

Protocolos de roteamento dinâmico

Maurício B. Bendjouya¹, Msc. André Moraes¹

¹Curso Superior de Tecnologia em Redes de Computadores
FACULDADE DE TECNOLOGIA SENAC (FATEC PELOTAS)
Rua Gonçalves Chaves 602-A – Centro – 96015-560 – Pelotas – RS – Brasil

mbendj@gmail.com, chameoandre@gmail.com

Resumo. *Este artigo tem como objetivo descrever a visão geral do roteamento dinâmico aplicado em redes de computadores, abordando os protocolos mais utilizados RIP e OSPF. E demonstrar um cenário prático de utilização dos protocolos através do simulador Packet Tracer.*

Abstract. *This article aims to describe the overview of the applied dynamic routing in computer networks, covering the most used protocols RIP and OSPF. And to demonstrate a practical scenario of using the protocols through the simulator Packet Tracer.*

1. Introdução

Os protocolos de roteamento determinam o melhor caminho para cada rede adicionada à tabela de roteamento. Um dos principais benefícios do uso de um protocolo de roteamento dinâmico é que os roteadores trocam informações de roteamento sempre que há uma alteração de topologia. Essa troca permite que os roteadores aprendam novas redes automaticamente e também localizem caminhos alternativos quando houver uma falha do link atual para uma rede.

2. Conceitos básicos

2.1. Protocolos de Roteamento Dinâmico

Os protocolos de roteamento dinâmico geralmente são usados em redes maiores com mais de uma rota possível para o mesmo ponto, aliviando a sobrecarga administrativa e operacional causada pelo uso de rotas estáticas. Normalmente, uma rede usa a combinação de um protocolo de roteamento dinâmico e rotas estáticas. Na maioria das redes, um único protocolo de roteamento dinâmico é usado. No entanto, há casos em que partes diferentes da rede podem usar protocolos de roteamento diferentes.

Vantagens do roteamento dinâmico:

- O administrador tem menos trabalho para manter a configuração ao adicionar ou excluir redes;
- Os protocolos reagem automaticamente às alterações de topologia;
- A configuração é menos propensa a erros;
- Mais escalável, o desenvolvimento da rede não costuma ser um problema.

Desvantagens do roteamento dinâmico:

- São usados recursos de roteador (ciclos de CPU, memória e largura de banda de link);
- São necessários mais conhecimentos de administrador para configuração, verificação e solução de problemas.

[Cisco Systems 2008]

2.2. Sistema Autônomo

Um sistema autônomo (AS, autonomous system) é um grupo de rede IP gerenciada por uma ou mais operadoras de rede, que compartilham uma mesma política de roteamento também conhecido como um domínio de roteamento.

2.3. Distâncias Administrativas

São métricas utilizadas para classificar a confiabilidade das informações roteadas recebidas por um roteador, vindas de um roteador vizinho. A Distância Administrativa é representada por um número inteiro compreendido entre 0 e 255, sendo o 0 a rota mais confiável e 255 significando que determinada rota é inalcançável. Quanto menor for o valor da distância administrativa, mais confiável será a rota. A seguir é apresentada a tabela da Distância administrativa padrão dos protocolos.

| Origem da rota | Distância administrativa |
|-----------------------------|--------------------------|
| Diretamente conectada | 0 |
| Rota estática | 1 |
| OSPF | 110 |
| RIP | 120 |
| Desconhecido / Inalcançável | 255 |

Tabela 1. Tabela de Distância Administrativa padrão

2.4. Classes de protocolos de roteamento

Existem três classes de protocolos de roteamento:

