

Protocolos em Redes de Dados

- Aula 03 -

Introdução ao encaminhamento

Luís Rodrigues

ler@di.fc.ul.pt

DI/FCUL

Protocolos em Redes de Dados- Aula 03 -Introdução ao encaminhamento - p.1

- ⑥ Introdução ao encaminhamento.
- ⑥ Distance Vector Routing.
- ⑥ Link State Routing.
- ⑥ RIP.
- ⑥ (Nota: a maioria das figuras foram retiradas de A. Tanenbaum ©Prentice-Hall 1996)

Protocolos em Redes de Dados- Aula 03 -Introdução ao encaminhamento - p.2

Algoritmo de encaminhamento

- ⑥ Decide qual o caminho que os pacotes devem tomar.
- ⑥ Serviços datagrama:
 - △ Executado pacote a pacote.
- ⑥ Serviços orientados ao circuito:
 - △ Executado quando se cria o circuito.

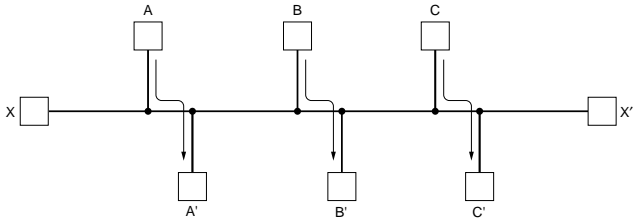
Protocolos em Redes de Dados- Aula 03 -Introdução ao encaminhamento - p.3

Dificuldades do encaminhamento

- ⑥ Tentar maximizar os recursos da rede (desempenho).
- ⑥ Tentar garantir o acesso a todos os participantes (igualdade).
 - △ Objectivos em conflito.
- ⑥ Que tipo de característica se deve privilegiar?
 - △ Débito, latência, preço, fiabilidade, etc.

Protocolos em Redes de Dados- Aula 03 -Introdução ao encaminhamento - p.4

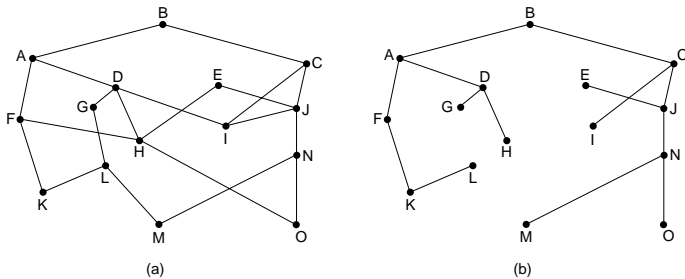
Igualdade e desempenho



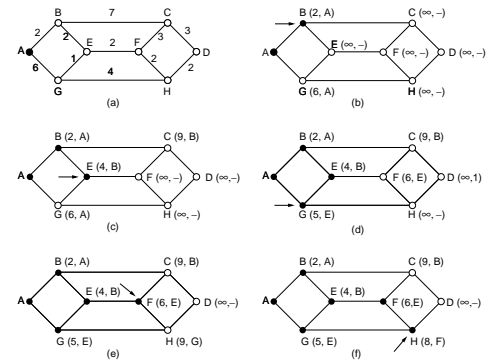
Árvore de escoamento

- 6 O conjunto de caminhos óptimos entre um nó e os restantes forma uma árvore.
- 6 Designa-se por árvore de escoamento.
- 6 Dificuldade na definição da árvore:
 - △ Os nós podem ter opiniões diferentes acerca de quais os encaminhadores que estão a montante e quais os que estão jusante.

Árvore de escoamento



Cálculo do caminho mais curto



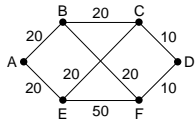
Inundação

- ⑥ Enviar um pacote por todos os caminhos possíveis.
- ⑥ Dispendioso e induz ciclos infinitos.
 - ▲ É necessário acrescentar um mecanismo de descarte de pacotes.
 - ▲ “Tempo-de-vida” do pacote.

Encaminhamento baseado no fluxo

- ⑥ Suponha-se que se conhecem de antemão os parâmetros da rede:
 - ▲ Padrões de tráfego, topologia, débito dos elos.
- ⑥ É possível prever o atraso em cada caminho, para uma determinada configuração de encaminhamento:
 - ▲ Tamanho médio dos pacotes ($1/\mu$), capacidade (C) e taxa de transmissão (λ).
 - ▲ $T = (\mu C - \lambda)^{-1}$
- ⑥ Pode-se calcular o encaminhamento que minimiza o atraso médio na rede.

