

Simulação do Protocolo de Roteamento OSPF com NS-3

Mozart Pistori Tomazetti

Departamento de Informática
Universidade Federal do Paraná
Bacharelado em Ciência da Computação
Trabalho de Graduação
Orientador: Prof. Dr. Elias P. Duarte Jr.

20 de dezembro de 2013

- O Protocolo OSPF
- O Simulador NS-3
- Simulações do OSPF no NS-3
- Simulações do OSPF com DCE
- Conclusão

Roteamento na Internet

- ▶ A Internet é organizada em regiões chamadas sistemas autônomos
- ▶ Um **sistema autônomo** é um conjunto de roteadores sob o controle de uma única entidade administrativa.
- ▶ Os protocolos de **roteamento interno** permitem aos roteadores trocarem informações dentro de um sistema autônomo
- ▶ Os protocolos de **roteamento externo** permitem aos roteadores trocarem informações entre sistemas autônomos
- ▶ Existem duas classes principais de protocolos: **vetor de distância** e **estado de enlace**

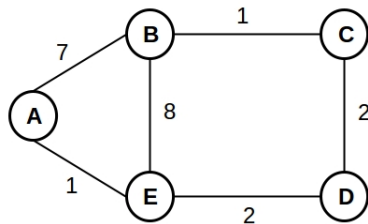
Vetor de Distância

- Cada roteador mantém uma tabela de distâncias

custo para o destino através de

d
e
s
t
i
n
o

D (E)	A	B	D
A	①	14	5
B	7	8	⑤
C	6	7	④
D	4	11	②

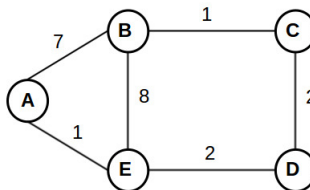


- A partir dos valores selecionados é criada a tabela de roteamento
- Periodicamente, cada roteador envia um cópia da sua tabela de roteamento aos roteadores adjacentes

Estado de Enlace

- ▶ Cada roteador mantém um representação da topologia da rede na forma de um grafo

	Vizinho	Custo
A	B	7
A	E	1
B	A	7
B	C	1
B	E	8
C	B	1
C	D	2
D	C	2
D	E	2
E	A	1
E	B	8
E	D	2



Estado de Enlace

Periodicamente, cada roteador:

- ▶ verifica o estado de seus enlaces
- ▶ envia as informações do estado dos enlaces aos roteadores adjacentes

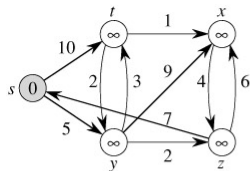
Protocolo OSPF

- ▶ O *Open Shortest Path First* (OSPF) é um protocolo de roteamento interno
- ▶ Pertence a classe **estado de enlace**
- ▶ Utiliza o algoritmo de Dijkstra para calcular o caminho mínimo de uma origem para cada destino da rede

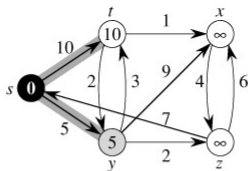
Vantagens do OSPF

- ▶ Encontra caminhos mínimos de maneira rápida e sem ciclos
- ▶ Utiliza menos largura de banda
- ▶ É possível utilizar diversas métricas no calculo do caminho mínimo
- ▶ Mantém mais de um caminho mínimo para um dado destino

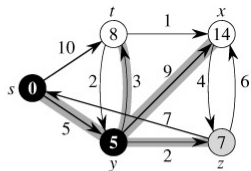
Algoritmo de Dijkstra



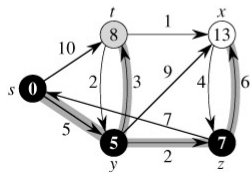
(a)



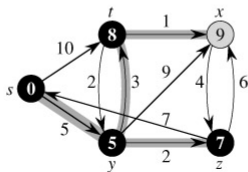
(b)



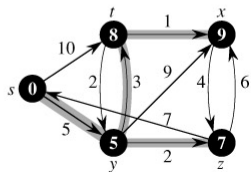
(c)



(d)



(e)



(f)