- Distance Vector: Os protocolos de roteamento classificados nesta categoria utilizam a distância à rede remota para definição do melhor caminho. Cada vez que um pacote passa por um roteador, é chamado de hop (salto). No caso de protocolos de roteamento da classe distance vector, o menor número de "saltos" até determinada rede remota determina a melhor rota. Baseam-se na contagem de "saltos" (hop count) para definição e escolha da melhor rota. Um protocolo de roteamento dinâmico que pertence a essa classe é o RIP, que abordaremos na seção 3 deste documento;
- Link State: Tipicamente conhecidos como "caminho mais curto antes" (Shortest Path First), cada roteador cria três diferentes tabelas. Uma dessas tabelas mantém informações sobre redes diretamente conectadas, outra determina a topologia de toda a rede e a última é a tabela de roteamento. Roteadores que utilizam protocolos link state conhecem a rede como um todo mais profundamente que qualquer protocolo baseado em distance vector. Um protocolo de roteamento dinâmico que pertence a essa classe é o OSPF, que abordaremos na seção 4 deste documento;
- Hybrid: Trata-se de protocolos de roteamento que possuem características de ambas as classes citadas anteriormente.
[FILIPPETI 2009]

2.5. Protocolos de roteamento: Classful - Classless

2.5.1. Classful

Os protocolos de roteamento classful não enviam informações sobre a máscara de sub-rede nas atualizações de roteamento. Os primeiros protocolos de roteamento, como o RIP, eram classful. Isso ocorria em uma época em que os endereços de rede eram alocados com base em classes: classe A, B ou C. O protocolo de roteamento não precisava incluir a máscara de sub-rede na atualização de roteamento porque a máscara de rede podia ser determinada com base no primeiro octeto do endereço de rede.

Os protocolos de roteamento classful ainda podem ser usados em algumas das redes atuais. No entanto, como eles não incluem a máscara de sub-rede, não podem ser usados em todas as situações. Os protocolos de roteamento classful não podem ser usados quando uma rede é colocada em sub-rede usando mais de uma máscara de sub-rede. Em outras palavras, os protocolos de roteamento classful não suportam VLSM (Variable Length Subnet Mask - Máscara de sub-rede de comprimento variável). Os protocolos de roteamento classful incluem o RIPv1 e o IGRP.

2.5.2. Classless

Os protocolos de roteamento classless incluem a máscara de sub-rede com o endereço de rede nas atualizações de roteamento. As redes atuais não são mais alocadas com base em classes e a máscara de sub-rede não pode ser determinada pelo valor do primeiro octeto. Os protocolos de roteamento classless são obrigatórios na maioria das redes atuais porque suportam VLSMs e redes não contígua. Os protocolos de roteamento classless são RIPv2, EIGRP, OSPF, IS-IS e BGP.

3. RIP (Routing Information Protocol)

O RIP evoluiu de um protocolo anterior desenvolvido na Xerox, chamado Protocolo de Informações de Gateway (GWINFO, Gateway Information Protocol). Com o desenvolvimento do XNS (Xerox Network System), o GWINFO resultou no RIP. Posteriormente, ele ganhou popularidade porque foi implementado na BSD (Berkeley Software Distribution) como um daemon chamado de routed (pronunciado "route-dee"). Vários outros fornecedores fizeram implementações ligeiramente diferentes do RIP. Reconhecendo a necessidade de padronização do protocolo, Charles Hedrick escreveu a RFC 1058 em 1988, no qual ele documentou o protocolo existente e especificou algumas melhorias. Desde então, o RIP foi melhorado com o RIPv2 em 1994 e com o RIPv3 em 1997.

Ao longo dos anos, o RIP evoluiu de um protocolo de roteamento classful (RIPv1) para um protocolo de roteamento classless (RIPv2). Os roteadores feitos por empresas diferentes podem comunicar-se usando o RIP. Ele é um dos protocolos de roteamento mais fáceis de configurar. Por isso, é uma boa opção para redes pequenas. No entanto, o RIPv2 ainda possui limitações. O RIPv1 e o RIPv2 têm uma métrica de rota baseada somente na contagem de saltos e limitada a 15 saltos.

O RIPv2 introduziu seguintes melhorias no RIPv1:

- Inclui a máscara de sub-rede nas atualizações de roteamento, tornando-o um protocolo de roteamento classless;

- Possui mecanismo de autenticação para proteger atualizações da tabela de roteamento;
- Suporta a máscara de sub-rede de tamanho variável (VLSM);
- Suporta a sumarização manual de rota.