Matriz de encaminhamento



(a)

		Destination					
		A	B	C	D	E	F
Source	A		9 AB	4 ABC	1 ABFD	7 AE	4 AEF
	B	9 BA		8 BC	3 BFD	2 BFE	4 BF
	C	4 CBA	8 CB		3 CD	3 CE	2 CEF
	D	1 DFBA	3 DFB	3 DC		3 DCE	4 DF
	E	7 EA	2 EFB	3 EC	3 ECD		5 EF
	F	4 FEA	4 FB	2 FEC	4 FD	5 FE	

(b)

Cálculo do atraso médio

Considerando $1/\lambda = 800bits$, μC indica a capacidade do elo em pacotes por segundo e a variável “weight” indica a percentagem de pacotes a percorrer o elo em relação ao número total de pacotes trocados.

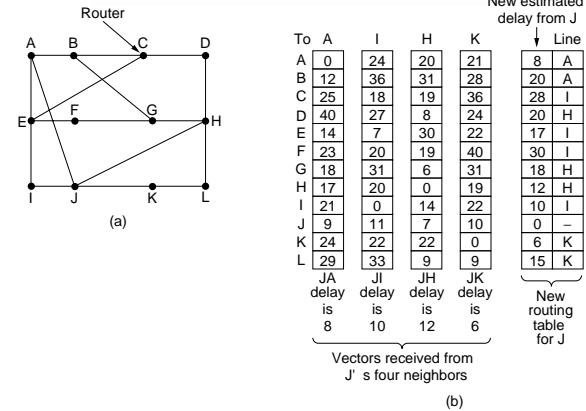
i	Line	λ_i (pkts/sec)	C_i (kbps)	μC_i (pkts/sec)	T_i (msec)	Weight
1	AB	14	20	25	91	0.171
2	BC	12	20	25	77	0.146
3	CD	6	10	12.5	154	0.073
4	AE	11	20	25	71	0.134
5	EF	13	50	62.5	20	0.159
6	FD	8	10	12.5	222	0.098
7	BF	10	20	25	67	0.122
8	EC	8	20	25	59	0.098

Encaminhamento baseado na distância

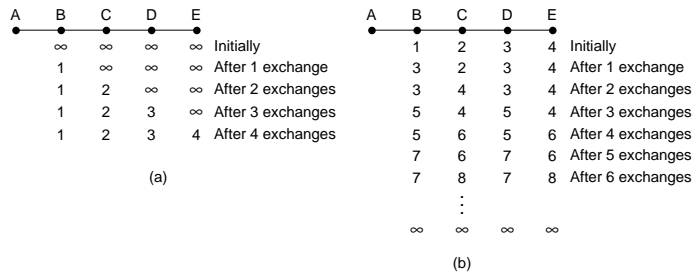
6 Distance Vector Routing.

- Cada encaminhador mantém uma tabela que indica a “distância” em relação aos restantes nós e qual o caminho a seguir.
- A métrica usada para medir a distância pode variar.
 - Número de encaminhadores, tempo de espera, etc.
- Cada nó propaga para os seus vizinhos o conteúdo da sua tabela.
 - A tabela local é actualizada após receber informação dos vizinhos.

Actualização da informação de custos



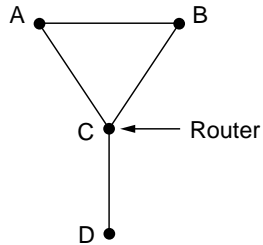
Lentidão na actualização de falhas



Contagem até ao infinito e “split horizon”

- O problema anterior é designado por problema da contagem até ao infinito.
- Uma técnica que tenta resolver este problema consiste em dar informação acerca da direcção dos pacotes.
 - Se A encaminha pacotes para C através de B, não indica a B que possui um caminho alternativo para C.
 - Põe essa distância a "infinito".
 - Designa-se por “split horizon”.

Falha do algoritmo "split horizon".



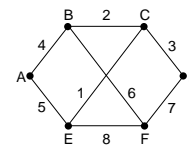
Encaminhamento baseado no estado dos elos

- ⑥ Cada nó descobre quais os encaminhadores que estão na sua vizinhança e qual o estado dos elos.
- ⑥ Esta informação é propagada na rede para todos os encaminhadores.
- ⑥ Cada encaminhador calcula uma tabela de encaminhamento localmente.

Reconhecimento dos vizinhos

- ⑥ Pacotes dedicados para saber a identidade dos vizinhos (hello).
- ⑥ Pacotes de eco para medir os atrasos na rede:
 - △ Podem ou não ter em conta o tráfego (usando as filas normais para transmitir o eco).
- ⑥ A informação recolhida é enviada aos restantes nós.

Pacotes do "link-state"



(a)

Link		State		Packets	
A	B	C	D	E	F
Seq.	Seq.	Seq.	Seq.	Seq.	Seq.
Age	Age	Age	Age	Age	Age
B 4	A 4	B 2	C 3	A 5	B 6
E 5	C 2	D 3	F 7	C 1	D 7
	F 6	E 1		F 8	E 8

(b)

Distribuindo o estado das linhas

- ⑥ Tenta-se que todos os encaminhadores usem a mesma informação.
- ⑥ Os pacotes são numerados e encaminhados por inundação.
- ⑥ Pacotes já encaminhados/recebidos são descartados.
- ⑥ Cada entrada é apagada ao fim de algum tempo.
- ⑥ A recepção dos pacotes é confirmada ao receptor.

