

Engenharia de Tráfego – Um Estudo de Caso Utilizando MPLS (*Multi Protocol Label Switching*)

Fabio Borges dos Santos¹, Marcelo Zanetti², Rafael Antonio Borsa¹

¹Universidade do Oeste de Santa Catarina (UNOESC)
Rua Oiapoc, 211 – 89900-000 – São Miguel do Oeste – SC – Brasil

²Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR
Rodovia PR 469 Km 01 - 85503-390 - Pato Branco - PR

fabiozesge@gmail.com; mzanettill@yahoo.com.br; rafaelborsa@gmail.com

Abstract. *The fast ascension of the Internet and the easiness in the access of the technology had made with that the use of corporative nets increased in surprising way, thus creating much traffic in the difficult net and if become to use the resources that the net offers. From this it was thought about if making this work where in this article the subject of Engineering of Traffic is boarded, using protocol MPLS as solution for the removal of hindrance of the corporative nets, thus being able to use efficient way the resources of the net, without affecting the performance of same and the use for the user.*

Resumo. *A rápida ascensão da Internet e a facilidade no acesso da tecnologia fizeram com que a utilização de redes corporativas aumentasse de maneira assombrosa, criando assim muito tráfego na rede e se tornado difícil utilizar os recursos que a rede oferece. A partir disso foi pensado em se fazer esse trabalho onde neste artigo é abordado o tema de Engenharia de Tráfego, utilizando o protocolo MPLS como solução para a desobstrução das redes corporativas, podendo assim utilizar maneira eficaz os recursos da rede, sem afetar o desempenho da mesma e a utilização pelo usuário.*

1. Introdução

A popularização da internet mudou o padrão de vida das pessoas que tem acesso a esse canal de comunicação, fazendo com que elas utilizassem esse meio tanto para lazer, como também para fazer negócios e movimentações financeiras.

Hoje o usuário final necessita de um canal de comunicação de qualidade para acessar os serviços disponibilizados na internet. Essa procura por canais de comunicação de qualidade com a Internet conseqüentemente induz o aumento de banda dos provedores, e conseqüentemente, maior controle sobre as bandas disponibilizadas. O

conhecido controle de banda ou o controle de tráfego torna-se indispensável nesse contexto de comunicação com o mundo virtual.

O controle de tráfego é um método que unifica a utilização da banda pelos usuários e faz com que todos os usuários de mesmo perfil, tenham os mesmos privilégios de utilização e a mesma possibilidade de transmissão de dados no mundo virtual. O *Multi Protocol Label Switching* (MPLS) é um mecanismo que faz o controle de tráfego, ele transmite de maneira segura e pelo melhor caminho de dados disponível, agilizando a transmissão dos dados.

Esse artigo tem como foco o estudo de um mecanismo para o descongestionamento das redes de transmissão de dados. Para isto será feito o estudo de caso com o protocolo MPLS, homologado e padronizado pelo IETF (*Internet Engineering Task Force*). Para avaliar o funcionamento do protocolo MPLS foram realizados vários testes, utilizando-se da ferramenta *Dynamips*, que emula diversos dispositivos de rede.

2. Engenharia de Tráfego

A partir de meados da década de 1990, a taxa de crescimento de tráfego nas redes de computadores, ultrapassou todos os limites de suporte, sendo assim, não foi mais possível utilizar os recursos da rede de maneira correta, pois ela estava congestionada, tornando assim o tráfego, lento e praticamente impossível de trafegar dados (TRONCO, 2006).

A engenharia de tráfego é a manipulação de seu tráfego para se ajustar à sua rede. Não importa o quanto você tente, o tráfego da rede nunca corresponderá 100% (cem por cento) com as suas previsões. Porém um fato pouco analisado há enlaces na rede que são pouco utilizados, sendo que estes mesmos enlaces, muitas vezes, poderiam solucionar o problema de tráfego na rede. (OSBORNE E SIMHA, 2003).