Protocolo Hello

- ▶ Verifica o estado dos enlaces através de pacotes *hello*
 - 1 Cada roteador envia pacotes *broadcast* com uma lista dos vizinhos conhecidos
 - 2 Se um vizinho não está na lista então seus pacotes *hello* não foram recebidos
 - 3 Então o enlace não é bidirecional e não pode ser usado no roteamento
- ▶ Elege um roteador *designado* e um roteador *reserva*
 - 1 Cada roteador é configurado com uma prioridade entre 0 e 255
 - 2 Através dos pacotes *hello* os roteadores informam sua prioridade
 - 3 Normalmente o roteador com maior prioridade é eleito roteador designado
 - 4 Se o roteador designado falha ele é substituído pelo reserva

Protocolo Exchange

Quando dois roteadores estabelecem conectividade bidirecional, eles devem sincronizar sua representação local da topologia da rede

- 1 Para isso eles trocam pacotes com descrições dos enlaces dos grafo
- 2 Em seguida os roteadores solicitam informações de novos enlaces
- 3 Por fim os roteadores trocam informações sobre o estado dos enlaces

Protocolo Flooding

- ▶ Quando um enlace muda de estado, o roteador responsável por esse enlace deve transmitir uma mensagem com a nova versão do estado do enlace
- ▶ Quando um roteador recebe novas informações sobre o estado de um enlace ele deve atualizar seu grafo e retransmitir as informações

Simulador NS-3

- ▶ O *Network Simulator 3* (NS-3) é um simulador de eventos discretos
- ▶ Voltado principalmente para simulação de redes de computadores
- ▶ É um software livre
- ▶ É construído como um sistema de bibliotecas escritas em C++

Instalação

Os desafios de simular o OSPF já se iniciam na instalação

- ▶ Três guias de instalação diferentes

- 1 Somente o NS-3

- 2 O NS-3 e o DCE

- 3 O NS-3 e o DCE com suporte para o Quagga

- O DCE é um módulo do NS-3 que oferece suporte a aplicações reais
 - O Quagga fornece implementações de protocolos de roteamento
 - O DCE e o Quagga são descritos com mais detalhes a seguir

- ▶ São necessários diversos pacotes

- ▶ Cada guia de instalação lista pacotes diferentes

- ▶ Alguns dos pacotes não são listados em nenhuma das guias

Criar uma simulação

Criar uma simulação no NS-3 é relativamente simples

- ▶ Documentação detalhada
- ▶ Diversos exemplos
- ▶ Diversos mecanismos de monitoramento, porém alguns deles exigem determinado nível de conhecimento
- ▶ Oferece alguns desafios como, por exemplo, a documentação sobre falhas de enlace é escassa

Simulação do OSPF no NS-3

- ▶ Em simulações sem falhas o roteamento ocorre de acordo com o esperado
- ▶ Quando ocorre uma falha os pacotes que utilizam o caminho falho não chegam aos seus destinos
- ▶ Não é calculado um novo caminho mínimo
- ▶ Os roteadores não são informados sobre a falha do enlace
 - 1 Não é implementado o protocolo *Hello* para identificar a falha
 - 2 Não é implementado o protocolo *Flooding* para informar todos os roteadores
- ▶ Somente o protocolo *Exchange* está implementado no NS-3

O Módulo DCE

- ▶ O NS-3 não fornece a implementação completa do OSPF
- ▶ O módulo *Direct Code Execution* (DCE) passa a ser uma alternativa para simular o OSPF
- ▶ O DCE possui a implementação do protocolo OSPF feita pela *Quagga Routing Suite*
- ▶ O DCE também permite utilizar executáveis do sistema operacional Linux

Quagga Routing Suite

- ▶ O Quagga fornece implementações de protocolos de roteamento
 - *Open Shortest Path First* (OSPF)
 - *Routing Information Protocol* (RIP)
 - *Border Gateway Protocol* (BGP)
 - *Intermediate System to Intermediate System* (IS-IS)
- ▶ Esta implementações são para plataformas Unix

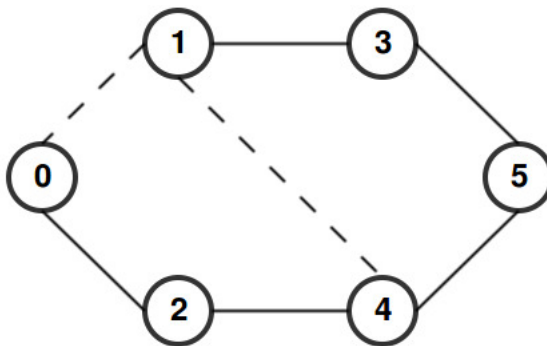
Simulações

- ▶ A maneira de configurar a simulação passa por diversas mudanças quando é utilizado o DCE
- ▶ Grande parte do conhecimento adquirido ao utilizar o NS-3 se torna obsoleto
- ▶ A documentação do DCE, especialmente a parte relacionada ao OSPF, é insuficiente e incompleta
- ▶ Alguns procedimentos exigem conhecimento de executáveis externos ao NS-3