Cada interface configurada pelo RIP envia uma mensagem de solicitação na inicialização, solicitando que todos os vizinhos RIP enviem suas tabelas de roteamento completas. Uma mensagem de resposta é devolvida por vizinhos habilitados pelo RIP. Quando o roteador solicitante recebe as respostas, ele avalia cada entrada de rota. Se uma entrada de rota for nova, o roteador receptor instalará a rota na tabela de roteamento. Se a rota já estiver na tabela e a nova entrada tiver uma contagem de saltos melhor, a entrada existente será substituída. Então, o roteador de inicialização envia uma atualização disparada a todas as interfaces habilitadas pelo RIP que contêm sua própria tabela de roteamento para que os vizinhos RIP possam ser informados de todas as rotas novas.

4. OSPF (Open Shortest Path First)

O desenvolvimento inicial do OSPF começou em 1987 pelo Grupo de Trabalho do OSPF da Internet Engineering Task Force (IETF). Naquele tempo, a Internet era predominantemente uma rede acadêmica e de pesquisa fundada pelo governo norte-americano. Em 1989, a especificação para o OSPFv1 foi publicada na RFC 1131. Havia duas implementações escritas: uma para executar em roteadores e outra para executar em estações de trabalho UNIX. A última implementação tornou-se mais tarde um processo UNIX difundido conhecido como GATED. O OSPFv1 foi um protocolo de roteamento experimental e não foi implantado. Em 1998, a especificação de OSPFv2 foi atualizada na RFC 2328 e é a RFC atual para OSPF.

É um protocolo de roteamento link-state que foi desenvolvido como uma substituição para o protocolo de roteamento do vetor de distância RIP. O RIP foi um protocolo de roteamento aceitável no início da Internet, mas sua confiabilidade em contagem de saltos como a única medida para escolher a melhor rota rapidamente tornou-se inaceitável em redes maiores que necessitavam de uma solução de roteamento mais robusta. O OSPF é um protocolo de roteamento classless que usa o conceito de áreas para escalabilidade. As principais vantagens do OSPF sobre o RIP são sua rápida convergência e escalabilidade para implementações de rede muito maiores.

O protocolo OSPF possui recursos que podem ser divididos em três categorias: vizinhos, troca de dados e cálculo de rotas. Primeiramente os roteadores formam uma relação de vizinhos que fornece a base para toda a comunicação contínua do OSPF. Depois que os roteadores se tornam vizinhos, eles trocam o conteúdo de seus respectivos LSDBs (Link-State Data Base - Banco de Dados Link-State). Assim que um roteador tem as informações de topologia em seu LSDB ele utiliza o algoritmo Dijkstra SPF(algoritmo que calcula o caminho de custo mínimo entre vértices de um grafo) para calcular as melhores rotas atuais e acrescenta-lás à tabela de roteamento IP.

5. RIP x OSPF

Na Tabela 2 pode ser observado um comparativo das funcionalidades entre os dois protocolos de roteamento.

| Características | RIPv1 | RIPv2 | OSPF |
|------------------------------|--------------------|--------------------|-------------------|
| Tipo de protocolo | Distance Vector | Distance Vector | Link State |
| Suporte a VLSM | Não | Sim | Sim |
| Auto summarization | Sim | Sim | Não |
| Manual summarization | Não | Sim | Sim |
| Suporte a redes descontínuas | Não | Sim | Sim |
| Tipo de propagação | Broadcast | Multicast | Multicast |
| Métrica utilizada | Saltos | Saltos | Largura de banda |
| Limite de saltos (hop count) | 15 | 15 | N/A |
| Convergência | Lenta | Lenta | Rápida |
| Suporte à autenticação | Não | Sim | Sim |
| Suporte à hierarquização | Não | Não | Sim |
| Tipo de atualização | Updates periódicos | Updates periódicos | *Event Triggered* |
| Algoritmo adotado | Bellman-Ford | Bellman-Ford | Dijkstra SPF |

Tabela 2. Tabela comparativa dos protocolos [ODOM 2008]

6. Cenários de simulação com Packet Tracer

O Packet Tracer é um programa educacional desenvolvido pela empresa Cisco com o objetivo de simulação de rede de computadores, através equipamentos e configurações presente em situações reais.

