

PROPOSTA E AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO DE UMA POLÍTICA DE MAPEAMENTO DE RÓTULOS ORIENTADA A CONTROLE COM CARACTERÍSTICA *SOFT-STATE*

Daniela Vieira Cunha, Paulo Roberto Guardieiro
Universidade Federal de Uberlândia
Faculdade de Engenharia Elétrica
E-mail: {daniela, guardieiro}@lrc.feelt.ufu.br

RESUMO – O objetivo principal da tecnologia *Label Switching* é fornecer uma solução econômica para que o transporte de dados em alta velocidade possa ser suportado nas redes IP que formam a Internet. Pesquisas concentram-se no número de rótulos utilizados e na diminuição deste valor. Existem duas políticas de mapeamento de rótulos principais. Uma é a política de mapeamento de rótulos orientada a dados e a outra é a política de mapeamento de rótulos orientada a controle. Neste artigo, é feita uma concepção do modelo analítico de ambas as políticas de mapeamento e uma comparação entre elas é apresentada. Além disso, é feita uma avaliação do número de rótulos requeridos pelo uso de cada política de mapeamento. Esta avaliação mostra que as políticas de mapeamento orientado a dados e a controle requerem um elevado número de rótulos. Com o objetivo de reduzir este valor, é proposta uma política de mapeamento que é a combinação das duas políticas citadas acima. A política de mapeamento proposta é orientada a controle mas também possui a característica *soft-state* do mapeamento orientado a dados. A avaliação mostra que a política de mapeamento proposta requer um número menor de rótulos se comparado com as políticas de mapeamento convencionais e também oferece as vantagens da política de mapeamento orientado a controle.

Palavras-Chave – Qualidade de Serviço, Tecnologia *Label Switching*, Mapeamento de Rótulos, Mapeamento Orientado a Controle, Mapeamento Orientado a Dados.

ABSTRACT – The aim of the *Label Switching* technology is to provide an economical solution to the provision of high speed Internet IP networks. Research effort has concentrated on the issue of number of labels used and its minimization. There are mainly two label mapping policies. One of them is the data-driven label mapping policy and the other one is the control-driven label mapping policy. In this study, it is done an analytical model assumption

of both conventional label mapping policies and a comparison between them is showed. Then, it is evaluated the required number of labels under each of these two label mapping policies. The evaluation shows that the data-driven and the control-driven label mapping policies require a large number of labels. In order to reduce this number, it is proposed a new label mapping policy based on the combination of the two conventional label mapping above. This is a control-driven label mapping that has the soft-state characteristic of the data-driven one. The evaluation shows that the proposed label mapping policy requires less labels than the others conventional label mapping policies while offering the advantages of being a control-driven label mapping.

Key Words - Quality of Service, Label Switching Technology, Label Mapping, Control-driven Mapping, Data-driven Mapping.

1. INTRODUÇÃO

Desde que a Internet foi aberta ao tráfego comercial, esta cresceu rapidamente de uma rede de pesquisa experimental, restrita a um campus, para uma rede de comunicação de dados pública abrangente e de grande escala. A demanda faz com que as capacidades da Internet hoje cresçam em várias dimensões mensuráveis de uma rede incluindo, mas não se limitando à largura de banda na transmissão, número de *hosts*, QoS (*Quality of Service*), tamanho geográfico e volume de tráfego. Ao mesmo tempo, a Internet está começando a evoluir do serviço baseado no melhor esforço convencional, passando a oferecer serviços com garantia de QoS e incorporando novas tecnologias à medida que se desenvolve.

A tecnologia *Label Switching* é uma forma avançada de se realizar o encaminhamento de pacotes. Em um domínio *Label Switching*, o encaminhamento convencional é substituído por um algoritmo de envio mais simples e eficiente denominado *Label Swapping*.

Várias implementações *Label Switching* já foram propostas e desenvolvidas. Entre as mais populares há o CSR (*Cell Switching Router*), o IP *Switching*, o *Tag Switching*, o ARIS (*Aggregated Route Based IP Switching*) e o MPLS (*Multiprotocol Label Switching*).

É importante levar em consideração a escalabilidade da abordagem *Label Switching* e a viabilidade de implementação de um LSR (*Label Switching Router*) pois a tecnologia *Label Switching* está sendo extensivamente utilizada na Internet com o intuito de possibilitar o envio de pacotes IP em alta velocidade. Em termos de escalabilidade, uma característica importante é o número de rótulos requeridos durante o encaminhamento dos pacotes de dados. Se um

elevado número de rótulos é requerido, logo um maior número de VCs será necessário para cada porta do *switch*, aumentando assim o custo do LSR. Uma característica também de igual importância em termos de escalabilidade e desempenho é o número de fluxos de dados a ser enviado através do roteamento convencional. O objetivo é reduzir o máximo possível a quantidade de pacotes a serem encaminhados através do roteamento convencional, especialmente no núcleo da rede. Assim, reduz-se o custo do componente de roteamento da camada 3 e aumenta-se a taxa de envio de pacotes através da malha de comutação da camada 2.

Um LSP (*Label Switched Path*) é um caminho virtual estabelecido através do núcleo de uma rede *Label Switching* que define uma rota de encaminhamento para os pacotes, desde o ponto de entrada até o ponto de saída do domínio.

