

Um Ambiente para Engenharia de Tráfego *

Edmundo de Souza e Silva Rosa Maria M. Leão
Magnos Martinello [†] Sidney C. de Lucena [‡] Flávio Pimentel Duarte [§]
Ana Paula Couto Silva [¶] Kelvin de Freitas Reinhardt ^{||}

Universidade Federal do Rio de Janeiro,
Depto. de Ciência da Computação, COPPE/Sistemas, NCE
Cx. P. 2324, Rio de Janeiro, RJ - 20001-970 - Brasil
{edmund,rosam,flaviop,magnos,anapaula,kelvin}@land.ufrj.br

Um dos objetivos principais da engenharia de tráfego é o de desenvolver modelos precisos para prever o impacto do tráfego gerado pelas aplicações sobre os recursos da rede, de forma a evitar a diminuição da qualidade de serviço fornecida aos usuários finais. Estudos de desempenho incluem a determinação do comportamento de *buffers*, algoritmos de controle de admissão, entre outros. Para conduzir um estudo de desempenho, vários passos são necessários incluindo: o cálculo das características estatísticas do tráfego que irá competir pelos recursos da rede; o desenvolvimento de modelos precisos do tráfego e dos recursos da rede; a geração de tráfego a partir de modelos; e a realização de medições em um ambiente controlado de laboratório ou entre roteadores participantes do experimento.

A ferramenta TANGRAM-II [1, 9] fornece um ambiente ímpar para a modelagem e análise de sistemas de comunicação de dados, permitindo que o usuário descreva o seu sistema em uma linguagem de alto nível e obtenha, a partir do seu modelo, várias medidas de desempenho. TANGRAM-II inclui atualmente: (a) uma interface para descrição de modelos; (b) vários métodos de solução analítica de modelos, incluindo métodos por nós desenvolvidos [5, 4, 6, 8, 3, 7, 2]; (c) um sofisticado simulador que inclui técnicas de eventos raros [10].

Como parte deste ambiente, foi desenvolvido um ferramental específico para dar suporte ao engenheiro de tráfego, tanto na análise de dados coletados como no desenvolvimento de modelos de tráfego, e subsequente obtenção de medidas de interesse. O ambiente

*Este trabalho é parcialmente apoiado pelo CNPq e FAPERJ.

[†]M. Martinello possuía bolsa de mestrado da CAPES e é atualmente apoiado por uma bolsa do CNPq.

[‡]S. de Lucena possuía uma bolsa da CAPES, e atualmente está na RNP.

[§]F. Duarte possui bolsa de mestrado da Capes.

[¶]A. Silva possui bolsa de mestrado do CNPq.

^{||}K. Reinhardt possui bolsa de mestrado do CNPq.

permite o cálculo de vários descritores (baseados em estatísticas de primeira e segunda ordem) diretamente de modelos ou a partir de *traces* coletados na rede. Foi desenvolvido também um gerador de tráfego IP e tráfego ATM a partir de *traces* ou de modelos previamente definidos pelo usuário. O módulo receptor do gerador de tráfego permite o cálculo de estatísticas tais como distribuição do jitter, proporção de pacotes perdidos entre outras.

Um estudo de caracterização de tráfego e modelagem é constituído de diversas etapas. A Figura 1 exemplifica alguns dos passos importantes neste processo. O lado esquerdo da figura indica a coleta de medidas estatísticas do tráfego da rede, ou diretamente da aplicação em questão. Em seguida é feito o desenvolvimento de um modelo de tráfego e é criado um modelo dos recursos de rede e/ou da aplicação (modelo de desempenho). Finalmente é realizado o cálculo de medidas de interesse, seja por intermédio de soluções analíticas, seja por simulação. A malha de realimentação é incluída para aprimorar o modelo (de tráfego ou de desempenho) de acordo com a análise dos resultados obtidos. As soluções do modelo de desempenho servem para avaliar as técnicas em estudo, incluindo por exemplo a qualidade de serviço obtida pela aplicação.