6.1. RIP

Neste cenário foi utilizado cinco roteadores com o protocolo RIP aplicado nas interfaces diretamente conectadas representando as redes por quantidade de host's e seus respectivos endereçamentos.

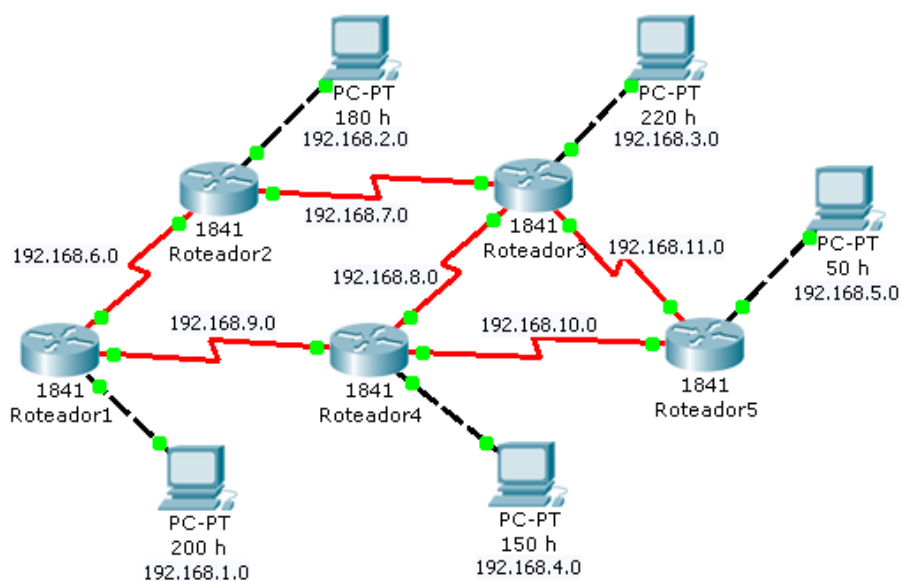


Figura 1. Simulação do protocolo RIP

Analisando a tabela de roteamento do Roteador4 as rotas reconhecidas pelo protocolo RIP são representadas pela letra "R" na coluna da esquerda. Observa-se a distância administrativa com valor igual a 120 seguido de sua métrica, a contagem de saltos até a rede de destino.

```
Roteador4#show ip route
Codes: C - connected, S - static, I - IGRP, R - RIP, M - mobile, B - BGP
       D - EIGRP, EX - EIGRP external, O - OSPF, IA - OSPF inter area
       N1 - OSPF NSSA external type 1, N2 - OSPF NSSA external type 2
       E1 - OSPF external type 1, E2 - OSPF external type 2, E - EGP
       i - IS-IS, L1 - IS-IS level-1, L2 - IS-IS level-2, ia - IS-IS inter area
       * - candidate default, U - per-user static route, o - ODR
       P - periodic downloaded static route

Gateway of last resort is not set

R    192.168.1.0/24 [120/1] via 192.168.9.2, 00:00:09, Serial0/0/0
R    192.168.2.0/24 [120/2] via 192.168.9.2, 00:00:09, Serial0/0/0
      [120/2] via 192.168.8.1, 00:00:11, Serial0/0/1
R    192.168.3.0/24 [120/1] via 192.168.8.1, 00:00:11, Serial0/0/1
C    192.168.4.0/24 is directly connected, FastEthernet0/0
R    192.168.5.0/24 [120/1] via 192.168.10.2, 00:00:09, Serial0/1/0
R    192.168.6.0/24 [120/1] via 192.168.9.2, 00:00:09, Serial0/0/0
R    192.168.7.0/24 [120/1] via 192.168.8.1, 00:00:11, Serial0/0/1
C    192.168.8.0/24 is directly connected, Serial0/0/1
C    192.168.9.0/24 is directly connected, Serial0/0/0
C    192.168.10.0/24 is directly connected, Serial0/1/0
R    192.168.11.0/24 [120/1] via 192.168.10.2, 00:00:09, Serial0/1/0
      [120/1] via 192.168.8.1, 00:00:11, Serial0/0/1

Roteador4#
```

Figura 2. Tabela de roteamento do Roteador4

Para a simulação foi removido a conexão do Roteador4 com os Roteadores 1 e 3, forçando o protocolo a reconhecer um caminho alternativo para as redes.