Uma implementação *Label Switching* pode pertencer a dois diferentes estados relacionados ao estabelecimento e liberação dos LSPs:

- *Soft-state*: os LSPs são estabelecidos e mantidos enquanto são utilizados. Após um período de tempo em estado ocioso, este caminho é liberado;
- *Hard-state*: os LSPs são sempre estabelecidos e mantidos mesmo estando em estado ocioso. Estes apenas serão liberados quando houver mudança de roteamento ou mudança na topologia da rede.

É importante que as abordagens *Label Switching* sejam claras sobre a semântica que está implícita no uso dos rótulos durante o envio de pacotes de dados. Vários tipos de granularidade podem ser definidos para um pacote de dados em um sistema *Label Switching*. As definições típicas são:

- Conjunto de pacotes que possuem o mesmo endereço de origem e destino, denotado por (src,dst);
- Conjunto de pacotes que possuem o mesmo endereço de origem e o mesmo prefixo de rede de destino, denotado por (src,dstnet);
- Conjunto de pacotes que possuem o mesmo prefixo de rede de origem e destino, denotado por (srcnet, dstnet);
- Conjunto de pacotes que possuem o mesmo endereço de destino, denotado por (*,dst);
- Conjunto de pacotes que possuem o mesmo prefixo de rede de destino, denotado por (*,dstnet).

2. POLÍTICAS DE MAPEAMENTO DE RÓTULOS CONVENCIONAIS

Há duas políticas principais de mapeamento de rótulos convencionais: (1) mapeamento de rótulos orientado a dados; (2) mapeamento de rótulos orientado a controle.

2.1 Mapeamento de Rótulos Orientado a Dados

Nas implementações com orientação a dados, a rede inicia seu funcionamento como uma rede de roteamento IP convencional. Os roteadores examinam o tráfego à medida que este flui, para que os fluxos possam ser identificados.

Quando um nó detecta um fluxo de pacotes IP que tem potencial para ser um fluxo longo em termos de comprimento, este nó aloca um rótulo localmente e envia um pedido ao LSR *upstream* vizinho. Este pedido requer que o LSR *upstream* aplique o rótulo recém alocado a todos os demais pacotes do fluxo especificado. Quando o nó *upstream* aceita o pedido, então um caminho *cut-through* é estabelecido e a tabela de comutação de rótulos é atualizada. Isto permite que os pacotes subsequentes do mesmo fluxo possam ser comutados com base nos rótulos e não mais encaminhados por meio do roteamento IP convencional.

Portanto, os rótulos são alocados e as associações dos rótulos com FECs são estabelecidas, criando assim, os LSPs em resposta à chegada de fluxos de pacotes dos usuários à rede. Estas associações podem ser realizadas logo após a chegada do primeiro pacote do fluxo de dados, ou depois que um certo número de pacotes pertencentes ao mesmo fluxo passar pelo LSR de entrada da rede. O benefício de se esperar que um certo número de pacotes passe pelo LSR, garante que o fluxo seja longo o bastante para merecer o *overhead* da atribuição e da distribuição dos rótulos [1].

Os LSPs são mantidos enquanto houverem pacotes sendo encaminhados através destes caminhos dedicados. Quando um LSR reconhecer que o LSP está ocioso, este é liberado (característica *soft-state*). A granularidade utilizada é (src,dst).

2.2 Mapeamento de Rótulos Orientado a Controle

Nas implementações com orientação a controle, um esforço é feito para estabelecer todos os LSPs requeridos através da rede, anteriormente a transmissão dos dados. Isto requer a

identificação dos nós de entrada e saída e a associação de rótulos com os LSPs de cada nó de entrada e todos os possíveis nós de saída do domínio *Label Switching* [2].

Uma vez que os LSPs tenham sido estabelecidos, os pacotes que entram na rede são rotulados pelo nó de entrada. Isto permite que os nós intermediários comutem os pacotes ao longo do domínio *Label Switching* com base nos valores dos rótulos até que estes cheguem ao ponto de saída da rede.

Portanto, no mapeamento orientado a controle, as associações de rótulos são estabelecidas, e conseqüentemente os LSPs são criados, em resposta ao tráfego de controle tais como os resultantes do uso de protocolo de roteamento IP, das mudanças no roteamento ou das mudanças na topologia da rede. Os LSPs criados são mantidos ativos enquanto a entrada na tabela de roteamento correspondente ao LSP existir. O LSR libera o LSP apenas quando a entrada na tabela de roteamento correspondente for excluída (característica *hard-state*). A granularidade utilizada é (*,dstnet).

3 ANÁLISE COMPARATIVA DAS POLÍTICAS DE MAPEAMENTO

A política de mapeamento de rótulos orientado a dados apresenta algumas vantagens, entre elas:

- As associações de rótulos são estabelecidas somente quando há um fluxo de dados com capacidade de utilizar esta associação, ou seja, as associações são realizadas sob demanda;
- A quantidade requerida de rótulos é menor que a quantidade requerida pelo mapeamento orientado a controle. Isto se deve ao fato de que no mapeamento orientado a controle o LSP é mantido mesmo que nenhum pacote de dados trafegue por este.