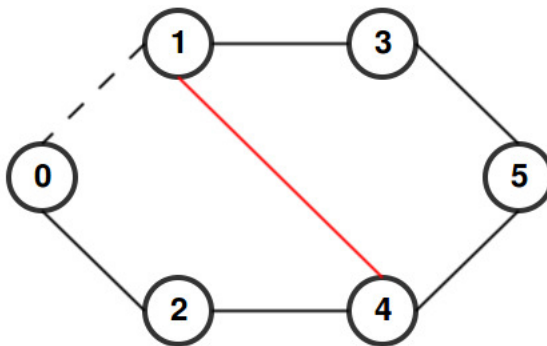
Resultados

- ▶ Nas simulações sem falhas o roteamento ocorre de acordo com o esperado
- ▶ Nas simulações com falhas é possível perceber que os roteadores percebem a falha do enlace e encontram um novo caminho mínimo
- ▶ Portanto foram usados os protocolo *Hello* e *Flooding*
- ▶ Se existe mais de um caminho de mesmo custo eles são identificados, porém somente um deles é utilizados
- ▶ É possível verificar isso ao utilizar o *tcpdump* para analisar o tráfego de pacotes na rede

Exemplo



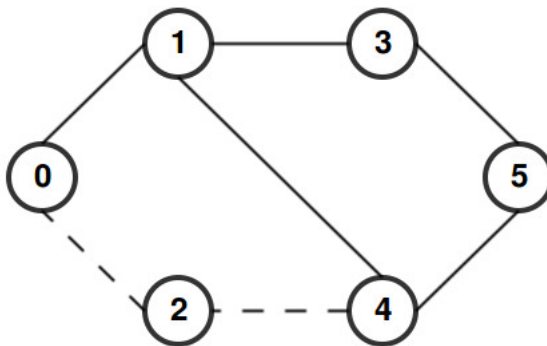
Exemplo



- Falha no enlace 1-4

```
RunIp(routers.Get(1), Seconds(74.5), "link set sim2 down");
```

Exemplo



Exemplo

► Último pacote do enlace 1-4

74.499432 IP 10.0.1.1.57474 > 10.1.4.2.5001: Flags [.] , seq 2278929:2280377, ack 1, win 2920, options [nop,nop,TS val 18608 ecr 18607], length 1448

► Enlace 2-4 no momento em que ocorre a falha

65.403112 IP 10.2.4.2 > 224.0.0.5: OSPFv2, **Hello**, length 48
74.504469 IP 10.2.4.1 > 224.0.0.5: OSPFv2, **LS Update**, length 76
74.784403 IP 10.0.1.1.57474 > 10.1.4.2.5001: Flags [.] , seq 4085885922:4085887370, ack 1742377879, win 2920, options [nop,nop,TS val 18695 ecr 18625], length 1448

Exemplo

► Transferência sem nenhuma falha na rede

Intervalo	Total	Taxa de Transferência
0.0–10.0 seg	5.88 MBytes	4.84 Mbits/seg

► Transferência com a falha na rede

Intervalo	Total	Taxa de Transferência
0.0–10.0 seg	5.62 MBytes	4.70 Mbits/seg

Dificuldades

- ▶ Não foi possível utilizar OSPF em uma rede com enlaces ponto-a-ponto e CSMA
 - Para configurar as interfaces de rede dos roteadores foi utilizado o comando *ip*
 - Este comando tem diversas opções de configuração
 - Após diversas tentativas as simulações não estavam ocorrendo de acordo com o esperado

- ▶ A última tarefa foi modificar o OSPF, implementado pelo Quagga, para que os roteadores guardassem diversos caminhos, não necessariamente mínimos, para cada destino
 - O OSPF do Quagga é muito detalhado, uma vez que ele é utilizado em roteadores da Internet
 - Para modifica-lo é preciso compreender detalhes muito específicos
 - Elimina a abstração da simulação

Conclusão

- ▶ Usar o DCE implica em trabalhar com a própria implementação do protocolo no sistema operacional
- ▶ Elimina a vantagem da simulação, na medida em que múltiplos detalhes devem ser considerados mesmo para testes simples
- ▶ É possível concluir que o trabalho futuro necessário, para permitir a continuidade deste trabalho, é completar a implementação do OSPF nativa do NS-3