

Uma Abordagem para Implementação de Gerenciamento de Políticas em Redes de Serviços Diferenciados

Elionildo da Silva Menezes¹ Djamel F. H. Sadok² Paulo Rogério Pereira³
^{1,2} Universidade Federal de Pernambuco. Centro de Informática. Caixa Postal 7851.
CEP 50732-970. Recife – PE – Brazil, e-mail: {esm, jamel}@di.ufpe.br
³Instituto Superior Técnico, Universidade Técnica de Lisboa.
INESC, Rua Alves Redol, 9. 1000-029 Lisboa, Portugal, e-mail: prbp@inesc.pt

Resumo

O gerenciamento de serviços representa uma recente e importante evolução no gerenciamento de redes, uma vez que propõe um modelo de gerenciamento de políticas definido em função de perfis de usuários e suas aplicações. Por outro lado, o modelo *DiffServ*, da IETF, pretende oferecer qualidade de serviço na Internet. Baseado nessas duas propostas, este trabalho apresenta e avalia um modelo e uma arquitetura funcional para o mapeamento entre políticas para gerenciamento de serviços e mecanismos do *DiffServ*. Vários cenários de simulação são descritos e analisados, através da definição e uso de políticas de serviços, a fim de mostrar que o gerenciamento de serviços permite que a engenharia de tráfego seja aplicada dinamicamente e eficientemente em *backbones DiffServ*.

Abstract

Service Level Management represents an important and recent shift in network management, since presents a policy-based management model oriented by user and application profiles. On the other hand, the DiffServ model of the IETF, intends to offer quality of service on the Internet. This work presents and evaluates a functional architecture and a framework for mapping service management policies and constraints into DiffServ mechanisms. Various simulation scenarios described through the use of service policies are introduced and analyzed. It is shown that the use of service level management allows for efficient dynamic traffic engineering of DiffServ backbones.

Palavras-chave: Qualidade de Serviço, Políticas de Gerenciamento, Gerenciamento de Serviços

1 Introdução

O crescimento da Internet e das redes corporativas veio acompanhado por inúmeros problemas de interconexão relacionados a questões de roteamento, reserva e administração de recursos de rede [7]. Nesse cenário, surgiram dois problemas importantes. O primeiro é que houve um aumento drástico do número de usuários de redes. O segundo é que, a Internet atual só oferece um serviço de melhor esforço, onde os pacotes são encaminhados pelos roteadores tão rapidamente quanto possível, mas sem garantias em relação a atraso, ordem de chegada e até mesmo da entrega dos pacotes no seu destino. Tal modelo, derivado de [22], retira do núcleo da rede qualquer forma de inteligência no encaminhamento do tráfego. Embora amplamente usado, ele é ineficiente para suportar os requisitos diversificados das novas aplicações comerciais e multimídia, que geram tráfego integrado de dados, voz e vídeo. Este trabalho visa apresentar um modelo e uma arquitetura funcional para a implementação e gerenciamento de serviços na Internet, de acordo com políticas definidas na forma de contratos de serviços. A seção 2 apresenta as recentes pesquisas nas áreas de implementação e gerenciamento de QoS (Qualidade de Serviço). A seção 3 apresenta e discute o modelo e

arquitetura propostos para gerenciamento de serviços. A seção 4 mostra os parâmetros da rede utilizada nas simulações, cujos cenários e resultados são apresentadas e discutidas na seção 5. A seção compara a proposta apresentada com outras existentes e a seção 8 traz as conclusões do trabalho.

2 Estado da Arte

Recentemente, surgiram várias propostas para prover QoS em redes corporativas. Essas propostas seguem, essencialmente, duas vertentes distintas, a dos fabricantes de redes denominada Gerenciamento de Níveis de Serviços e a da IETF (*Internet Engineering Task Force*), denominada Serviços Diferenciados ou *DiffServ*.

2.1 Gerenciamento de Serviços

O gerenciamento de serviços ou SLM (*Service Level Management*) envolve o gerenciamento integrado de redes, sistemas e aplicações com o objetivo de estabelecer e cumprir políticas especificadas em contratos de serviços [19]. Tais políticas definem regras e restrições no controle e alocação dos recursos da rede para os serviços suportados, como mostrado na figura 1 [23], e são expressas sob a forma de contratos ou SLAs (*Service Level Agreements*).

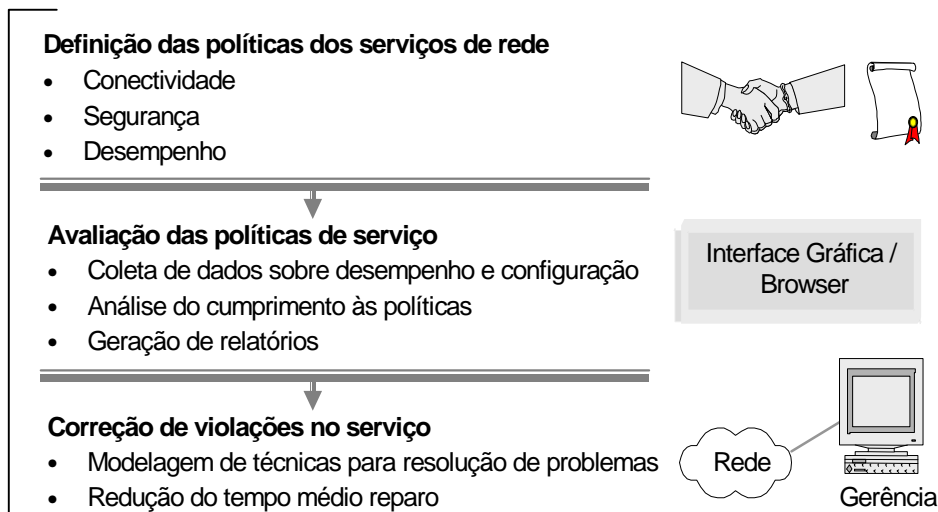


Figura 1 - Processos envolvidos no gerenciamento de serviços.