Mas este mapeamento de rótulos também possui alguns limites, tais como:

- Cada LSR deve apresentar capacidades sofisticadas e alto desempenho na classificação de pacotes para que um fluxo seja identificado;
- Normalmente existe uma latência entre o reconhecimento de um fluxo e a atribuição de um rótulo a este;
- O fluxo de dados de controle necessário para distribuir as informações das associações de rótulos é diretamente proporcional ao número de fluxos de pacotes de informação;

- A presença de um número significativo de fluxos de pequeno comprimento na rede pode impor uma pesada sobrecarga nas operações da rede, pois estes fluxos serão encaminhados por meio do roteamento IP convencional.

A política de mapeamento de rótulos orientado a controle também possui algumas vantagens, entre elas:

- Os rótulos são atribuídos e distribuídos anteriormente à chegada do tráfego de dados no domínio *Label Switching*. Isto significa que um fluxo de dados que chega à rede pode ser imediatamente encaminhado ao próximo salto com base em um rótulo;
- A escalabilidade é significativamente melhor que a apresentada pelo modelo anterior. Isto se deve ao fato do número de LSPs ser proporcional ao número de entradas na tabela de roteamento e não ao número de fluxos de dados;
- Em uma topologia estável, o *overhead* da atribuição e distribuição de rótulos é menor se comparado ao modelo apresentado anteriormente pois os LSPs são estabelecidos somente depois de uma mudança na topologia da rede ou da chegada de tráfego de controle;
- Todos os pacotes pertencentes a todos os fluxos são comutados com base nos rótulos e não somente os pacotes pertencentes aos fluxos de longo comprimento como no mapeamento orientado a dados.

4 PROPOSTA DE UM MAPEAMENTO DE RÓTULOS ORIENTADO A CONTROLE COM CARACTERÍSTICA *SOFT-STATE*

O número de vantagens oferecidas pelo mapeamento de rótulos orientado a controle é maior se comparado com as vantagens oferecidas pelo mapeamento orientado a dados, desde que o número de rótulos suportados por um LSR seja suficiente para realizar todos os mapeamentos necessários. Por esta razão o mapeamento proposto se baseia no mapeamento orientado a controle convencional. Mas há também a desvantagem de que no mapeamento orientado a controle, nem todas as associações de rótulos estabelecidas serem utilizadas.

Devido a este último fator, a proposta de mapeamento de rótulos mantém o uso do mapeamento orientado a controle mas implementa a característica *soft-state* do mapeamento orientado a dados. Desta forma, os LSPs que não forem utilizados após um período de tempo, serão liberados passando a não existir LSPs ociosos no domínio *Label Switching*. Assim, o número de rótulos exigidos ao LSR para ser suportado será bem menor.

Dentre os vários tipos de granularidade apresentados, o mapeamento de rótulos proposto realiza o mapeamento de um rótulo ao conjunto de pacotes que possuem o mesmo prefixo de rede de destino. Isto se deve ao fato da rede *Label Switching* ser utilizada como *backbone* e não haver a necessidade deste mapeamento ser específico como nas demais granularidades. Esta granularidade é a que exige um número menor de rótulos durante o encaminhamento dos dados, atingindo desta forma o objetivo da proposta de mapeamento que é diminuir o número de rótulos durante o encaminhamento dos pacotes IP.

O mapeamento proposto possui 3 fases:

- Fase de Inicialização: durante esta fase todas as associações de rótulos são estabelecidas para todas as possíveis rotas de acordo com o resultado do protocolo de roteamento convencional utilizado. Neste período de tempo nenhum pacote de dados trafega na rede como no mapeamento orientado a controle convencional;
- Fase de Estabilização: durante esta fase os pacotes de dados começam a trafegar e serem comutados pela rede *Label Switching* e o tempo de desconexão é inicializado. Quando este período de tempo termina, todos os LSPs que permaneceram ociosos são descartados pois este fato indica que possivelmente estes LSPs não serão utilizados.
- Fase Estável: durante esta fase todos os LSPs ociosos já foram descartados e os LSPs ativos são utilizados normalmente. Caso um pacote ou uma cadeia de pacotes chegue no ponto de entrada da rede e não haja um rótulo a ser associado a estes, um rótulo é alocado imediatamente não sendo necessária a identificação do fluxo.

5 AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO DAS POLÍTICAS DE MAPEAMENTO

Nesta seção, apresenta-se uma avaliação de desempenho dos mapeamentos de rótulos com relação ao número de rótulos requeridos durante o encaminhamento dos pacotes de dados e a fração de *cut-through*. Todas as simulações foram feitas com base em dois programas simuladores denominados NS e MNS.

A rede *Label Switching* considerada para a realização deste estudo está mostrada nas Figuras 1 e 2. O núcleo do *backbone* simulado é formado por LSRs interligados originando uma rede baseada na tecnologia *Label Switching*. As redes de acesso concatenadas à rede *Label Switching* são formadas por roteadores que realizam o roteamento IP convencional. Por esta razão, se faz necessária a presença de um LER (*Label Edge Router*) para realizar o

encapsulamento dos pacotes de dados IP que chegam à rede *Label Switching* e outro para retirar os rótulos dos pacotes IP que saem do domínio *Label Switching*.

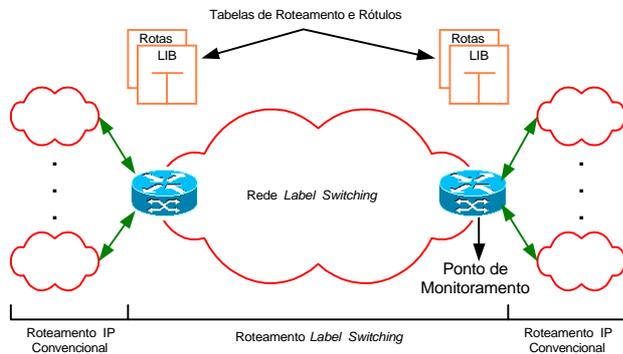


Figura 1 – *Layout* do Modelo de Simulação.

