

Desenvolvimento de um Ambiente de Testes com Suporte à Qualidade de Serviço para Transmissão de Vídeo Digital *

Igor M. Moraes , Marco Dias D. Bicudo , Kleber V. Cardoso , Saulo V. de Vasconcelos ,
José F. de Rezende , Otto Carlos M. B. Duarte

¹Grupo de Teleinformática e Automação
COPPE – Programa de Engenharia Elétrica
POLI – Departamento de Eletrônica e de Computação
Universidade Federal do Rio de Janeiro
<http://www.gta.ufrj.br>

{igor,bicudo,kleber,vaz,rezende,otto}@gta.ufrj.br

O sucesso da rede Internet é incontestável, entretanto, sua atual arquitetura não atende de forma satisfatória os requisitos de Qualidade de Serviço (QoS) das novas aplicações multimídia [1]. Uma das propostas para prover QoS na Internet, de forma escalável, é a Diferenciação de Serviços (*Differentiated Services – DiffServ*) [2].

O Projeto QUARESMA (QUALidade de Serviço em REdes, Segurança, Mobilidade e Aplicações), selecionado no edital de Redes Avançadas do CNPq com a Rede Nacional de Ensino e Pesquisa, tem como um dos seus objetivos testar a oferta de QoS em um ambiente de Diferenciação de Serviços.

Este artigo apresenta uma plataforma, com suporte à Diferenciação de Serviços, que visa avaliar a qualidade da transmissão de vídeo em redes sujeitas a congestionamento de tráfego. A aplicação de distribuição de vídeo foi escolhida por requerer grande largura de banda e ser sensível a parâmetros de QoS como a taxa de perda, o atraso e o *jitter*.

Este trabalho está dividido da seguinte forma. A Seção 1 apresenta a topologia do ambiente de testes implementado considerando a tecnologia empregada e as limitações impostas pelo projeto. Na Seção 2 são apresentados os mecanismos de QoS e as ferramentas utilizadas. Também são analisados os resultados obtidos nos testes. Por fim, na Seção 3, são apresentados os comentários finais sobre este trabalho e sobre futuras perspectivas de desenvolvimento da plataforma.

1. Topologia

A topologia do ambiente de testes foi concebida de forma a caracterizar um domínio *DiffServ* na Internet composto por dois roteadores de borda e um de núcleo. Além dos roteadores, a plataforma é composta por um servidor de vídeo, clientes de vídeo, um gerador e um receptor de tráfego de fundo, como visto na Figura 1.

O servidor de vídeo e o gerador de tráfego de fundo utilizam de forma intensiva a rede, mantendo-a com alta taxa de utilização. Isto permite a realização de experimentos que avaliam o comportamento da rede em duas situações distintas:

*Este trabalho é apoiado pelo CNPq/PROTEM-CC, CAPES e FAPERJ.

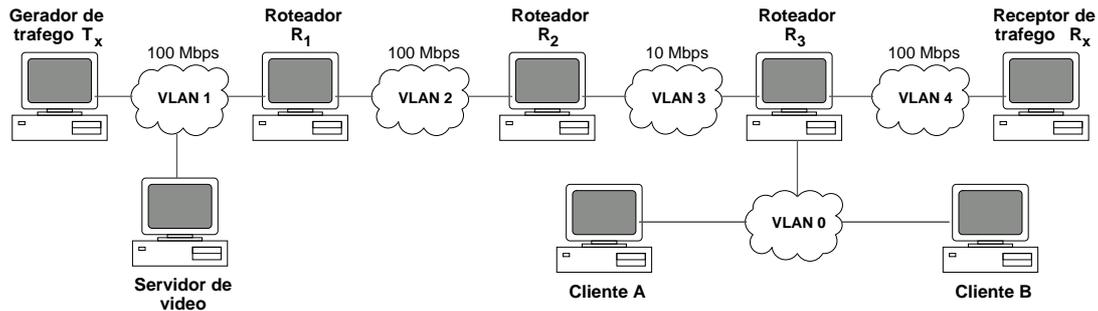


Figura 1: Topologia do ambiente de testes

- os roteadores tratam os pacotes segundo o modelo do melhor esforço, semelhante ao que ocorre hoje na Internet convencional ou,
- os roteadores aplicam tratamento diferenciado aos pacotes, como propõe a arquitetura *DiffServ*.

