ e $A > F$, mas $A < B$
 - No caso 1, todos os nós concluirão que E é não alcançável.
 - No caso 2, forma um loop de roteamento entre A e F.



Loops de roteamento

- No caso 3, forma um loop de roteamento entre A, B e C. (B anuncia a A que E pode ser alcançado por C com custo 3. A anuncia a C que E pode ser alcançado por B com custo 4. C anuncia a B que pode alcançar E, por A com custo 5. E assim por diante).
- Uma solução para esse problema é declarar que o link é não utilizável quando o custo atinge, por ex., 16 (contagem para infinito (count to infinity)).
- Divisão horizontal (split horizon) é uma outra solução para resolver o problema de loop de roteamento.
 - Um nó não anunciará uma rota de volta para outro nó que serve como o próximo salto naquela rota.
 - Por exemplo, B, C, F não anunciarão suas rotas para E de volta para A.

Protocolo de roteamento de informação (RIP)

- RIP utiliza o conceito de vetor de distância.
- Uma contagem de saltos de 16 é interpretada como infinito.
- Cada roteador com RIP envia aos seus vizinhos o seu vetor de distância a cada 30 segundos.
- RIP é implementado a nível de aplicação.