Os SLAs determinam a qualidade dos serviços oferecidos em função de parâmetros relacionados à disponibilidade, segurança, tempo de resposta, atraso, vazão, etc. Eles podem ser estáticos ou dinâmicos. Os estáticos são negociados entre fornecedor e cliente de serviço, sofrendo modificações periódicas, quando as mesmas forem importantes e acordadas pelas partes envolvidas no SLA. Já os SLAs dinâmicos, adaptam-se automaticamente às mudanças das condições da rede, no sentido de manter a QoS negociada com o usuário.

Atualmente, existem soluções SLM dos principais fabricantes de ferramentas de gerenciamento de redes, dentre elas destacam-se InfoVista™ [13], Netsys [23], HP IT Service Management [25] e Spectrum [6], etc. Entretanto, as soluções desenvolvidas apenas implementam algumas das funcionalidades do SLM.

2.2 Serviços Diferenciados

A IETF propôs várias soluções para prover QoS na Internet. Dentre elas, destacam-se, segundo [27], o modelo de Serviços Integrados (*IntServ*) [3], que utiliza o RSVP (*Resource*

Reservation Protocol) [4] para reservar recursos para fluxos individuais; o modelo de Serviços Diferenciados (*DiffServ*) [2] que utiliza o conceito de agregação de fluxos; o MPLS (*Multiprotocol Label Switching*) [21] que utiliza um rótulo de tamanho fixo para decidir sobre o encaminhamento e o tratamento de pacotes; a Engenharia de Tráfego [1] que define como os fluxos devem atravessar uma rede; o Roteamento baseado em QoS [9], que é utilizado para calcular rotas que atendam certas restrições de QoS. Dentre todas as propostas apresentadas, a do *DiffServ* tem-se destacado, sendo inclusive adotada pelo projeto QBone [14] da Internet2, por oferecer escalabilidade. Segundo o grupo *DiffServ*, essa escalabilidade é conseguida através da agregação de fluxos e separação das funções realizadas pelos roteadores de borda e de núcleo nas grandes redes de *backbone*, como mostrado na figura 2 [17].

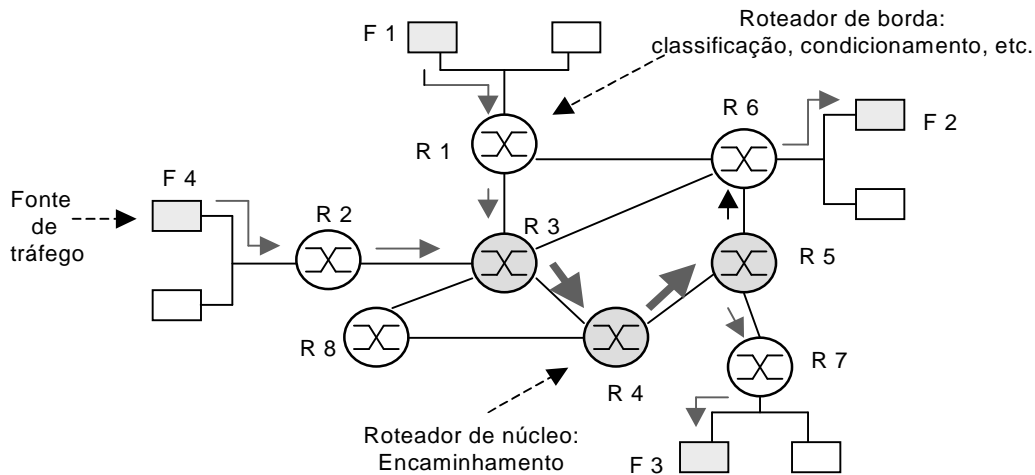


Figura 2 - Exemplo de uma rede que implementa serviços diferenciados.

As redes que implementam serviços diferenciados são chamadas Domínios DS. Esses domínios negociam SLAs entre si, com o objetivo de prover as garantias mínimas de QoS requeridas pelas aplicações dos usuários. Todos os pacotes são policiados nos roteadores de borda para verificar sua conformidade com os SLAs. No núcleo da rede, os roteadores simplesmente encaminham os pacotes para o seu destino, mantendo as garantias de QoS de determinados pacotes. Ou seja, pacotes distintos podem ter tratamentos distintos nos roteadores, para manter sua conformidade com os requisitos de QoS de sua classe. Esse tratamento específico de encaminhamento é chamado de PHB (*Per-Hop Behavior*).

A combinação do PHB no centro da rede com as regras de policiamento na borda, permite a criação de vários serviços em uma rede *DiffServ*. Recentemente, a IETF padronizou dois PHBs. O PHB AF pode ser utilizado por serviços que necessitam de garantias não muito rígidas ou qualitativas, para obter priorização dos pacotes que trafegam na rede e, com isso, garantir um serviço melhor que o melhor esforço (BE – *Best Effort*). Por outro lado, o PHB EF define garantias mais rígidas ou quantitativas de QoS para suportar aplicações muito sensíveis a variações de natureza temporal da rede. Exemplos de serviços que utilizam o PHB EF incluem emulação de circuitos e serviços de voz e vídeo.

2.3 Políticas para Gerenciamento de Redes

Políticas de serviços servem para permitir a implementação, monitoração e modificação dos diversos perfis associados aos usuários ou classes de usuários que contratam serviços da rede. Elas servem para disciplinar e otimizar a utilização dos recursos de uma rede e para garantir

os requisitos de QoS relativos a cada classe de serviço, em situações onde o tráfego que atravessa a rede seja superior à largura de banda disponível.