Esse problema se origina principalmente, pois não se tem uma diferenciação adequada entre engenharia de redes e engenharia de tráfego. A engenharia de redes trabalha para ajustar a rede corporativa ao tráfego nela verificado, já a engenharia de tráfego, trabalha exclusivamente com tráfego, analisando as rotas e os melhores caminhos pelos menores custos e menores trajetos, ajustando o tráfego à sua própria rede, reordenando o tráfego de roteadores congestionados para roteadores pouco utilizados. (SOARES... [ET al.], 2008).

A distribuição do tráfego por diversos caminhos diferentes da rede, fazendo com que ele passe por diversos nós e enlaces, evitando assim os caminhos mais congestionados, se torna muitas vezes uma solução viável para o descongestionamento da rede. Porém, há uma complexidade muito grande no estudo da engenharia de tráfego, pois toda a rede deve ser analisada, como é o seu comportamento, como é a sua distribuição de tráfego pelos nós e enlaces, analisando a capacidade de suporte de tráfego de cada enlace, e os recursos, como um *backplane*, que fazem parte da rede, conhecendo assim, o tráfego que a rede pode suportar. (TRONCO, 2006).

A engenharia de tráfego é, atualmente, a principal aplicação do MPLS, que tem a possibilidade de controlar o fluxo do tráfego na rede para reduzir problemas de congestionamento, o que resulta na utilização mais homogênea dos recursos disponíveis.

A engenharia de tráfego não utiliza o processo de roteamento do caminho mais curto, no qual são empregados algoritmos como OSPF (*Open Shortest Path First*) e IS-IS (*Integrated Intermediate System-to-Intermediate System*), que possuem algumas limitações no que diz respeito a tráfego e controle. (SOARES... [ET al.], 2008).

3. MPLS (*Multi Protocol Label Switching*)

O MPLS é um protocolo de transporte que pertence à família dos comutadores de pacotes. Trabalha entre a camada de enlace de dados e a camada de rede do modelo OSI, sendo implementado para ser utilizado tanto em redes comutadoras de circuitos, como em redes comutadoras de pacotes. Utilizado para transportar vários tipos de tráfego, como o IP (*Internet Protocol*), ATM (*Asynchronous Transfer Mode*) e o SONET (*Synchronous Optical Networking*). (INACIO, 2003).

Assim que o pacote MPLS entra na rede, ele recebe um rótulo através do equipamento LER (*Label Edge Router*). É nesse rótulo onde ficam armazenadas as informações sobre o próximo roteador MPLS/LSR (*Label Switching Router*) que o pacote seguirá, através do caminho que foi proposto para ele (LSP (*Label Switching Patch*)). Nos próximos LSR existentes no caminho, esse rótulo do pacote servirá para definir o encaminhamento dele. Assim chegado ao LSR, o rótulo é examinado como um índice de uma tabela de encaminhamentos, a FIB (*Fowarding Information Base*). Através dessa tabela, o rótulo é redefinido e trocado (*swapped*), e o pacote segue pelo caminho virtual correspondente à classe de serviço (FEC (*Forwarding Equivalence Class*)) a qual foi atribuído. Assim que o pacote MPLS deixa a rede, o rótulo é retirado e o pacote IP original é recuperado. (OSBORNE E SIMHA, 2003).

O MPLS introduz um novo conceito para o desenvolvimento das redes IP. Ele separa o mecanismo de controle do mecanismo de encaminhamento e introduz o “rótulo” usado para o encaminhamento de pacotes. Pode ser desenvolvido em redes com apenas roteadores, ou ainda em redes com ATM e *Frame Relay*, integrando as infra-estruturas de camada 2 (enlace de dados) e camada 3 (rede). Uma rede MPLS consiste de *Label Switching Routers* (LSRs) no núcleo e de *Edge Label Switching Routers* (Edge-LSRs), ao redor dos LSRs. (SOARES... [ET al.], 2008).

O MPLS pode ser utilizado para estabelecer caminhos que emulam as conexões ponto-a-ponto de camada 2, oferecendo um caminho alternativo para o encaminhamento de dados, sem o alto overhead das VPNs BGP – algumas vezes chamadas de túneis de camada 2 ou redes virtuais privadas (VPNs). Dessa forma, as operadoras podem utilizar o MPLS para estabelecer circuitos virtuais ou túneis em uma rede IP possibilitando as VPNs MPLS. Além disso, as operadoras que possuem redes IP, Frame Relay e ATM (*Asynchronous Transfer Mode*) podem utilizar o MPLS para interligá-las, evitando altos gastos com upgrade de hardware, tanto para os clientes quanto para os provedores. (PINHEIRO, 2006).