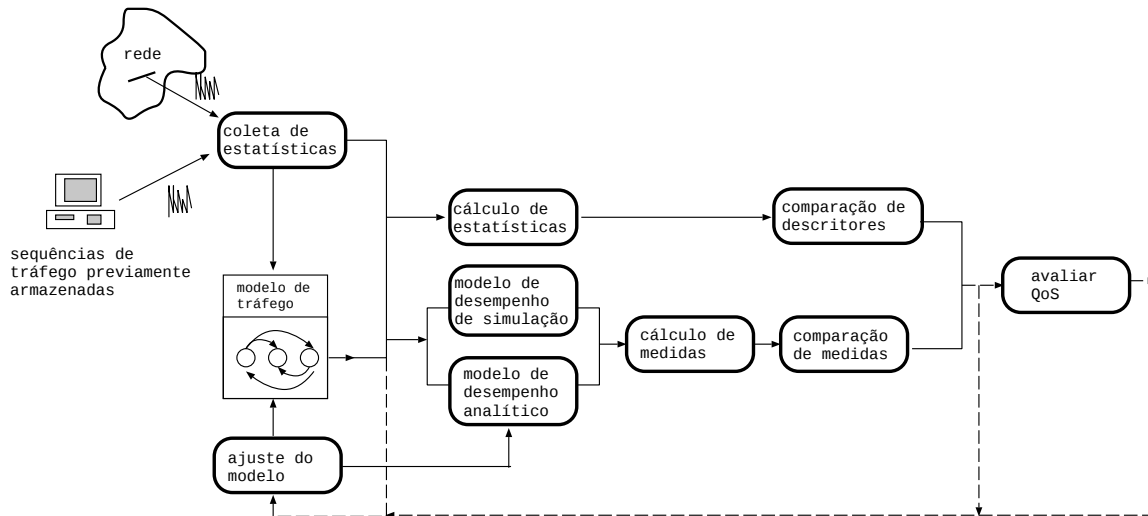


Figura 1: Etapas de um estudo de desempenho

O ambiente de engenharia de tráfego por nós desenvolvido suporta a coleta de estatísticas. Uma vez armazenado um *trace* de um fluxo de tráfego gerado por uma fonte, um módulo possibilita o cálculo de estatísticas de primeira e segunda ordem do *trace*. A partir dessas estatísticas, podemos construir um modelo do tráfego. Caso o modelo seja Markoviano, é possível calcular vários descritores analiticamente, obtidos através da solução de um modelo de recompensa (também chamado de modelo de fluido). A ferramenta possui vários métodos para o cálculo de medidas de recompensa (ver [1, 4, 11]).

Usando o ambiente de modelagem, o analista pode comparar descritores obtidos a partir de *traces* do tráfego real com os calculados analiticamente de um modelo Markoviano. O modelo pode ser então refinado, por exemplo, variando-se parâmetros no sentido de

casar, com maior precisão, estatísticas do tráfego real com as do modelo. O ambiente de modelagem possibilita ainda a simulação de modelos de tráfego não Markovianos: FBM, FARIMA, Pareto, etc.

Uma vez de posse de um modelo satisfatório de fonte, o usuário pode fazer uso de um gerador de tráfego IP ou de células ATM. A ferramenta gera o tráfego especificado pelo usuário, a partir de um computador local para um dado destino (transmissão unicast) ou para um grupo de usuários (transmissão multicast). O usuário pode fornecer o tamanho do quadro a ser enviado, o tamanho dos pacotes (o quadro será fragmentado em pacotes antes de ser enviado) e o tempo total de geração.

Existem três tipos de tráfego que podem ser gerados: tráfego CBR, tráfego definido em um arquivo contendo um *trace* previamente armazenado (por exemplo obtido pelo simulador da ferramenta) ou a partir de um modelo Markoviano do tipo MMPP. Os pacotes de um quadro são transmitidos ou a taxa máxima de transmissão da placa de rede do computador, ou são uniformemente espalhados no intervalo entre dois quadros.

Atualmente a ferramenta tem sido usada em testes e estudos incluindo usuários na Universidade de Maryland e Universidade de Massachusetts.

Agradecimentos

Agradecemos aos alunos de mestrado Guilherme Dutra Gonzaga Jaime e Jorge Allyson Azevedo e aos alunos bolsistas de iniciação científica Daniel Sadoc Menasche, Fernando Jorge Silveira Filho, Fabiano de Azevedo Portella e Felipe Mendonça Alcure que tem participado do desenvolvimento da ferramenta TANGRAM-II.

Referências

- [1] R.M.L.R. Carmo, L.R. de Carvalho, E. de Souza e Silva, M.C. Diniz, and R.R. Muntz. Performance/Availability Modeling with the TANGRAM-II Modeling Environment. *Performance Evaluation*, 33:45–65, 1998.
- [2] Rosa M.L.R. Carmo, E. de Souza e Silva, and S.C. de Lucena. Cálculo de Descritores de Tráfego em Modelos Markovianos de Fontes Multimídia. In *SBRC'97*, pages 189–204, 1997.
- [3] João A.N. da Silva and Rosa M. M. Leão. Estudo de um Método para Análise Transiente de Modelos Markovianos de Sistemas de Comunicação. In *16th Simpósio Brasileiro de Redes de Computadores*, pages 742–761, Maio 1998.
- [4] Carlos E. F. de Britto, Edmundo de Souza e Silva, Morganna C. Diniz, and Rosa M. M. Leão. Análise Transiente de Modelos de Fonte Multimídia. In *18th Simpósio Brasileiro de Redes de Computadores*, pages 519–534, Maio 2000.

- [5] E. de Souza e Silva and H.R. Gail. Calculating availability and performability measures of repairable computer systems using randomization. *Journal of the ACM*, 36(1):171–193, 1989.
- [6] E. de Souza e Silva and H.R. Gail. An algorithm to calculate transient distributions of cumulative rate and impulse based reward. *Stochastic Models*, 14(3):509–536, 1998.
- [7] E. de Souza e Silva and H.R. Gail. Transient Solutions for Markov Chains. In W. Grassmann, editor, *Computational Probability*, pages 44–79. Kluwer, 2000.
- [8] E. de Souza e Silva, R.M.M. Leão, and R. Marie. An Efficient Approximation Technique for Calculating Transient Reward Measures. In *Proceedings of The Fourth International Workshop on Performability Modeling of Computer and Communication Systems (PMCCS4)*, pages 16–19, Setembro 1998.
- [9] Edmundo de Souza e Silva and Rosa M. M. Leão. The Tangram-II Environment. In *Computer Performance Evaluation - Modelling Techniques and Tools - 11th International Conference (TOOLS2000)*, volume 1786, pages 366–369. Springer, Março 2000.
- [10] D. R. Figueiredo. O módulo de simulação da ferramenta TANGRAM-II: Suporte para medidas com recompensa, recursos de eventos raros e aplicação a modelos de redes multimídia. Master’s thesis, COPPE/UFRJ, Junho 1999.
- [11] Rosa M. M. Leão, Edmundo de Souza e Silva, and Sidney C. de Lucena. A Set of Tools for Traffic Modeling, Analysis and Experimentation. In *Computer Performance Evaluation - Modelling Techniques and Tools - 11th International Conference (TOOLS2000)*, volume 1786, pages 40–55. Springer, Março 2000.