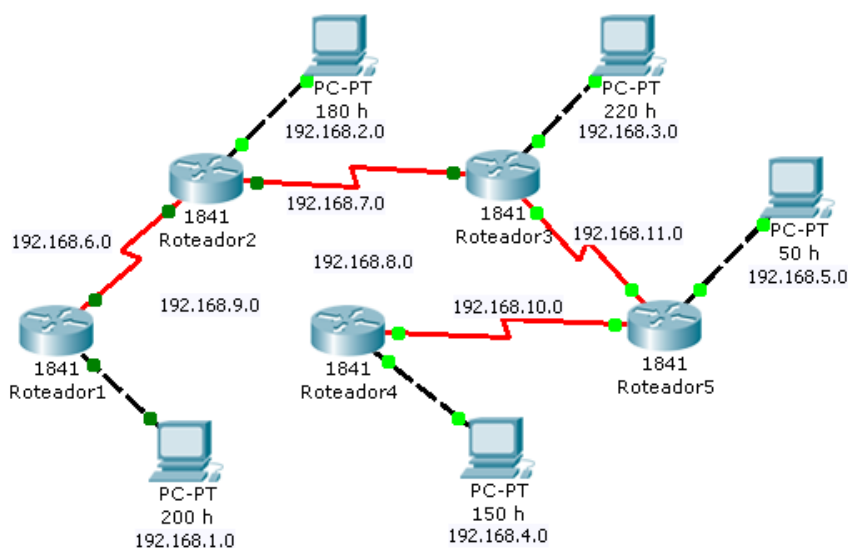


Figura 3. Remoção de conexões com roteadores vizinhos

Analisando novamente a tabela de roteamento do Roteador4 é possível observar as rotas reconhecidas pelo protocolo RIP através da interface 192.168.10.2 para todas as redes com a métrica definindo a contagem de saltos.

```
Roteador4#show ip route
Codes: C - connected, S - static, I - IGRP, R - RIP, M - mobile, B - BGP
       D - EIGRP, EX - EIGRP external, O - OSPF, IA - OSPF inter area
       N1 - OSPF NSSA external type 1, N2 - OSPF NSSA external type 2
       E1 - OSPF external type 1, E2 - OSPF external type 2, E - EGP
       i - IS-IS, L1 - IS-IS level-1, L2 - IS-IS level-2, ia - IS-IS inter area
       * - candidate default, U - per-user static route, o - ODR
       P - periodic downloaded static route

Gateway of last resort is not set

R    192.168.1.0/24 [120/4] via 192.168.10.2, 00:00:16, Serial0/1/0
R    192.168.2.0/24 [120/3] via 192.168.10.2, 00:00:16, Serial0/1/0
R    192.168.3.0/24 [120/2] via 192.168.10.2, 00:00:16, Serial0/1/0
C    192.168.4.0/24 is directly connected, FastEthernet0/0
R    192.168.5.0/24 [120/1] via 192.168.10.2, 00:00:16, Serial0/1/0
R    192.168.6.0/24 [120/3] via 192.168.10.2, 00:00:16, Serial0/1/0
R    192.168.7.0/24 [120/2] via 192.168.10.2, 00:00:16, Serial0/1/0
C    192.168.10.0/24 is directly connected, Serial0/1/0
R    192.168.11.0/24 [120/1] via 192.168.10.2, 00:00:16, Serial0/1/0
Roteador4#
```

Figura 4. Tabela de roteamento do Roteador4

6.2. OSPF

Neste cenário foi utilizado quatro roteadores com o protocolo OSPF aplicado nas interfaces diretamente conectadas com a representação das redes e seus endereçamentos.