O estabelecimento de conexões é realizado apenas uma única vez na entrada da rede, pelo LER, e o encaminhamento dos pacotes é através dos rótulos contido nos pacotes e executado pelos roteadores de núcleo LSRs, fazendo com que o processo de roteamento normal do IP seja dividido em duas partes, a parte de encaminhamento e a parte de controle. (TRONCO, 2006).

O MPLS fornece para as redes backbone atuais os requisitos para propiciar uma solução elegante que atenda os seguintes problemas de melhoria do desempenho do

encaminhamento de pacotes na rede; Simplificação do roteamento dos pacotes utilizando os paradigmas da camada 2 (enlace de dados). O MPLS é simples, o que permite sua fácil implementação; O MPLS melhora o desempenho da rede, pois permite o roteamento na velocidade do cabo de transmissão. Suporta Diferenciação QoS (*Quality of service*). Utiliza caminhos pré-definidos para encaminhamento dos pacotes, o que ajuda a alcançar os níveis de garantia de serviços. MPLS Incorpora previsões de encaminhamento explícita. Integra redes IP e ATM em uma rede; O MPLS provê uma ponte entre acesso IP e o núcleo ATM e pode reutilizar um roteador existente e um comutador ATM os reconhecendo como duas redes distintas. (SANTOS, 2010).

A parte de controle é implementada com softwares, e para melhorar a rede, a parte de encaminhamento é implementada no hardware. (OSBORNE E SIMHA, 2003).

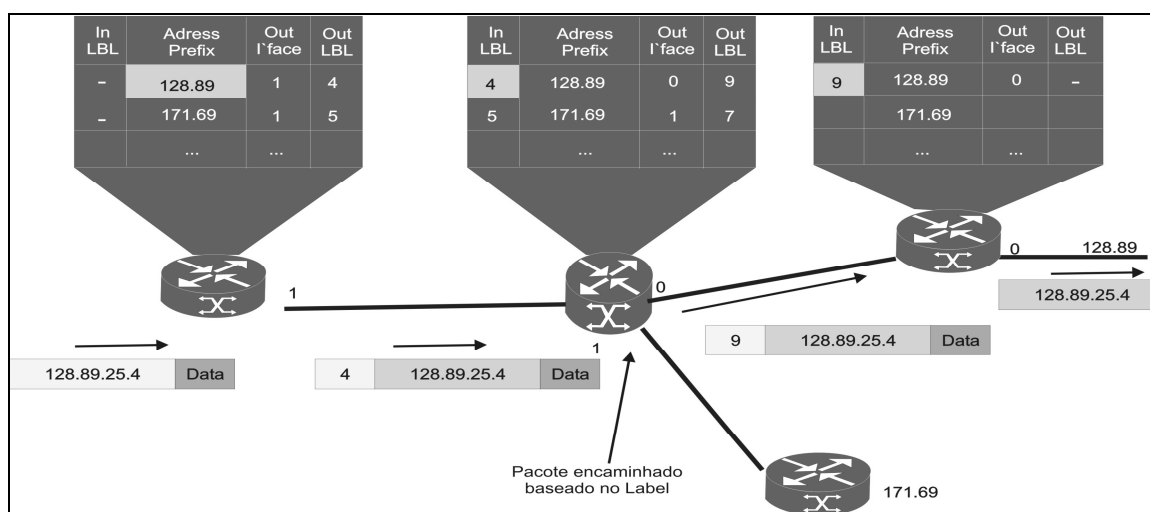


Figura 1. Encaminhamento do Pacote com MPLS

Fonte: Adaptado de UFRJ, 2004.

A Figura 1 mostra como é o encaminhamento feito com MPLS.