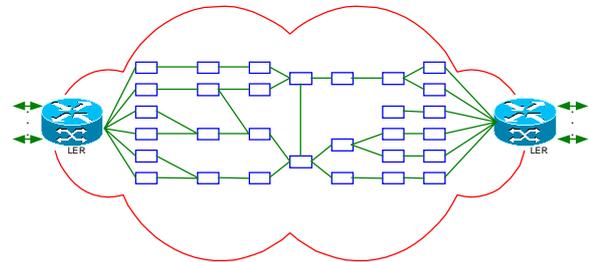


Figura 2 – Disposição dos Nós Internos da Rede *Label Switching*.

Abaixo, apresenta-se uma descrição de alguns parâmetros e considerações relacionadas ao núcleo da rede *Label Switching* simulada:

- Número de LSRs: 30;
- Número de LERs: 02;
- MTU: 1500 bytes;
- Velocidade dos enlaces: 1,5 Mbps
- Atraso de cada enlace: 5 ms;
- Tempo de simulação: 1000 s;
- Taxa de transferência de pacotes (tráfego sainte): 0,952 Mbps;
- Taxa de transferência de pacotes (tráfego entrante): 1,243 Mbps;
- Meio de transmissão livre de ruídos.

5.1 Mapeamento de Rótulos Orientado a Controle

Nesta subseção, calcula-se o número de rótulos requeridos pelo sistema simulado quando é implementado o mapeamento orientado a controle convencional.

O número requerido de rótulos equivale ao número de entradas na tabela de comutação de rótulos. O número total de entradas na tabela de comutação de rótulos no ponto de monitoramento do tráfego, indicado na Figura 1, foi de 25094. Portanto, foram necessários 25094 rótulos durante o intervalo de tempo em que foi realizado o monitoramento da rede. Deste valor, 23854 rótulos foram requeridos para o tráfego em direção ao exterior do sistema

Label Switching e, 1240 rótulos foram requeridos para o tráfego em direção ao interior da rede, como apresentado na Tabela 1.

Tabela 1 – Número de Rótulos e Fração de *Cut-through* para o Mapeamento Orientado a Controle.

Número de Rótulos Exterior	23.854
Número de Rótulos Interior	1.240
Número de Rótulos Total	25.094
Fração de <i>Cut-through</i> Exterior	100%
Fração de <i>Cut-through</i> Interior	100%

Os resultados indicaram um número elevado de rótulos requeridos na área do *backbone* simulado. Além da quantidade excessiva de rótulos, pode ocorrer do LSR utilizado não suportar todo este número de rótulos e parte do tráfego ter que ser encaminhado através do núcleo de roteamento convencional. Desta forma, o desempenho desejado para a rede não será atingido e o mapeamento em questão não apresentará todas as vantagens citadas anteriormente.

5.2 Mapeamento de Rótulos Orientado a Dados

Nesta subseção, calcula-se o número de rótulos requeridos pelo sistema simulado quando é implementado o mapeamento orientado a dados convencional. Os parâmetros aplicados no sistema são os seguintes:

- A função de alocação de rótulos é executada sempre que pacotes HTTP/ FTP/ TELNET forem enviados de um LSR;
- A função de liberação de rótulos é executada quando nenhum pacote é enviado durante o intervalo de tempo de desconexão. Os valores de tempo de desconexão utilizados foram 10, 60, 100, 200, 300, 400, 500 e 600 s;
- O estabelecimento do LSP é finalizado com um atraso de 100 ms, ou seja, os pacotes são transmitidos utilizando a função de encaminhamento da camada 3 por 100 ms e logo após este período de tempo é que a função de alocação de rótulos é inicializada.

A Figura 3 mostra o número de rótulos necessários e a fração de *cut-through* para o tráfego sainte da rede *Label Switching*. A Figura 4 apresenta os mesmos parâmetros, porém considera-se somente o tráfego entrante no domínio *Label Switching*.

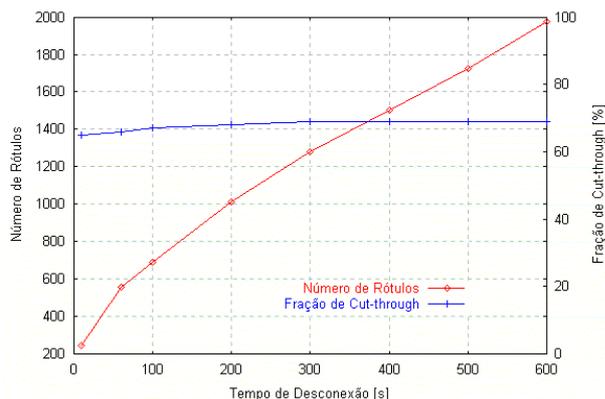


Figura 3 – Número de Rótulos e Fração de *Cut-through* para o Tráfego Saindo da Rede *Label Switching*.