Parâmetros usuais para a definição de políticas incluem informações sobre endereço IP, porta e/ou sub-rede de origem ou de destino, tempo de vida e horários de aplicação da política, etc. Atualmente, a IETF tem trabalhado na definição de uma linguagem para especificação da sintaxe e semântica de políticas de serviços de redes. Na definição da linguagem estão sendo considerados dois aspectos: uma política constitui-se de uma ou mais regras que descrevem a ação ou ações que devem ser tomadas quando da ocorrência de uma condição específica [15]; políticas mais complexas podem ser construídas a partir de políticas mais simples, o que simplifica consideravelmente o seu gerenciamento [24]. Atualmente, há vários estudos para definir que mecanismos serão utilizados para armazenamento e distribuição de políticas. Nesse sentido, várias soluções são apresentadas em [18]. Essas soluções baseiam-se no emprego do COPS (*Common Open Police Service*) [5], SNMP (*Simple Network Management Protocol*) [8], LDAP (*Lightweight Directory Access Protocol*) [12] e HTTP (*HyperText Transfer Protocol*) [10].

3 Um Modelo para Gerenciamento de Serviços

3.1 Motivação

O grupo de trabalho *DiffServ* limita-se a definir apenas os componentes básicos da arquitetura de serviços diferenciados na Internet. Por outro lado, as abordagens propostas pelo SLM estão preocupadas com os serviços, mas não definem claramente os mecanismos que serão utilizados para implementar e gerenciar tais serviços nas redes. Com isso, a nossa proposta é aproveitar e, ao mesmo tempo, integrar essas duas abordagens a fim de construir um modelo para o gerenciamento de serviços.

3.2 Modelo Proposto – Visão em Planos

O modelo proposto, apresentado na figura 3, estrutura a gerência de serviços em quatro planos inter-relacionados, que representam os diferentes graus de abstração sobre os serviços oferecidos por redes de computadores. Esses planos são descritos a seguir.

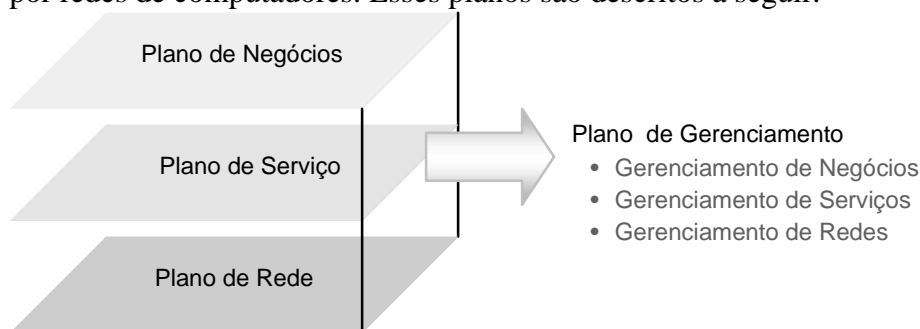


Figura 3 - Modelo proposto para gerenciamento de serviços.

- *Plano de Negócios*: Define e avalia os serviços usando informações menos técnicas que podem ser compreendidas pelos usuários da rede. Os usuários desse plano devem estar habilitados para monitorar e atuar sobre os serviços que utilizam, sem a necessidade de conhecer detalhes da implementação dos mesmos. Os contratos têm cláusulas relacionadas à finalidade do serviço, custos de operação e manutenção, rapidez na recuperação de falhas, equipe de suporte, horário de fornecimento do serviço, prioridade do serviço na rede, duração do contrato, penalidades por desrespeito ao contrato e até mesmo cláusulas

relacionadas à quebra do contrato. Os contratos desse plano têm valor jurídico e são estabelecidos entre cliente e provedor de serviço, este último representado pelo Gerente de Negócios. Neste trabalho, os contratos desse plano serão denominados CLAs (*Customer Level Agreements*).

- *Plano de serviço*: Define os serviços em termos de parâmetros mais técnicos e baseados em QoS, como por exemplo atraso, *jitter*, largura de banda, prioridade no encaminhamento do tráfego para cada classe de serviço, políticas de condicionamento do tráfego, esquemas de redundância para fornecimento constante do serviço, etc. Os contratos desse plano são definidos a partir dos contratos individuais de cada cliente, mas na realidade eles envolvem a especificação de contratos que atendam aos requisitos exigidos pelo tráfego agregado em cada classe de serviço e não às necessidades individuais de cada cliente. Nesse plano, surge a figura do Gerente de Serviços, que é o responsável pela definição, monitoração e eventual modificação das políticas de serviços, para atender aos requisitos especificados nos contratos, denominados SLAs. Um SLA agrupará CLAs de vários clientes, desde que sejam do mesmo tipo do SLA, como mostrado na figura 4.

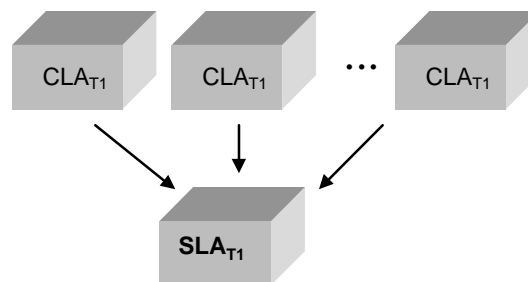


Figura 4 - SLA agregando vários CLAs do mesmo tipo.