Inácio (p. 18, 2003) ressalta: “Assim, a capacidade dos ELSRs é a chave para sucesso de um ambiente de comutação de etiquetas. É também um ponto do controle e gerência dos provedores do serviço”.

As etiquetas podem ser adicionadas, tendo-se como base o serviço de QoS (*Quality of service*) nela adicionada e não apenas o seu endereço de destino, como é usado no roteamento tradicional. Os LERs verificam se o fluxo de tráfego é estável e a partir disso, executa políticas de gerência e controles de acesso. (INACIO, 2003).

4. Cenário de Testes do Protocolo MPLS

Para a obtenção dos resultados propostos nos objetivos deste trabalho, foi utilizado o software Dynamips, que emula diversos dispositivos de rede.

Foram feitos testes utilizando um cenário com 6 (seis) roteadores em forma de hexágono, com 2 (dois) computadores pessoais (PCs) conectados nas extremidades do losango de roteadores.

A Figura 2 apresenta o cenário utilizado para os estudos, onde foram configurados seis roteadores, com a formação de uma rede individual entre cada par.

Foram adicionados também dois computadores nas extremidades para simulação de tráfego.

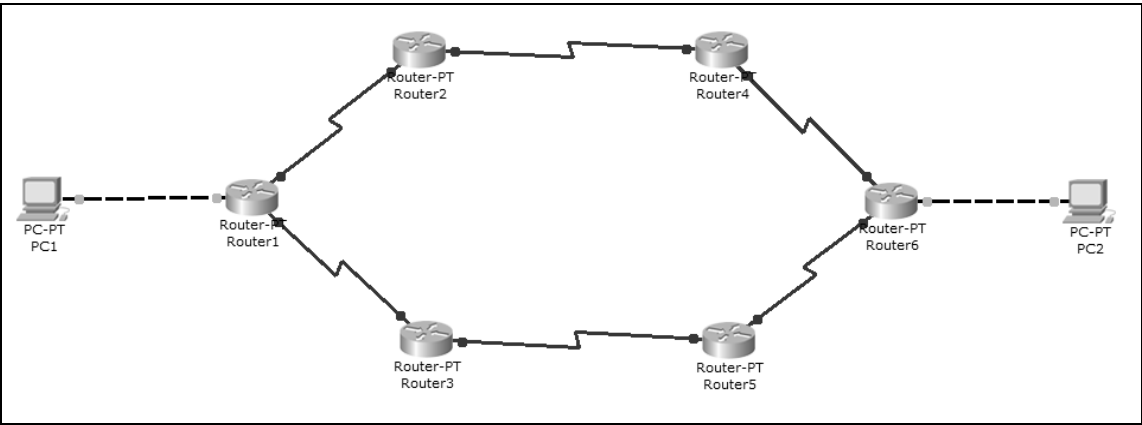


Figura 2 – Cenário de Estudo
O Autor (2009).

A partir do Dynamips foi gerado tráfego na rede, e após isso foram capturados pacotes para posterior análise. Para a visualização dos resultados obtidos, foi utilizado o aplicativo Wireshark, o qual consegue trazer à tela em forma de dados, o tráfego registrado na rede.

Na figura 2 é visualizado o tráfego do Roteador 2 (R2) até o Roteador 3 (R3). Como os roteadores estão dispostos em forma de losango, ou seja, ímpares de um lado e pares do outro, para o Roteador 2 (R2) acessar o Roteador 3 (R3), ele terá que passar por no mínimo 3 (três) roteadores, contando a partir do próprio Roteador 2 (R2).

Esse tráfego registrado, apenas apresenta mensagens de reconhecimentos de vizinhos (*LDP Hello Message*), onde o roteador troca mensagens com seu vizinho para saber que está do seu lado e se ele poderá se comunicar com ele.