Num domínio de Diferenciação de Serviços, os roteadores de borda (R_1 e R_3 na Figura 1) são responsáveis pela marcação dos pacotes de acordo com as classes de tráfego definidas. O roteador de núcleo (R_2) implementa os mecanismos de policiamento, suavização e escalonamento de filas. Mais detalhes sobre estes mecanismos e sobre os testes realizados são apresentados na Seção 2.

Para implementar a plataforma de testes foram utilizadas somente ferramentas livres e a infra-estrutura disponível no laboratório do GTA. Todos os equipamentos utilizam a distribuição *Red Hat* do sistema operacional *Linux*. Por razões operacionais, foi estabelecido que a plataforma de testes deve interferir o mínimo possível na rede de usuários do laboratório, ainda que o comutador Ethernet utilizado seja comum a ambas as redes. Além disso, os computadores envolvidos não podem ser utilizados exclusivamente na plataforma de testes já que são máquinas de uso diário dos alunos.

Todos os enlaces utilizados são Ethernet, com capacidades de 10 ou 100 Mbps. Para interligar os computadores envolvidos no ambiente de testes ao comutador Ethernet, foi utilizada a estrutura de cabeamento disponível no GTA. O comutador Ethernet oferece o recurso de estabelecimento de VLAN (*Virtual Local Area Network*) [3] utilizado para isolar o ambiente de testes da rede de usuários e criar os enlaces ponto-a-ponto entre os roteadores.

As VLANs implementadas seguem o padrão IEEE 802.1Q [4]. A VLAN 0 representa a rede de usuários do laboratório. Todos os computadores envolvidos na rede de testes possuem interfaces de comunicação com essa rede virtual para que possam continuar com suas atividades normais. A VLAN 1 interconecta os equipamentos responsáveis pela geração do tráfego e o roteador R_1 . Uma vez que a maior parte do tráfego flui do gerador T_X para o receptor R_X e do servidor de vídeo para os clientes, o enlace de 10 Mbps entre os roteadores R_2 e R_3 representa o gargalo do ambiente de testes. O roteador R_3 permite o acesso dos clientes de vídeo, localizados na VLAN 0, ao servidor. Os roteadores possuem rotas estáticas forçando o tráfego vindo do servidor de vídeo e do gerador T_X a passar pela rede de testes. Assim, não são necessários protocolos de roteamento.

Detalhes sobre as ferramentas utilizadas no desenvolvimento do ambiente de testes podem ser obtidos no sítio deste projeto na Internet [5].

2. Testes

O tráfego total transportado pela plataforma de teste é dividido em duas classes de serviço. A classe mais prioritária corresponde ao tráfego de vídeo, classe EF (*Expedited Forwarding*) [1], e a outra classe correspondente ao tráfego de fundo, classe de melhor esforço BE (*Best Effort*) [1].

Os testes realizados têm como principal objetivo a análise e a comparação de dois mecanismos de escalonamento que permitem tratar diferenciadamente os pacotes pertencentes às duas classes. Estes mecanismos são implementados pelo sistema operacional do roteador de núcleo e configurados com auxílio da ferramenta *iproute2* [6]. Um destes mecanismos se baseia em prioridade simples (PRIO), ou seja os pacotes da classe de melhor esforço só são transmitidos quando não existirem pacotes nas filas da classe EF. O outro mecanismo, (CBQ – *Class-Based Queueing*) [6], se baseia em reserva de banda para cada uma das classes definidas. No caso do CBQ, reservou-se metade da banda disponível para cada classe, sendo permitido ao tráfego de fundo ocupar mais do que lhe foi destinado. Desta forma a disciplina de escalonamento de filas adequa a banda do tráfego de fundo de acordo com a banda utilizada pelo tráfego EF, utilizando de maneira eficiente o meio.

A Figura 2(a) mostra a variação da taxa de entrega de pacotes EF em relação ao aumento da vazão do tráfego de fundo. O vídeo é codificado no padrão MPEG-4 com taxa de quadros igual a 30 quadros por segundo, banda de 1100 kbps e resolução de 320x240 pixels. É feita uma comparação entre a transmissão do vídeo com PRIO e CBQ e sem mecanismos de Qualidade de Serviço. A Figura 2(b) mostra o número de pacotes BE descartados pelos mecanismos PRIO e CBQ com o aumento da vazão do tráfego de fundo.