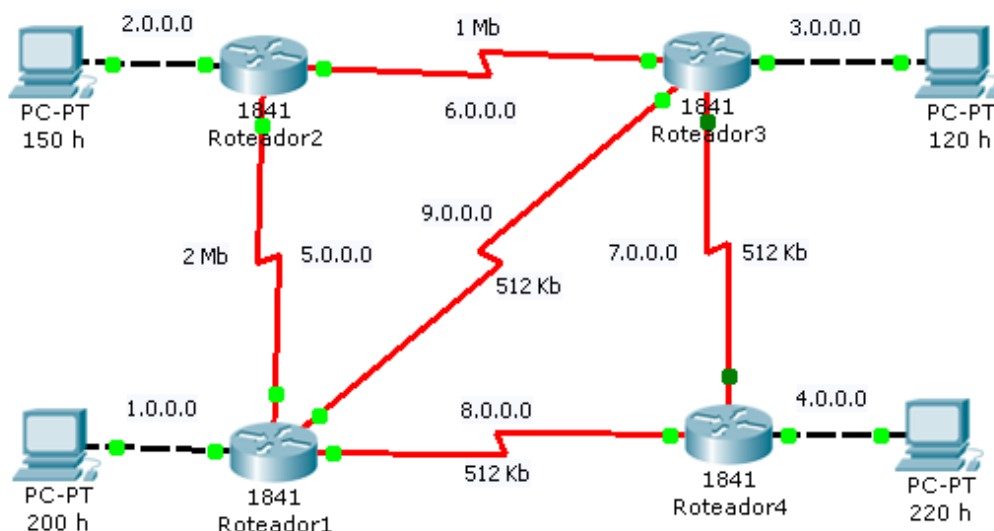


Figura 5. Simulação do protocolo OSPF

Com análise da tabela de roteamento do Roteador1, observa-se as rotas reconhecidas pelo protocolo OSPF representado pela letra "O" na coluna da esquerda e sua distância administrativa representada pelo valor igual a 110. Também é definida sua métrica, através do algoritmo que utiliza o cálculo da largura de banda.

```

Roteador1#show ip route
Codes: C - connected, S - static, I - IGRP, R - RIP, M - mobile, B - BGP
       D - EIGRP, EX - EIGRP external, O - OSPF, IA - OSPF inter area
       N1 - OSPF NSSA external type 1, N2 - OSPF NSSA external type 2
       E1 - OSPF external type 1, E2 - OSPF external type 2, E - EGP
       i - IS-IS, L1 - IS-IS level-1, L2 - IS-IS level-2, ia - IS-IS inter area
       * - candidate default, U - per-user static route, o - ODR
       P - periodic downloaded static route

Gateway of last resort is not set

C    1.0.0.0/8 is directly connected, FastEthernet0/0
O    2.0.0.0/8 [110/51] via 5.0.0.2, 00:33:15, Serial0/0/0
O    3.0.0.0/8 [110/151] via 5.0.0.2, 00:33:15, Serial0/0/0
O    4.0.0.0/8 [110/196] via 8.0.0.2, 00:33:15, Serial0/1/0
C    5.0.0.0/8 is directly connected, Serial0/0/0
O    6.0.0.0/8 [110/150] via 5.0.0.2, 00:33:15, Serial0/0/0
O    7.0.0.0/8 [110/345] via 5.0.0.2, 00:33:15, Serial0/0/0
C    8.0.0.0/8 is directly connected, Serial0/1/0
C    9.0.0.0/8 is directly connected, Serial0/0/1
Roteador1#

```

Figura 6. Tabela de roteamento do Roteador1

Nesta simulação foi removido as conexões entre os Roteadores 1 e 4, e também entre os Roteadores 2 e 3. Fazendo com que o protocolo aprenda novas rotas para as redes e altere o valor da métrica.