- *Plano de rede*: Constrói contratos que definem como a infra-estrutura de rede deverá suportar os serviços comercializados via CLAs e especificados via SLAs. Aqui, o contrato será chamado TCA (*Traffic Conditioning Agreement*), em conformidade com a terminologia do *Diffserv*, e sua função é definir parâmetros para os mecanismos de filas e algoritmos de roteamento dos pacotes que trafegam pela rede provedora do serviço. Nesse plano, atua o Gerente de Rede, cuja função é administrar cada um dos elementos de rede da rede provedora do serviço.
- *Plano de gerenciamento*: Define as atividades de gerenciamento para coordenar os três outros planos do modelo. As cinco áreas funcionais definidas pelo modelo de gerenciamento OSI – gerenciamento de configuração, de contabilização, de faltas, de desempenho e de segurança – devem ser tratadas por esse plano, bem como pelos demais. Entretanto, a forma de representação das informações de cada área funcional sofrerá variações para corresponder às expectativas de cada uma das gerências definidas no modelo proposto.

3.3 Arquitetura Funcional

A arquitetura associada ao modelo descrito na seção anterior, é mostrada na figura 5. Nela pode-se observar a definição de três serviços que podem ser oferecidos pela rede, que poderia, nesse caso, pertencer a um provedor de acesso a Internet (ISP – *Internet Service Provider*) que implementa serviços diferenciados. Os serviços são descritos a seguir.

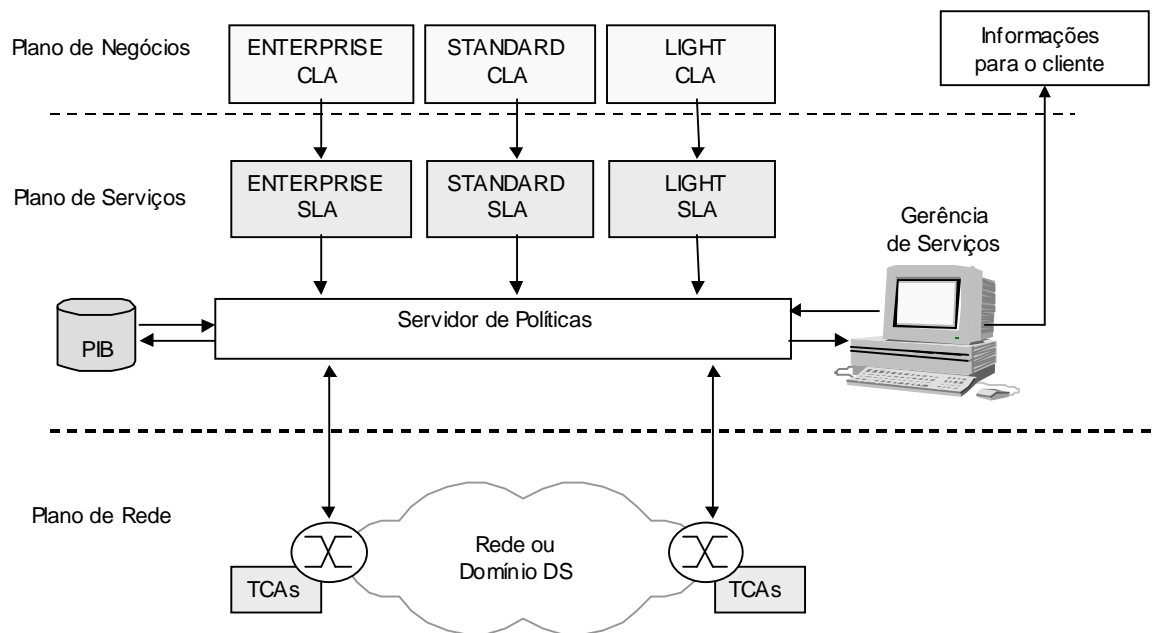


Figura 5 - Arquitetura proposta para gerenciamento de serviços.

- **ENTERPRISE:** Apresenta o melhor desempenho dentre todos os serviços. Ele fornece garantias rígidas de atraso. É ideal para aplicações com estritos requisitos de tempo, como videoconferência. Na rede, o tráfego *ENTERPRISE* tem prioridade sobre os demais. Esse serviço é implementado utilizando o PHB EF e o condicionamento do tráfego é realizado através do descarte de pacotes fora do perfil negociado. Estudos recentes indicam que apenas 5% da largura de banda da rede devem ser destinados a esse serviço.
- **STANDARD:** Ideal para clientes que desejam um serviço melhor que o *LIGHT*, mas que não podem pagar pelos custos de utilização do serviço *ENTERPRISE*. É adequado para aplicações que não possuem requisitos muito rígidos de desempenho, tais como WWW (*World Wide Web*), Telnet, etc. Esse serviço é implementado utilizando o PHB AF e o condicionamento do tráfego é realizado através da remarcação de pacotes fora do perfil contratado.
- **LIGHT:** Caracteriza-se pelo desempenho regular que atende perfeitamente às necessidades de usuários residenciais que utilizam aplicações Internet, tais como correio eletrônico e FTP (*File Transfer Protocol*), ou para operações de *backup* de arquivos de empresas. O tempo de acesso é variável, ou seja em certos momentos a rede pode estar bastante lenta, porém ela pode se apresentar mais rápida em outros instantes. Esse serviço equivale ao melhor esforço, oferecido hoje pela Internet.

Na arquitetura proposta, os CLAs de cada classe de serviço (*ENTERPRISE*, *STANDARD* ou *LIGHT*) são agregados para formar o SLA da classe correspondente. Tais SLAs são então mapeados em políticas que são armazenadas em um repositório de políticas, denominado PIB (*Policy Information Base*), e utilizadas pelo servidor de políticas para atuar nos roteadores de borda da rede a fim de configurar seus TCAs e, com isso, realizar o gerenciamento do tráfego que atravessa o domínio. Periodicamente ou em casos de urgência, o servidor de políticas envia informações para a aplicação de gerenciamento de serviço e esta, filtra e repassa para os clientes da rede as informações sobre o cumprimento ou não dos contratos.