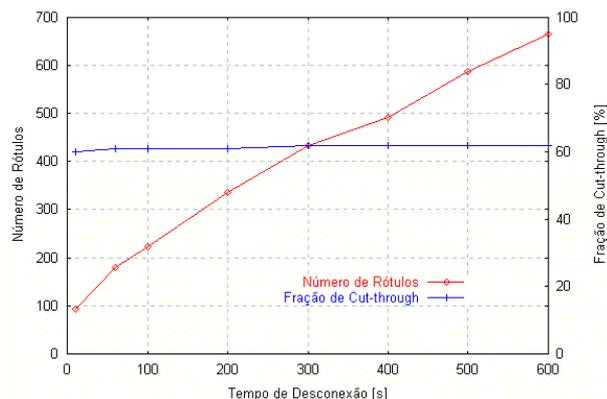


Figura 4 – Número de Rótulos e Fração de *Cut-through* para o Tráfego Entrante na Rede *Label Switching*.

Tabela 2 – Nro de Rótulos e Fração de *Cut-through* para o Mapeamento Orientado a Dados.

Número de Rótulos Exterior	558
Número de Rótulos Interior	179
Número de Rótulos Total	737
Fração de <i>Cut-through</i> Exterior	69%
Fração de <i>Cut-through</i> Interior	60%

Em ambas figuras, a fração de *cut-through* se mantém quase constante quando o intervalo de tempo de desconexão é maior que 60 s. Mas nota-se que o número de rótulos aumenta à medida que o tempo de desconexão aumenta pois assim os LSPs ociosos permanecerão mais tempo ativos antes de serem liberados.

Para o tempo de desconexão de 60 s, o número de rótulos necessários com o uso da granularidade (src,dst) para o tráfego saindo do domínio *Label Switching* é 558 e a fração de *cut-through* é de 69%. O número de rótulos necessários para o tráfego entrante na rede é de 179 e a fração de *cut-through* é de 60%, como mostra a Tabela 2.

Os resultados mostram que uma quantidade elevada de rótulos é necessária no domínio *Label Switching* que utiliza o mapeamento orientado a dados. Esta quantidade é expressivamente menor se comparada com o número de rótulos requeridos no mapeamento orientado a controle.

5.3 Mapeamento de Rótulos Orientado a Dados de Fluxo Agregado

Esta política de mapeamento de rótulos foi proposta em [4], com o intuito de diminuir o número de rótulos requeridos em um domínio *Label Switching*. Este mapeamento é resultante

da integração do mapeamento orientado a dados com uma característica do mapeamento orientado a controle.

A característica do mapeamento orientado a controle utilizada é o fato dos rótulos serem associados aos fluxos de pacotes de dados de acordo com a rede de destino.

Os LSPs criados são mantidos enquanto houverem pacotes sendo encaminhados através deste. Quando um LSR reconhece que o LSP está ocioso, este é liberado.

Nesta seção, calcula-se o número de rótulos necessários pelo sistema simulado quando é implementada a política de mapeamento de rótulos orientado a dados de fluxo agregado onde é utilizada a granularidade (*,dstnet). Inicialmente esta avaliação deveria ser realizada para a granularidade determinada pelo mapeamento mas, a avaliação se estendeu a todas as granularidades.

As Figuras 5 e 6 mostram o número de rótulos requeridos e a fração de *cut-through*, respectivamente, para o tráfego sainte da rede. As Figuras 7 e 8 apresentam os mesmos parâmetros das figuras anteriores em relação ao tráfego entrada no domínio *Label Switching*.

Nota-se que o número de rótulo aumenta à medida que o intervalo de desconexão aumenta, bem como o número de rótulos requeridos de acordo com o tipo de granularidade.

Como mostram as Figuras 6 e 8, as fração de *cut-through* são praticamente constantes quando o tempo de desconexão ultrapassa 60 s. Por esta razão, os valores dos parâmetros de avaliação a serem utilizados como comparação com os demais mapeamentos serão os valores avaliados no tempo de desconexão de 60 s. Estes valores são apresentados na Tabela 3 para cada tipo de granularidade. O número de rótulos requeridos com o uso da granularidade (src,dst) é de 568 para o tráfego sainte da rede, valor este que se aproxima muito da avaliação do mesmo parâmetro no mapeamento orientado a dados convencional.

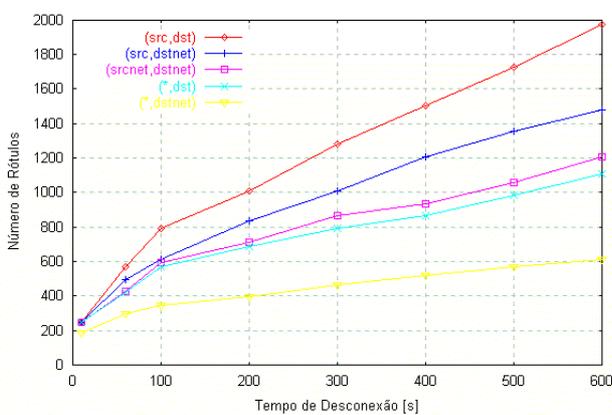


Figura 5 – Número de Rótulos para o Tráfego Sainte da Rede *Label Switching*.