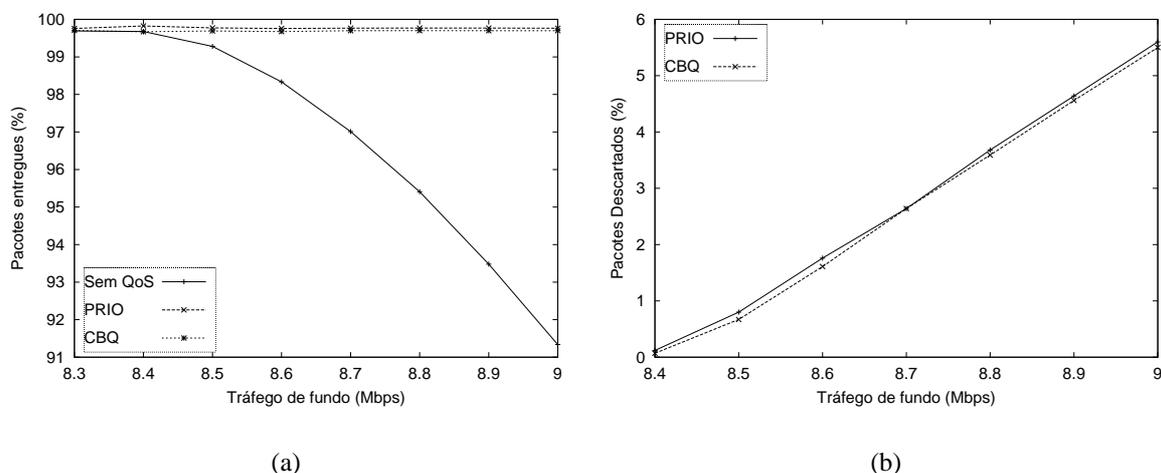


Figura 2: Efeito do aumento da vazão do tráfego de fundo na (a) taxa de entrega de pacotes EF e (b) no descarte de pacotes BE.

Os resultados mostram que a taxa de entrega de pacotes EF se mantém constante, em torno de 99,7%, quando se utiliza os mecanismos de prioridade (PRIO) e de reserva de banda (CBQ), mesmo com o aumento da vazão do tráfego de fundo.

As Figuras 3(a), 3(b) e 3(c) apresentam uma comparação visual entre a qualidade de imagens, capturadas durante a transmissão do vídeo. Analisando-se as imagens observa-se que para uma taxa de entrega de 97,0% já existem falhas na imagem. Para taxas inferiores a cadência do fluxo MPEG-4 fica comprometida.



(a)

(b)

(c)

Figura 3: Comparação visual entre imagens para uma taxa de entrega de pacotes EF de (a) 99,0%, (b) 97,0% (c) 92,0%.

3. Comentários e Trabalhos Futuros

Este trabalho apresentou uma plataforma de testes desde sua implementação até os resultados dos primeiros testes realizados envolvendo a Diferenciação de Serviços.

Os resultados mostram que os mecanismos de QoS analisados apresentam desempenho satisfatório. Ambos os mecanismos de escalonamento testados, o PRIO e o CBQ, garantiram uma taxa de entrega de pacotes EF próxima de 100%. Uma taxa de perda de pacotes de vídeo de apenas 8,0% torna a apresentação do vídeo totalmente degradada.

Um dos testes que se pretende realizar consiste em descartar seletivamente os quadros menos importantes do vídeo (quadros B e P) priorizando a transferência dos quadros I e observar o efeito desta política em codificações com diferentes comprimento de GOPs (*Group of Pictures*).

Outro possível teste é a análise comparativa entre a transmissão de vídeo com Qualidade de Serviço (*DiffServ*) e a tecnologia adaptativa de transmissão de vídeo em múltiplas taxas. Esta última ainda está em fase de implementação onde será utilizada a tecnologia *SureStream* da *Real Networks*.

Referências

- [1] A. Ziviani, J. F. de Rezende e O. C. M. B. Duarte, “Tráfego de Voz em um Ambiente de Diferenciação de Serviços na Internet”, 1999.
- [2] IETF, “Differentiated Services (DiffServ) IETF Working Group”, 1998. <http://www.ietf.org/html.charters/diffserv-charter.html>.
- [3] S. Varadarajan, “Virtual Local Area Networks”, julho de 2000.
- [4] IEEE, “IEEE Standards for Local and Metropolitan Area Networks: Virtual Bridged Local Area Networks”, julho de 1998.
- [5] K. V. Cardoso e S. V. de Vasconcellos, “Ambiente de testes”, dezembro de 2002. <http://www.gta.ufrj.br/quaresma/testbed>.
- [6] B. Hubert, “Linux Advanced Routing and Traffic Control HOWTO”, setembro de 2002.