4 Simulações

Nesta seção, apresentamos a topologia da rede e os parâmetros usados pelas simulações, descritas na seção 5. Tais simulações pretendem mostrar os benefícios e a viabilidade da arquitetura proposta na seção 3.3 e, ao mesmo tempo, destacar a importância da atuação do servidor de políticas no processo de gerenciamento de uma rede *DiffServ*. Todas as simulações foram realizadas com o network simulator [26], versão 2. Para tanto, o mesmo foi configurado para suportar serviços diferenciados, através da inserção de componentes *DiffServ* – para condicionamento, suavização e descarte, dentre outras funções – que permitiram a implementação de serviços baseados nos PHBs AF e EF, além do BE.

4.1 Rede para Simulação

A topologia da rede utilizada nas simulações é mostrada na figura 6.

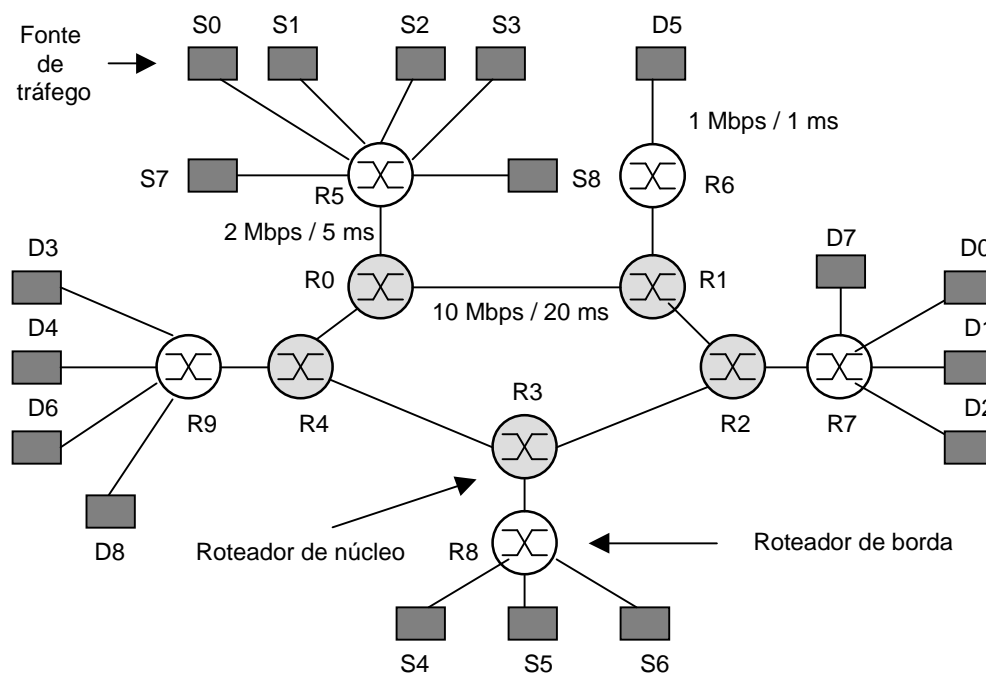


Figura 6 - Topologia da rede para realização das simulações.

4.2 Parâmetros da Simulação

Na topologia proposta, foram configuradas fontes que geram tráfego do tipo CBR (*Constant Bit Rate*), *On/Off*, Telnet e FTP, de acordo com as informações contidas na tabela 1.

Para as fontes CBR, o tamanho do pacote foi configurado para 576 bytes e, para as demais, o tamanho do pacote foi definido em 1.5 KB. Todas as simulações duraram aproximadamente 60 segundos.

Para não entrar no mérito da negociação de contratos entre domínios administrativos distintos, simulamos um único domínio DS. Para esse domínio, definimos os seguintes percentuais para cada classe de serviço, de acordo com o PHB: 5% para o PHB EF, 40% para o PHB AF e os 55% restantes para o tráfego de melhor esforço.

FONTE	TRÁFEGO	PHB	TAXA (Mbps)	DESTINO
S0	CBR	EF	0.1	D0
S1	TELNET	AF11	0.8	D1
S2	FTP	BE	-	D2
S3	FTP	BE	-	D3
S4	ON/OFF	AF11	1.0	D4
S5	CBR	EF	1.0	D5
S6	ON/OFF	AF11	1.0	D6
S7	FTP	BE	-	D7
S7	CBR	EF	0.1	D7
S8	FTP	BE	-	D8
S8	CBR	EF	0.1	D8

Tabela 1 - Parâmetros das fontes de tráfego utilizadas na simulação.

Para o nosso estudo de caso configuramos cada suavizador com os seguintes parâmetros: taxa de pico (*peak rate*) de 500 Kbps, tamanho da rajada (*burst size*) de 16 KB e comprimento da fila (*queue length*) de 3. Nas simulações utilizamos os parâmetros definidos em [20], que são apresentados na tabela 2.

Parâmetros do escalonador	
ef-queue-length	40
af-queue-length	62
be-queue-length	150
af-queue-rio-params	0.002 30 60 50 15 30 10
be-queue-red-params	0.002 50 145 20
ef_queue_weight	1
af_queue_weight	8
be_queue_weight	11
aggregate-bytes-thresh	4000

Tabela 2 - Parâmetros de configuração do escalonador.

5 Estudo de Caso e Resultados das Simulações

O objetivo desta seção é, através dos cenários simulados em um estudo de caso, mostrar exemplos de uso de políticas e do servidor de políticas para gerenciamento de serviços em uma rede para validar a arquitetura proposta na seção 3.3.

Seja o cenário onde o provedor possui vários clientes, representados pelas fontes S0 a S6, na figura 6. Considere agora que esse provedor vende seus serviços para outros dois clientes, representados pelas fontes S8. Nessa situação, vamos analisar o impacto de adicionar esses clientes à rede, em duas situações distintas: primeiro, os clientes contratam serviços *LIGHT*. Segundo, os clientes contratam serviços *ENTERPRISE*.