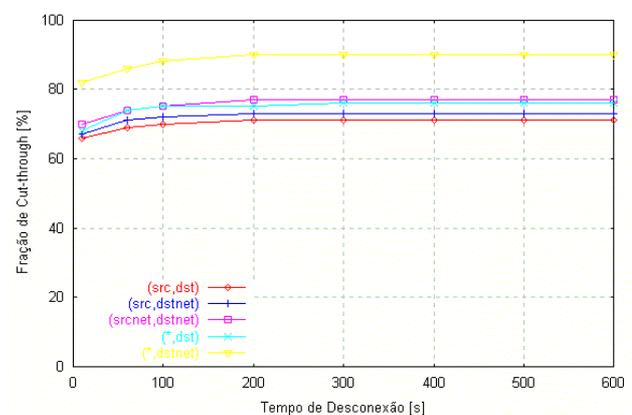


Figura 6 – Fração de *Cut-through* para o Tráfego Sainte da Rede *Label Switching*.

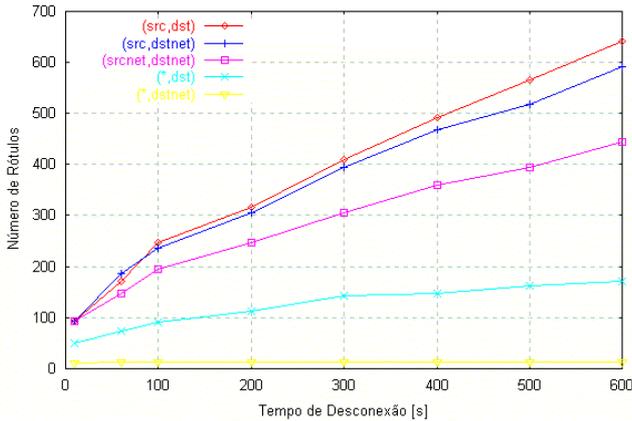


Figura 7 – Número de Rótulos para o Tráfego Entrante na Rede *Label Switching*.

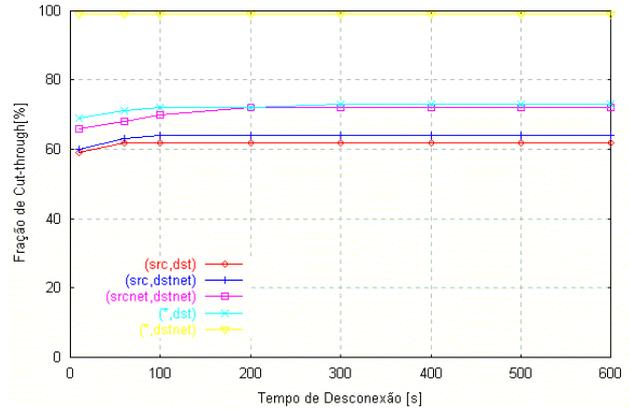


Figura 8 – Fração de *Cut-through* para o Tráfego Entrante na Rede *Label Switching*.

Pelo contrário, o número de rótulos requeridos por este mapeamento é apenas 296 para o tráfego saínte da rede. Este valor corresponde a aproximadamente metade do número requerido de rótulos pelo mapeamento orientado a dados convencional e é 80 vezes menor que a quantidade requerida pelo mapeamento orientado a controle.

A fração de *cut-through*, utilizando a mesma granularidade, também aumenta de 69% e 60% para o tráfego saínte e entrante na rede, respectivamente, no mapeamento orientado a dados convencional, para 86% e 99% no mapeamento orientado a dados de fluxo agregado.

Tabela 3 – Número de Rótulos e Fração de *Cut-through* para o Mapeamento Orientado a Dados de Fluxo Agregado.

	Saínte	Entrante	Total	Fração de Cut-through Exterior	Fração de Cut-through Interior
(src,dst)	568	172	740	69%	62%
(src,dstnet)	494	187	681	71%	63%
(srcnet,dstnet)	425	148	573	74%	68%
(* ,dst)	420	74	494	74%	71%
(* ,dstnet)	296	12	308	86%	99%

5.4 Mapeamento de Rótulos Orientado a Controle com Característica *Soft-State* Proposto

Com o objetivo de reduzir o número de rótulos necessários em um domínio *Label Switching*, foi proposta uma política de mapeamento de rótulos com base no mapeamento orientado a controle com característica *soft-state* e granularidade (*,dstnet).

As Figuras 9 e 10 mostram o número de rótulos requeridos e a fração de *cut-through* para o tráfego saínte da rede, utilizando o mapeamento proposto para os diversos tipos de granularidade, durante a fase de inicialização e estabilização. As Figuras 11 e 12 apresentam os mesmo parâmetros das figuras anteriores em relação ao tráfego entrante no domínio *Label Switching*.

Nota-se a diferença do número de rótulos requeridos de acordo com o tipo de granularidade utilizada. Quanto mais específica for a granularidade utilizada para as cadeias de pacotes, maior será o número de rótulos requeridos. Nota-se também que há um aumento no número de rótulos requeridos à medida que o tempo de desconexão aumenta, como verificado anteriormente no mapeamento orientado a dados.