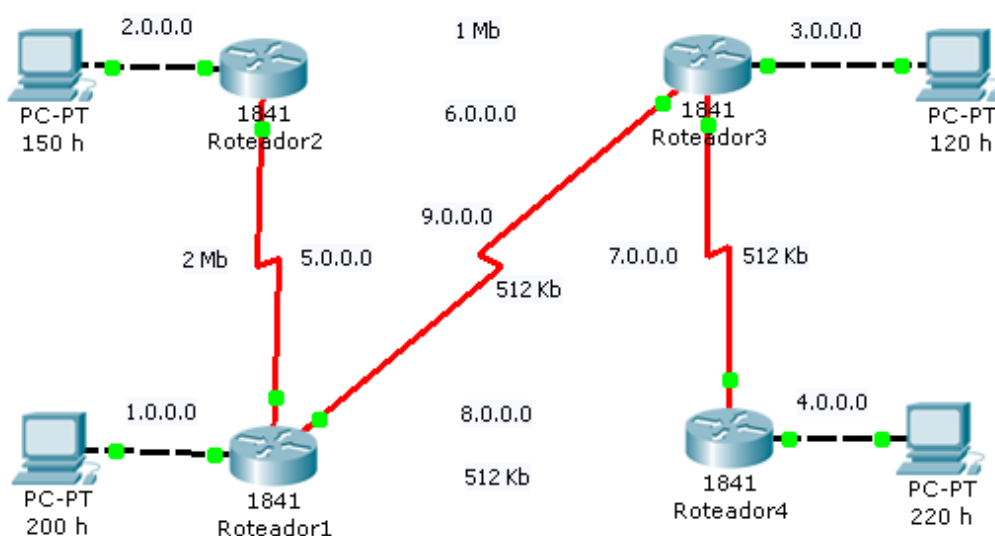


Figura 7. Remoção das conexões com roteadores vizinhos

Analisando novamente a tabela de roteamento do Roteador1 pode-se observar a principal alteração no valor da métrica, além de rota alternativa para outras redes.

```
Roteador1#show ip route
Codes: C - connected, S - static, I - IGRP, R - RIP, M - mobile, B - BGP
       D - EIGRP, EX - EIGRP external, O - OSPF, IA - OSPF inter area
       N1 - OSPF NSSA external type 1, N2 - OSPF NSSA external type 2
       E1 - OSPF external type 1, E2 - OSPF external type 2, E - EGP
       i - IS-IS, L1 - IS-IS level-1, L2 - IS-IS level-2, ia - IS-IS inter area
       * - candidate default, U - per-user static route, o - ODR
       P - periodic downloaded static route

Gateway of last resort is not set

C    1.0.0.0/8 is directly connected, FastEthernet0/0
O    2.0.0.0/8 [110/51] via 5.0.0.2, 00:35:59, Serial0/0/0
O    3.0.0.0/8 [110/196] via 9.0.0.2, 00:01:51, Serial0/0/1
O    4.0.0.0/8 [110/391] via 9.0.0.2, 00:01:51, Serial0/0/1
C    5.0.0.0/8 is directly connected, Serial0/0/0
O    7.0.0.0/8 [110/390] via 9.0.0.2, 00:01:51, Serial0/0/1
C    9.0.0.0/8 is directly connected, Serial0/0/1
Roteador1#
```

Figura 8. Tabela de roteamento do Roteador1

7. Conclusão

O protocolo RIP é ideal em redes de pequeno porte por ser de fácil implementação e utilizar menos processamento nos roteadores porém com limitação de apenas 15 saltos. Já em redes de grande porte o protocolo OSPF tem vantagem no tempo de convergência e definição das rotas por se tratar de um algoritmo mais complexo.

Referências

- Cisco Systems, I. (2008). *CCNA 4.0 - Protocolos e conceitos de roteamento*. CISCO Network Academy.
- FILIPPETI, M. A. (2009). *CCNA 4.1 - Guia Completo de Estudo*. Visual Books, 1th edition.
- ODOM, W. (2008). *CCNA ICND2 - Guia Oficial de certificação do Exame*. Alta Books.