Nesse cenário não vamos considerar, inicialmente a definição de regras para política de serviço. Ao invés disso, vamos analisar as situações a seguir, tomando como base sempre o efeito sofrido pela fonte S0:

(a) O impacto da adição de dois clientes de serviços *LIGHT* à rede é mostrado na figura 7. Nela, contrastamos os parâmetros de QoS: vazão atraso e variação do atraso (*jitter*) da fonte S0 antes e depois da inserção das duas novas fontes e, observamos que a inserção das fontes *LIGHT* não provocou nenhuma alteração no comportamento da fonte *ENTERPRISE* definida por S0.

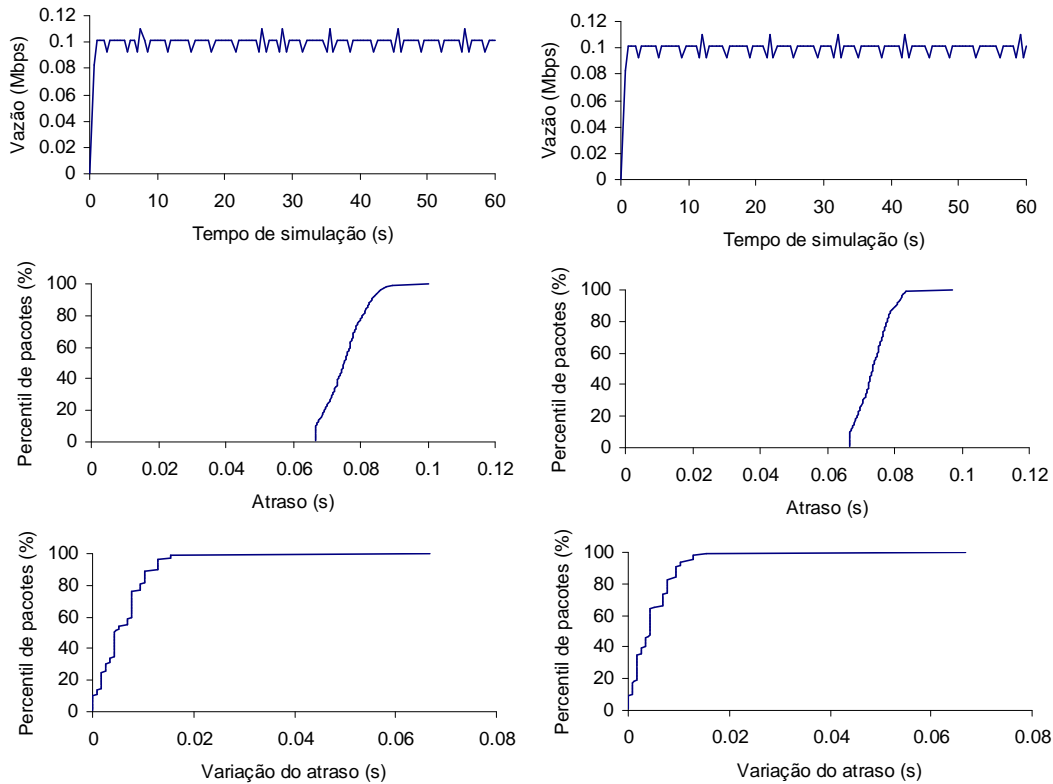


Figura 7 - Vazão, atraso e variação do atraso para a fonte S0. À esquerda o comportamento de S0 antes da inserção de S7 e S8. À direita, o comportamento de S0 após a inserção de S7 e S8.

(b) O impacto da adição de dois clientes *ENTERPRISE* à rede é mostrado na figura 8. Nela, contrastamos os parâmetros de QoS: vazão atraso e variação do atraso (*jitter*) da fonte S0 antes e depois da inserção das duas novas fontes e, observamos que a inserção das fontes *ENTERPRISE* provocou alterações drásticas no comportamento da fonte S0. Com isso, os parâmetros negociados no SLA de S0 não estão sendo atendidos e, tanto o provedor como o cliente devem ser notificados.

Nas duas simulações anteriores, configuramos a nossa rede para permitir 5% da largura de banda para o tráfego EF, 40% para o tráfego AF e 55% para tráfego BE. Entretanto, no próximo cenário, vamos simular o mesmo caso proposto em (b), mas vamos modificar os percentuais de alocação de recursos da rede para permitir 15% da largura de banda para o tráfego EF, 30% para o tráfego AF e 55% para tráfego BE. Os resultados são apresentados na figura 9. Pelos gráficos, observamos que, com a redefinição dos percentuais alocados a cada classe de tráfego, conseguimos atender aos novos clientes e, manter os níveis contratados pelo cliente representado pela fonte S0. Entretanto, é possível que, nessa nova alocação, tenhamos comprometido o desempenho alcançado pelas outras fontes AF e BE. Por isso, essas mudanças nos pesos das classes deve ser feita de forma racional e planejada, de forma a evitar interferências nos outros serviços, uma vez que eles também seguem um perfil estabelecido nos seus contratos, ou seja, mudanças na rede podem ser feitas pelo provedor para melhor

utilizar seus recursos, mas essas mudanças não devem influenciar negativamente em serviços já contratados.