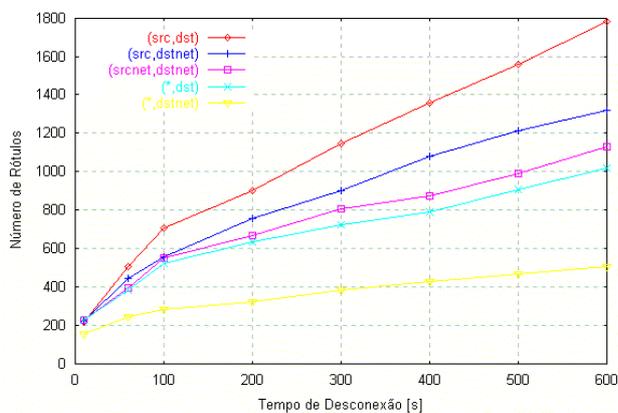


Figura 9 – Número de Rótulos para o Tráfego Saínte da Rede *Label Switching*.

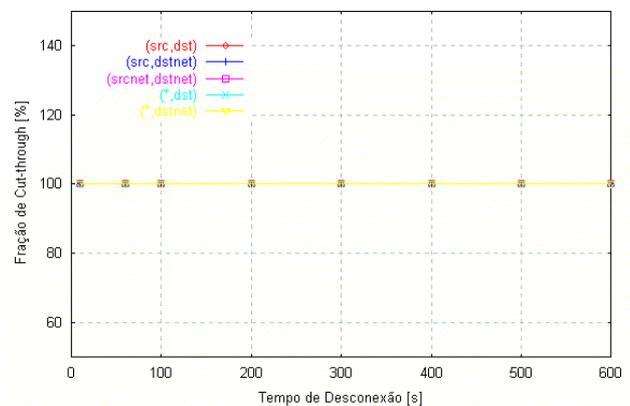


Figura 10 – Fração de *Cut-through* para o Tráfego Saínte da Rede *Label Switching*.

Como mostram as Figuras 10 e 12, as frações de *cut-through* foram sempre as mesmas e de valor 100%. Após a estabilização da rede *Label Switching*, o número de rótulos requeridos passa a ser praticamente constante. Estes valores são apresentados na Tabela 4 para cada tipo de granularidade.

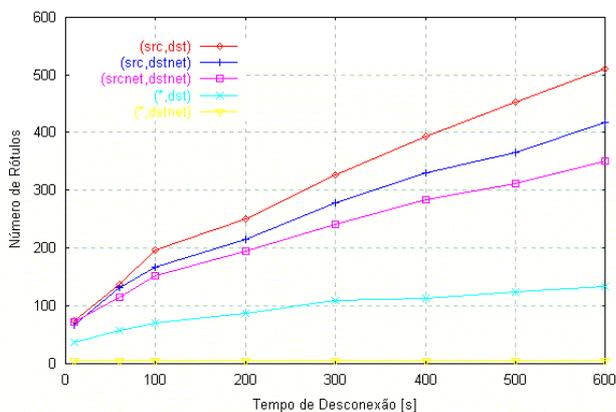


Figura 11 – Número de Rótulos para o Tráfego Entrante na Rede *Label Switching*.

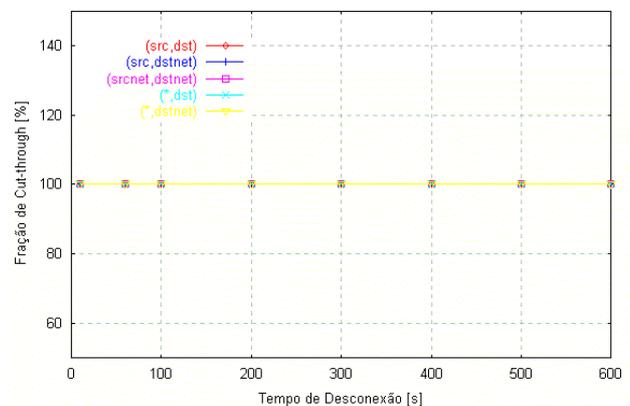


Figura 12 – Fração de *Cut-through* para o Tráfego Entrante na Rede *Label Switching*.

O número de rótulos requeridos com o uso da granularidade (src,dst) é de 507 para o tráfego sainte da rede, valor este que se aproxima muito da avaliação do mesmo parâmetro no mapeamento orientado a dados. Ao contrário, o número de rótulos requeridos pelo mapeamento proposto com granularidade (*,dstnet) é apenas 243 para o tráfego sainte da rede. Este valor corresponde a aproximadamente metade do número de rótulos requeridos pelo mapeamento orientado a dados e é aproximadamente 100 vezes menor que a quantidade requerida pelo mapeamento orientado a controle convencional. A fração de *cut-through* também aumenta de 69% no mapeamento orientado a dados para 100% no mapeamento proposto.

Tabela 4 – Número de Rótulos e Fração de *Cut-through* para o Mapeamento Proposto após Fase de Estabilização.

	Sainte	Entrante	Total	Fração de Cut-through Exterior	Fração de Cut-through Interior
(src,dst)	507	137	644	100%	100%
(src,dstnet)	444	132	576	100%	100%
(srcnet,dstnet)	396	116	512	100%	100%
(* ,dst)	385	57	442	100%	100%
(* ,dstnet)	243	6	249	100%	100%

Para garantir a validade e utilidade de um modelo que avalia o desempenho de um sistema – seja este modelo solucionado por técnicas analíticas ou por simulação, é necessário fazer a correspondência entre os resultados obtidos através da simulação do modelo e os dados já existentes sobre sistemas comparáveis ou semelhantes ao sendo modelado. Neste trabalho, a validação dos resultados obtidos pelo simulador foi realizada através da convergência dos resultados da simulação com os parâmetros e os resultados apresentados em [4].