No. .	Time	Source	Destination	Protocol	Info
1	0.000000	192.168.0.1	224.0.0.5	OSPF	Hello Packet
2	0.596000	192.168.0.1	224.0.0.2	LDP	Hello Message
3	1.644000	192.168.0.1	224.0.0.2	LDP	Hello Message
4	3.231000	N/A	N/A	SLARP	Line keepalive, outgoing sequence 182, returned sequence 182
5	4.246000	N/A	N/A	SLARP	Line keepalive, outgoing sequence 183, returned sequence 182
6	4.851000	192.168.0.1	224.0.0.5	OSPF	Hello Packet
7	5.374000	192.168.0.1	224.0.0.2	LDP	Hello Message
8	6.026000	192.168.0.1	224.0.0.2	LDP	Hello Message
9	9.875000	192.168.0.1	224.0.0.5	OSPF	Hello Packet
10	10.097000	192.168.0.1	224.0.0.2	LDP	Hello Message
11	10.527000	192.168.0.1	224.0.0.2	LDP	Hello Message
12	13.762000	192.168.0.1	224.0.0.2	LDP	Hello Message
13	14.254000	N/A	N/A	SLARP	Line keepalive, outgoing sequence 184, returned sequence 182
14	14.328000	N/A	N/A	SLARP	Line keepalive, outgoing sequence 183, returned sequence 184
15	14.743000	192.168.0.1	224.0.0.2	LDP	Hello Message
16	14.846000	192.168.0.1	224.0.0.5	OSPF	Hello Packet
17	18.059000	192.168.0.1	224.0.0.2	LDP	Hello Message

Frame 3 (66 bytes on wire (66 bytes captured))

Cisco HDLC

Internet Protocol, Src: 192.168.0.1 (192.168.0.1), Dst: 224.0.0.2 (224.0.0.2)

User Datagram Protocol, Src Port: ldp (646), Dst Port: ldp (646)

Label Distribution Protocol

Version: 1

PDU Length: 30

LSR ID: 192.168.0.1 (192.168.0.1)

Label Space ID: 0

Hello Message

Figura 3 – Tráfego do Roteador 2 (R2) para o Roteador 3 (R3) sem utilizar o protocolo MPLS.
O Autor (2009).

Na figura 3 é visualizado o tráfego normal, sem MPLS, porém, na Figura 4, é evidenciado o tráfego com MPLS, onde as linhas destacadas em cinza e em vermelho realçam os pacotes que foram enviados e recebidos utilizando MPLS. Nas linhas em azul mostram que o LDP (*Label Distribution Protocol*) do MPLS está se comunicando com seus vizinhos para reconhecer quem está do seu lado e poder receber e enviar os pacotes MPLS.

Já nos pacotes que estão na cor branca, utilizando-se o protocolo SLARP (*Serial Line Address Resolution Protocol*), que determina dinamicamente os IPs das pontas envolvidas na comunicação e mantém o enlace ativo para a comunicação através da troca de pacotes *Keepalive*. Os pacotes de cor branca que estão trafegando sob o protocolo OSPF (*Open Shortest Path First*), estão se comunicando de forma virtual entre todos os roteadores do cenário e trocando pacotes para manter a comunicação ativa.

No.	Time	Source	Destination	Protocol	Info
1	0.000000	180.15.15.1	224.0.0.5	OSPF	Hello Packet
2	0.080000	180.15.15.2	224.0.0.2	LDP	Hello Message
3	0.898000	200.10.10.1	192.168.0.1	TCP	40425 > ldp [SYN] Seq=0 Win=4128 Len=0 MSS=536
4	1.108000	180.15.15.2	224.0.0.5	OSPF	Hello Packet
5	1.353000	192.168.0.1	200.10.10.1	TCP	ldp > 40425 [RST, ACK] Seq=1 Ack=1 Win=0 Len=0
6	3.094000	N/A	N/A	SLARP	Line keepalive, outgoing sequence 59, returned sequence 66
7	3.513000	200.10.10.1	192.168.0.1	TCP	25867 > ldp [SYN] Seq=0 Win=4128 Len=0 MSS=536
8	3.583000	180.15.15.1	224.0.0.2	LDP	Hello Message
9	3.839000	192.168.0.1	200.10.10.1	TCP	ldp > 25867 [RST, ACK] Seq=1 Ack=1 Win=0 Len=0
10	4.400000	180.15.15.2	224.0.0.2	LDP	Hello Message
11	5.655000	180.15.15.2	224.0.0.2	LDP	Hello Message
12	6.704000	180.15.15.2	224.0.0.5	OSPF	Hello Packet
13	6.762000	180.15.15.1	224.0.0.2	LDP	Hello Message
14	9.244000	N/A	N/A	SLARP	Line keepalive, outgoing sequence 67, returned sequence 59
15	9.303000	N/A	N/A	SLARP	Line keepalive, outgoing sequence 60, returned sequence 67
16	9.901000	180.15.15.1	224.0.0.5	OSPF	Hello Packet
17	11.200000	180.15.15.1	224.0.0.2	LDP	Hello Message