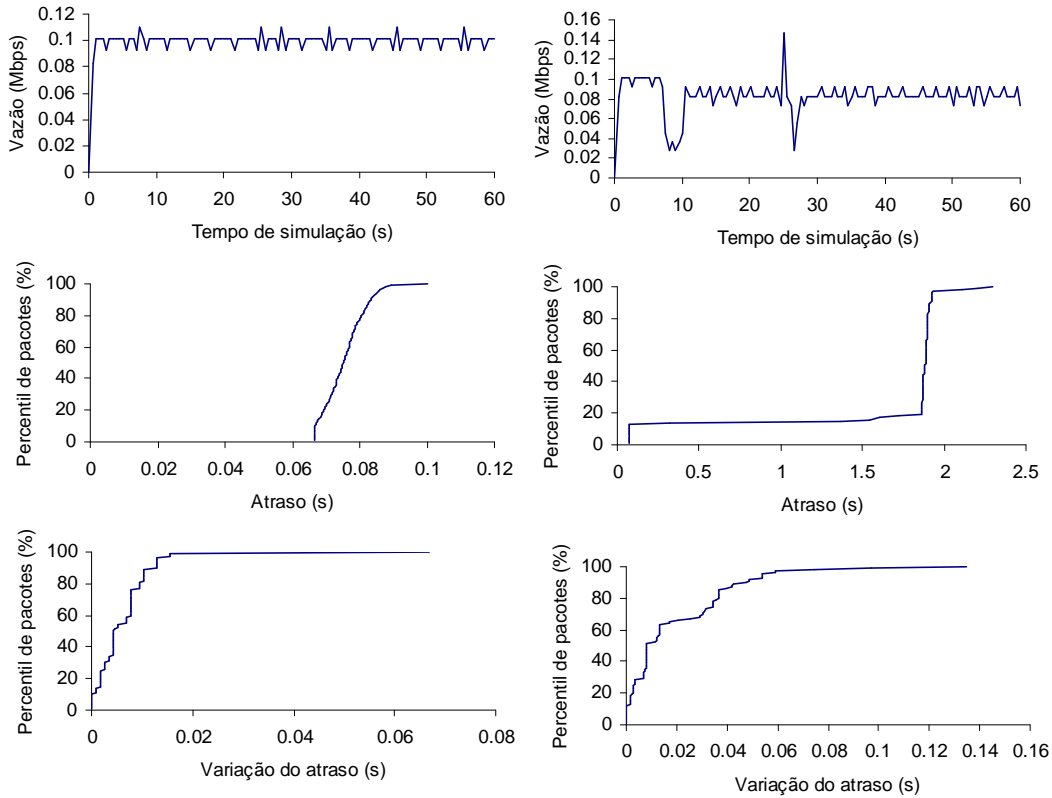


Figura 8 - Vazão, atraso e variação do atraso para a fonte S0. À esquerda o comportamento de S0 antes da inserção de S7 e S8. À direita, o comportamento de S0 após a inserção de S7 e S8, sem redefinição dos recursos da rede.

6 Trabalhos Relacionados

A proposta apresentada neste trabalho tem um certo caráter inovador por integrar abordagens, até então, isoladas, como as de SLM, *DiffServ* e políticas de rede. Outras propostas existentes, discutidas a seguir, possuem algumas limitações em relação ao nosso estudo, ou porque não há a idéia de estruturação da atividade de gerenciamento em planos que refletissem os graus de abstração dos serviços de uma rede ou porque não integram os elementos discutidos na seção 2, deste documento. No primeiro caso, pode ser citado o trabalho desenvolvido em [28], onde os contratos são criados em uma notação de baixo nível, baseada em parâmetros do *DiffServ* (tamanhos de filas dos roteadores, *jitter*, PHBs, etc.) e em momento algum são associados a serviços que possam ser comercializados ou gerenciados sob uma perspectiva de usuários. No segundo caso, podemos destacar o trabalho de [29] que propõe um modelo estruturados em camadas, mas não o integra com o *DiffServ* nem apresenta algum mecanismo real para a implementação de suas arquiteturas para gerenciamento de políticas em uma rede.

7 Conclusões

Neste trabalho, apresentamos uma modelagem para o gerenciamento de serviços de redes baseado em políticas, que integra as recentes pesquisas nas área de gerenciamento de redes e de qualidade de serviço na Internet. Ao analisarmos os resultados conseguidos através dos

gráficos da seção 5, observamos a importância das políticas no gerenciamento dos serviços de uma rede para otimizar a utilização de seus recursos e atender às necessidades de cada classe de tráfego. Por último, vale ressaltar que, embora todo o estudo tenha sido realizado no cenário *DiffServ*, o modelo pode ser adaptado ao gerenciamento de serviços em outros cenários, como o de redes corporativas baseadas em VLANs (*Virtual Local Area Networks*), MPLS, *IntServ*, etc. uma vez que todo e qualquer projeto de rede pode ser concebido com base nos planos do modelo.