6 CONCLUSÕES

No mapeamento orientado a dados, o LSP é estabelecido sob demanda de acordo com a presença dos pacotes de dados no nó. O LSP é mantido enquanto existirem pacotes para serem encaminhados através dele. Quando o nó reconhece que o LSP não está ativo, este é liberado (característica *soft-state*).

No mapeamento orientado a controle, o LSP é estabelecido antecipadamente a entrada de qualquer pacote de dados na rede de acordo com as informações do protocolo de roteamento,

ou seja, quando uma entrada na tabela de roteamento é criada através da informação fornecida pelo protocolo de roteamento convencional utilizado. O LSR mantém o LSP ativo enquanto a entrada na tabela de roteamento associada a este LSP existir, sendo que o LSR irá liberar o LSP apenas quando a entrada correspondente a este LSP na tabela de roteamento for excluída (característica *hard-state*).

Devido a todos os fatores, vantagens e desvantagens apresentados, a política de mapeamento proposta se baseia no mapeamento de rótulos orientado a controle por este apresentar um número maior de vantagens se comparado ao mapeamento de rótulos orientado a dados. Possui a característica *soft-state* para diminuir o número de LSPs ociosos na rede, conseqüentemente o número de rótulos armazenados nos LSRs. Além disso, utiliza a granularidade (*,dstnet) que requer um número menor de rótulos se comparada com as demais granularidades.

Cada política de mapeamento de rótulos tem suas particularidades, suas vantagens e desvantagens dependendo do tipo de topologia de rede e tráfego de dados utilizados.

Para compará-las realizou-se uma avaliação de desempenho das políticas de mapeamento de rótulos orientado a dados, controle e da política de mapeamento proposta. Esta avaliação foi feita em termos do número de rótulos requeridos durante o encaminhamento dos pacotes de dados e da fração de *cut-through*.

Nas políticas de mapeamento de rótulos convencionais, mapeamento orientado a dados e mapeamento orientado a controle, o número de rótulos requeridos é elevado, valor este confirmado através das simulações apresentadas. No mapeamento orientado a dados de fluxo agregado, a quantidade de rótulos requerida diminui expressivamente se comparada com a quantidade de rótulos requerida pelos mapeamentos convencionais. Por outro lado, esta apresenta as desvantagens de ser um mapeamento orientado a dados.

Com relação ao mapeamento proposto nota-se, através dos resultados obtidos da simulação que a política de mapeamento orientado a controle com característica *soft-state*, apresenta um melhor desempenho se comparada com as demais políticas de mapeamento convencionais. Mesmo apresentando um desempenho aproximado ao mapeamento orientado a dados de fluxo agregado, o mapeamento proposto apresenta as vantagens de um mapeamento orientado a controle convencional.

7 REFERÊNCIAS

- [1] LI, Tony, MPLS and The Evolving Internet Architecture, IEEE Communications Magazine, páginas 38-41, Dezembro 1999.
- [2] DAVIE, B., DOOLAN P., REKHTER Y. Switching In IP Networks, Tag Switching, & Related Technologies, San Francisco, Morgan Kaufmann Publishers, 1998, 255p.
- [3] KAWAHARA, K., NAKAZAWA, S., TAKINE, T., OIE, Y., Performance Analysis of Layer 3 Switch, Case of Flow-driven Connection Setup, IEICE Transactions on Communications, Fevereiro 2000
- [4] NAGAMI, K, IMAIZUMI, H, NAKAMURA, O., ESAKI, H., Evaluation of Label Mapping Policy for Aggregated Packet Flow in Label Switching Network, Internet Global Summit – INET’99, Junho 1999.
- [5] ROSEN, E., VISWANATHAN, A., CALLON, R., Multiprotocol Label Switching Architecture, Internet Draft, <draft-ietf-mpls-arch-07.txt>, Julho 2000.
- [6] ARMITAGE, Grenville, MPLS: The Magic Behind the Myths, IEEE Communications Magazine, páginas 124-131, Janeiro 2000.
- [7] LI, Tony, MPLS and The Evolving Internet Architecture, IEEE Communications Magazine, páginas 38-41, Dezembro 1999.
- [8] VISWANATHAN, A., FELMAN, N., WANG, Z., CALLON, R., Evolution of Multiprotocol Label Switching, IEEE Communications Magazine, páginas 165-173, Maio 1998.
- [9] NAKAZAWA, S., KAWAHARA, K., YAMAGUCHI, S., OIE, Y., Performance Comparison With Layer 3 Switches in Case of Flow and topology-driven Connection Setup, Global Telecommunication Conference, Globecom’99, 1999.
- [10] BOUSTEAD, P., CHICHARO, J., ANIDO, G., Scalability and Routing Performance of Label Switching Networks, IEEE Globecom’98, Piscataway, USA, 1998.
- [11] NAGAMI, K, ESAKI, H., KATSUBE, Y., NAKAMURA, O., Flow Aggregated, Traffic-Driven Label Mapping in Label Switching Networks, IEEE Journal on Selected Areas in Communications, Vol 17, No. 6, Junho 1999.
- [12] NAGAMI, K, IMAIZUMI, H, NAKAMURA, O., ESAKI, H., Evaluation of Label Mapping Policy for Aggregated Packet Flow in Label Switching Network, Internet Global Summit – INET’99, Junho 1999.