Frame 5 (44 bytes on wire (44 bytes captured))	
Cisco HDLC	
Internet Protocol, Src: 192.168.0.1 (192.168.0.1), Dst: 200.10.10.1 (200.10.10.1)	
Transmission Control Protocol (646), Src Port: ldp (646), Dst Port: 40425 (40425), Seq: 1, Ack: 1, Len: 0	
Source port: ldp (646)	
Destination port: 40425 (40425)	
Sequence number: 1 (relative sequence number)	
Acknowledgement number: 1 (relative ack number)	
Header length: 20 bytes	
Flags: 0x14 (RST, ACK)	
Window size: 0	
Checksum: 0xec2a [correct]	
[SEQ/ACK analysis]	

Figura 4 – Tráfego com MPLS

O Autor (2009).

5. Resultados

A forma com que o MPLS encaminha os pacotes, por rótulos e não apenas por pacotes, resulta em ganhos de desempenho, diminuição do tempo de latência da rede, distribuição de tráfego unificada através de caminhos menos congestionados e com garantia de qualidade de serviço (QoS). O MPLS também possui capacidade de reagir dinamicamente às mudanças de tráfego, distribuindo o fluxo de tráfego por caminhos menos congestionados e evitando que a adição de tráfego altere as conexões que estão sendo transportadas. O MPLS mostrou-se robusto ao trafegar dados por caminhos

congestionados, trafegando um pacote de 3500 bytes, com uma repetição de 150 vezes, entre o roteador 1 (R1) até o roteador 6 (R6), há uma velocidade de 482 ms (milissegundos), onde os dois roteadores intermediários a ele, o roteador 3 (R3) e o roteador 5 (R5) estavam com o tráfego congestionado. Comprovando assim que o MPLS melhora a trafegabilidade de pacotes, os quais, em uma rede normal, eles atingem velocidades abaixo da metade da registrada pelo MPLS.

O MPLS também garante qualidade de serviço com um fluxo explícito de dados na rede, transitando informações pelo mesmo caminho, permitindo a administração e monitoração dos fluxos de dados da rede, fazendo com que seja feita uma avaliação correta da utilização dos recursos da rede. O MPLS também consegue avaliar informações não constantes no cabeçalho IP, determinando assim uma rota explícita para o pacote analisado. Desse modo o administrador da rede, consegue desenvolver políticas de fluxo de tráfego baseadas nos locais e na forma que os dados entram na rede.

Uma das principais vantagens do MPLS é a utilização da qualidade de serviço, escolhendo com habilidade um caminho onde o fluxo de dados tenha um nível de serviço aceitável. Esses níveis de serviço especificam níveis adequados de banda, atrasos ou perda de pacotes na rede, agregando assim, inteligência para administrar níveis de serviço de acordo com as políticas da rede. A rede que utiliza MPLS pode estabelecer múltiplos caminhos entre equipamentos de entrada e de saída, desse modo, para cada fluxo de informações, é estabelecido um nível de serviço apropriado, e assim, o tráfego é direcionado para o caminho adequado quando entra na rede. Tais procedimentos classificam os pacotes em categorias de classes de serviço, e nas redes locais, políticas de administração, determinam os recursos disponíveis para cada categoria.

Os atrasos causados nas redes IP (*Internet Protocol*), devem-se ao fato de que o tempo de propagação dos *bits* de cada um dos enlaces, a perda de pacotes por descarte, seja por controle do *jitter*, por erros ou por congestionamento nos roteadores e as filas de *bits* em *buffer* nos roteadores, ocasionam a má qualidade de serviço nas redes IP, resultando assim, numa maior demora do envio e recebimento dos pacotes.