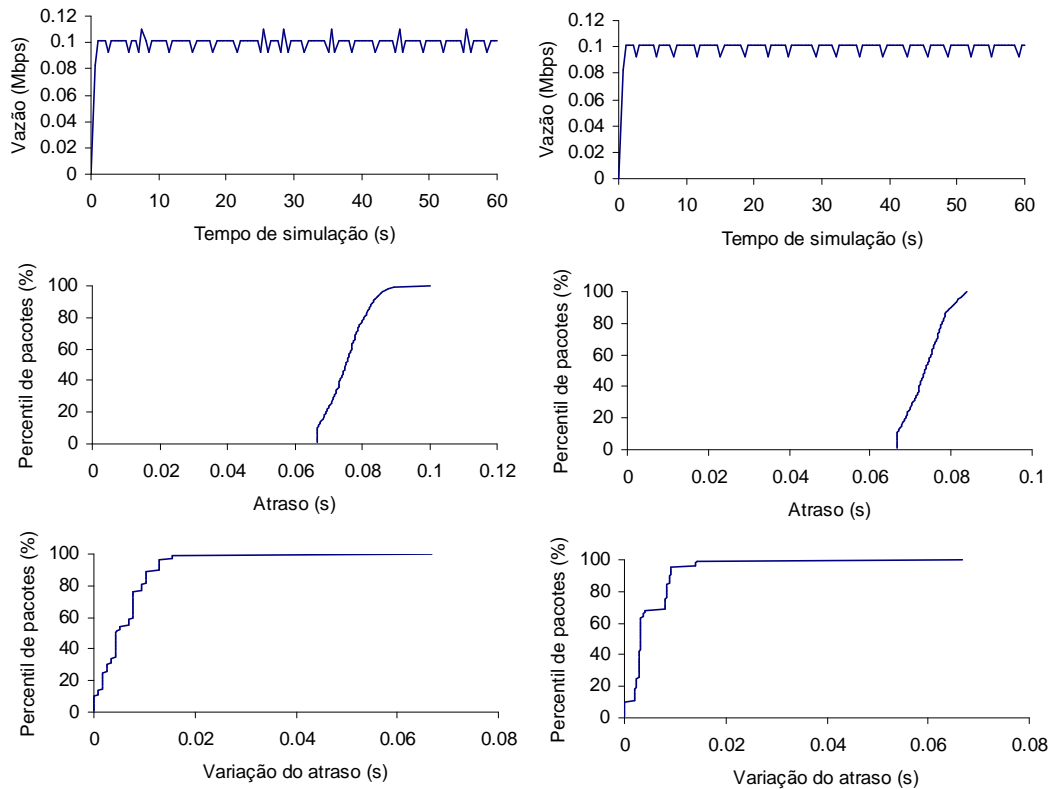


Figura 9 - Vazão, atraso e variação do atraso para a fonte S0. À esquerda o comportamento de S0 antes da inserção de S7 e S8. À direita, o comportamento de S0 após a inserção de S7 e S8, com redefinição dos recursos da rede.

8 Referências

- [1] Awduche, D. et al., *Requirements for Traffic Engineering over MPLS*, June 1999, <draft-ietf-mpls-traffic-eng-01.txt>
- [2] Black, D., *An Architecture for Differentiated Services*, RFC 2475, December 1998
- [3] Braden, R., Clark, D. & Shenker, S., *Integrated Services in the Internet Architecture: An Overview*, RFC 1633, June 1994
- [4] Braden, R., et al., *Resource ReSerVation Protocol (RSVP) - Version 1 Functional Specification*, RFC 2005, September 1997
- [5] Boyle, J., et al., *The COPS (Commom Open Policy Service) Protocol*, February 1999, <draft-ietf-rap-cops-06.txt>
- [6] Lewis, Dr. Lundy; *Spectrum Service Level Management - Definition, Offerings, and Strategy*; March 1998; <http://www.cabletron.com/white-papers/spectrum/slm.pdf>

- [7] Calvert, Kenneth L., Doar, M. B., & Zegura, E. W., *Modeling Internet Topology*, IEEE Communications Magazine, June 1997
- [8] Case, J. D., et al., *Simple Network Management Protocol (SNMP)*, RFC 1157, May 1990
- [9] Crawley, E., et al., *A Framework for QoS-Based Routing in the Internet*, RFC 2386, August 1998
- [10] Fielding, E., et al., *Hypertext Transfer Protocol - HTTP/1.1*, RFC 2616, June 1999
- [11] Heinamen, J. et al., *Assured Forwarding PHB Group*, RFC 2597, February 1999
- [12] Howard, L., *An Approach for Using LDAP as a Network Information Service*, RFC 2307, March 1998
- [13] *InfoVista(TM) - Service level Management Solution: Building a Service Management Environment*, March 1998. <http://www.3com.com/products/dsheets/400365a.html>
- [14] Internet2, *QBone Initiative*. em <http://www.internet2.edu/qos/qbone>
- [15] *Introduction to QoS Policies - White Paper*, July 1999. <http://www.qosforum.com>
- [16] Jacobson, V. & Nichols K., *An Expedited Forwarding PHB*, RFC 2598, February 1999
- [17] Kurose, James F. and Ross, Keith W., *Computer Networking - A Top-Down Approach Featuring the Internet*. <http://www.seas.upenn.edu/~ross/book/Contents.htm>
- [18] Mahon, H., Bernet, Y., Herzog, S., *Requirements for a Policy Management System*, October 1999 <draft-ietf-policy-req-01.txt>
- [19] McConnell, John, *Service Level Management - Leveraging Your Network Investments*, July 1998. http://www.3com.com/technology/tech_net/white_papers/500654.html
- [20] Murphy, Sean, *Some notes on the use of my ns diffsev software*, September 1999
- [21] Rosen, E. et al., *Multiprotocol Label Switching Architecture*, April 1999, <draft-ietf-mpls-arch-05.txt>
- [22] Saltzer, et al., *End to End Arguments in System Design*, ACM Transactions in Computer Systems, November 1984. <http://www.reed.com/Papers/EndtoEnd.html>
- [23] *Service Level Management with Netsys: A Model-Based Approach*, 1998. http://www.cisco.com/warp/public/734/nslms/slm_wp.htm
- [24] Strassner, J., et al., *Terminology for describing network policy and services*, February 1999, <draft-ietf-policy-terms-01.txt>
- [25] *The HP IT Service management Reference Model - White Paper*; March 1998. <http://www.hp.com/pso/frames/services/whitepapers/wp-itsm-overview.html>
- [26] *VINT Network Simulator (versão 2)*. <http://www-mash-cs.berkeley.edu/ns>
- [27] Xiao, X. & Ni, L. M., *Internet QoS: A Big Picture*, IEEE Network, March/April 1999
- [28] Gibbens, R. J., et al., *An Approach to Service Level Agreements for IP Networks with Differentiated Services*, Article submitted to Royal Society, 2000. <http://www.statslab.cam.ac.uk/~richard/research/papers/sla/>
- [29] Wies, René, *Policies in Network and Systems Management – Formal Definition and Architecture*, Journal of Network and Systems Management, Plenum Publishing Corp., pp. 54–61, March 1994.