Cálculo de novas tabelas de encaminhamento

- ⑥ Feito localmente usando o estado da rede recebido.
- ⑥ Algoritmos semelhantes aos estudados anteriormente.
- ⑥ Variantes deste algoritmo muito utilizadas em redes actuais.
 - △ OSPF.

Encaminhamento hierárquico

- ⑥ Não é exequível manter tabelas com todos os encaminhadores que existem no mundo.
- ⑥ Dividir o espaço de encaminhamento em regiões.
- ⑥ Encaminhar entre as regiões sem conhecer a sua estrutura interna.
 - △ Aplicar este princípio recursivamente.

Sistemas autónomos

- ⑥ A rede é vista como um conjunto de sistemas autónomos interligados.
- ⑥ A estrutura interna do sistema autónomo não é vista do exterior.
- ⑥ Protocolos diferentes dentro e fora do sistema autónomo.

Duas grandes classes de protocolos

- ⑥ Interior Routing Protocols:
 - △ Usados para encaminhar pacotes dentro de um sistema autónomo.
- ⑥ Exterior Routing Protocols:
 - △ Usados para encaminhar pacotes entre sistemas autónomos.

Algumas siglas (Protocolos interiores)

- ⑥ RIP:
 - △ Routing Information Protocol.
- ⑥ OSPF:
 - △ Open Shortest Path First.
- ⑥ IGRP, EIGRP:
 - △ Proprietário da Cisco.

Algumas siglas (Protocolos exteriores)

- ⑥ EGP:
 - △ Exterior Gateway Protocol.
- ⑥ BGP:
 - △ Border Gateway Protocol.
- ⑥ CIDR:
 - △ Classless Inter-Domain Routing.

RIP

- ⑥ Protocolo "simples" da família dos protocolos baseados em vectores de distância.
- ⑥ Inspirado nos primeiros protocolos de encaminhamento usados na Internet.

RIP (V1)

- Define o formato das mensagens usadas para trocar o conteúdo das tabelas.
- A métrica usada é o número de "hops", e o infinito está definido como 16.
- Esta convenção para o infinito impede o uso de métricas sofisticadas.

RIP (V1)

- Originalmente, concretizado por um programa chamado "routed".
- Distribuído com o Unix de Berkeley.
- Hoje substituído por outro chamado "gated".
 - "gated" disponível para a maioria dos Unix.

RIP (V1)

- Configuração:
 - O servidor deve obter a lista das suas interfaces e quais as redes a que está ligado através de ficheiros de configuração.
- É necessário também indicar quais são os vizinhos e quais os seus endereços.

RIP (V1): formato do pacote

Comand	Version	0
Address family identifier		0
IP address		
0		
0		
Metric		

- Command: request/response.
- Version: 1
- Family: originalmente pensado para suportar XNS, X.25, etc. Na prática IP.

RIP (V1): envio de actualizações

- 6 Actualizações (response) periódicas.
 - △ Em intervalos de 30 s.
- 6 Estimuladas por alterações na rede:
 - △ Propagadas de imediato mas com controlo da taxa máxima.
- 6 Pedidos:
 - △ Utilizados quando um encaminhador se inicia, para solicitar actualizações dos seus vizinhos.

RIP (V2)

- 6 Uma segunda versão do RIP foi definida em 1993.
- 6 Permite trocar máscaras de sub-rede, de modo a criar encaminhamentos diferentes para cada uma das sub-redes.
- 6 Permite trocar um campo de autenticação.

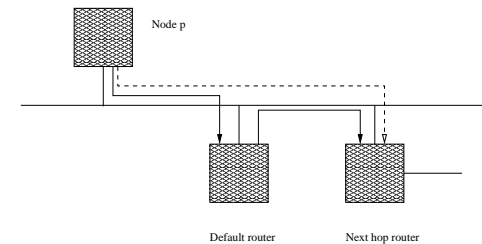
RIP (V2): formato do pacote

Comand	Version	0
Address family identifier		Route tag
IP address		
Subnet mask		
Next hop		
Metric		

- 6 Route tag: usado para identificar rotas externas.

Next hop: ilustração

- 6 Quando duas redes lógicas partilham a mesma rede física.
- 6 Permite enviar o pacote directamente para o próximo encaminhador.



RIP (V2): autenticação simples

Comand	Version	0
0xFFFF	Authentication type	
Authentication		
Address family identifier	Route tag	
IP address		
Subnet mask		
Next hop		
Metric		

- Posteriormente reforçado para suportar outras formas de autenticação.

Resumo

- Encaminhamento baseado em vectores de distância.
- Encaminhamento baseado em “estados-dos-elos”.
- RIP.