6. Conclusão (Considerações Parciais)

A utilização da Internet aumenta a cada ano, acabou por se tornar o sonho de consumo de muitas pessoas. Quem tem acesso à Internet não quer perdê-lo, mas quem não tem se esforça para consegui-lo. Isso gerou um aumento demasiado no tráfego das redes, superando assim, todas as expectativas criadas em cima desse novo meio de comunicação e também, um novo canal de negócios.

Com esse aumento brusco em número de acessos e conexões, muitos problemas surgiram. O principal deles foi o congestionamento das redes de acesso, ocasionando, lentidão na hora de acessar uma página da internet, e até mesmo, trafegar um arquivo dentro da própria rede.

A utilização dos melhores equipamentos, dos mais potentes e mais caros, não garante que a rede corporativa terá alto desempenho. De nada adianta ter os melhores equipamentos, se não há uma política adequada de acesso a Internet, onde tudo se pode, sem limite algum e sem um plano de controle e de contingência, quando for preciso.

Sendo assim, a Engenharia de Tráfego, surge como uma solução apropriada para resolver tais problemas diagnosticados anteriormente. Com uma política adequada de

acesso à Internet, o congestionamento da rede tende a diminuir, pois o plano de controle de tráfego foi estabelecido e o tráfego será disposto conforme a capacidade dos equipamentos utilizados. Mesmo com estas precauções, o acesso a rede mundial ainda pode apresentar algum congestionamento, porém, com uma política adequada de acesso à Internet, a lentidão irá se tornar escassa graças à estrutura da rede corporativa.

A engenharia de tráfego por si só, não conseguia descongestionar totalmente as redes corporativas. A partir disso, foram sendo feitos estudos e criando protocolos auxiliares para ajudar no descongestionamento das redes. Com isso surgiu o protocolo MPLS, que auxilia nesta árdua tarefa de garantir o tráfego descongestionado nas redes.

A partir dos testes realizados com o protocolo MPLS implementado em uma rede corporativa, o envio dos pacotes e rótulos utilizados pelo protocolo, resultaram em ganho de desempenho e diminuição da latência da rede. O envio também é feito por caminhos descongestionados e com qualidade de serviço garantida.

O MPLS também tem a capacidade de reagir dinamicamente às mudanças de tráfego, conseguindo distribuir o tráfego por meios descongestionados, evitando assim, que a adição de tráfego na rede, altere as conexões que estão sendo transportadas.

A capacidade de processamento e de envio de informações, com distinção dos caminhos congestionados e descongestionados, fazem com que o MPLS se torne um dos grandes nomes da Engenharia de Tráfego, auxiliando de forma efetiva no descongestionamento das redes, e contribuindo para que o tráfego na rede não oscile e também para que haja qualidade de serviço nos pacotes e rótulos enviados, e fazendo com que a adição de tráfego na rede, não interfira nas conexões que estão ativas, enviando e recebendo dados.

7. Referências

- Inácio, Fabrício Couto. (2003) “MPLS: Multiprotocol Label Switching”. Rio de Janeiro: UFRJ.
- Osborne, Eric; SIMHA, Ajay. (2003) “Engenharia de Tráfego com MPLS”. São Paulo: Campus.
- Pinheiro, José Maurício Santos. (2006) “O MPLS em Redes de Computadores” http://www.projetoderedes.com.br/artigos/artigo_mpls_em_redes.php, June.
- Santos, Mauro Tapajós. (2010) “Multiprotocol Label Switching: MPLS” http://www.ucb.br/prg/professores/maurot/RC-II-Mat/RCII-Mat_arqs/mpls/index.html, June.
- Soares... [ET al.]. (2008) “Redes de Comunicação Convergentes”. Brasília: UNB/Finatec.
- Taft, Bruno Prestes. (2010) “Conceitos de MPLS”. http://www.gta.ufrj.br/grad/04_2/MPLS/conceitos.htm, April.
- Tronco, Tania Regina. (2006) “Redes de Nova Geração”. São Paulo.