

Uma Ferramenta Livre para Análise de Desempenho e Simulação de Ambientes Distribuídos*

Enrico F. R. Castro¹, Morganna C. Diniz¹, Fernanda Araujo Baião^{1,2}

¹Departamento de Informática Aplicada

²NP2Tec – Núcleo de Pesquisa e Prática em Tecnologia – UNIRIO

Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro (UNIRIO)
Rio de Janeiro – RJ – Brasil

{enrico.castro,morganna,fernanda.baiao}@uniriotec.br

Abstract. *This paper presents a free tool, UAS, to monitor network traffic in distributed environments. The UAS tool controls several important variables of a distributed environment and performs automatic conversion from a TCPDump log to an input NS-2 file. The tool is an important instrument for performance evaluation of data-intensive applications on top of distributed environments such as database clusters. It was evaluated in a real database cluster of the CG-OLAP research project environment.*

Resumo. *Este artigo apresenta uma ferramenta livre, UAS, para o monitoramento de tráfego de dados em redes de ambientes distribuídos. A UAS controla diversas variáveis importantes de um ambiente distribuído e realiza a conversão automática do log do TCPDump em um arquivo de entrada para o software de simulação de redes NS-2, caracterizando-se como um importante artefato para avaliação de desempenho de aplicações com tráfego intensivo de dados em ambientes distribuídos, como em clusters de bancos de dados. A ferramenta foi testada no cluster de banco de dados do projeto de pesquisa CG-OLAP.*

1. Introdução

O aperfeiçoamento e o desenvolvimento contínuos de componentes de redes de computadores fazem com que seja cada vez mais necessário o monitoramento e gerenciamento destas, a fim de garantir a disponibilidade dos serviços em nível de desempenho estável e aceitável aos usuários. Isto ocorre tanto em ambientes em que a rede de computadores é pequena e simples, como naqueles mais complexos ou que envolvam a adoção de uma nova tecnologia, o que pode trazer impactos não previstos e indesejáveis.

Para que seja possível a prevenção e a identificação de problemas é necessário que exista um gerenciamento adequado sobre os recursos da rede. Isto demanda investimentos em ferramentas de monitoramento do tráfego da rede que visam controlar os recursos e suas complexidades. Para se obter um gerenciamento razoável através de

*Este trabalho foi financiado pela FAPERJ.

uma ferramenta de monitoramento é necessário que esta forneça de maneira satisfatória um bom desempenho com baixo consumo de recursos computacionais, facilidade de instalação e configuração, e interface simples e amigável. Infelizmente, a complexidade das ferramentas de monitoramento existentes está aumentando gradativamente, em razão da grande quantidade de variáveis que necessitam ser monitoradas.

Este artigo apresenta uma ferramenta livre de monitoramento do tráfego de rede em ambientes distribuídos denominada UAS (UNIRIO Analisador de Sistemas). A UAS permite ao administrador de rede acessar informações sobre a utilização de recursos de computadores em um ambiente distribuído, através de informações consolidadas e de gráficos históricos gerados a partir da coleta de dados efetuada pelo protocolo NET-SNMP [NET-SNMP 1995] e da ferramenta MRTG (*Multi Router Traffic Grapher*) [MRTG 2004]. Além disso, UAS também opera como uma interface entre um ambiente real monitorado e um ambiente simulado na ferramenta *Network Simulator 2* [NS-2 1989], ou seja, a ferramenta é capaz de coletar informações pertinentes à topologia da rede e seu comportamento e gerar um arquivo de saída que pode ser importado para o NS-2, e desta forma replicar automaticamente o ambiente real num ambiente simulado, o que possibilita o estudo do comportamento deste ambiente quando submetido à alguma alteração de configuração dos elementos de rede.

Este trabalho está organizado conforme a seguir. A seção 2 detalha as características da ferramenta UAS. A seção 3 descreve um experimento de replicação de um ambiente de *cluster* de banco de dados em um ambiente simulado no NS-2 realizado pela ferramenta UAS, enquanto a seção 4 conclui este trabalho.

2. Características da Ferramenta UAS

UAS é uma ferramenta que utiliza a arquitetura cliente-servidor e foi desenvolvida na linguagem PHP [PHP 2009], portanto sua interface de interação com o usuário é o *web browser*, o que permite acesso às informações de qualquer ponto da rede.

Para a utilização da ferramenta, um dos computadores da rede deve ser eleito como servidor UAS. Ele realiza a coleta dos dados relacionados ao desempenho dos computadores remotos através do protocolo NET-SNMP, consolida estas informações e as exibe em tempo real, e gera gráficos históricos de utilização de recursos. Os demais computadores da rede são denominados clientes UAS, e apenas respondem às consultas SNMP realizadas pelo servidor UAS.

O servidor UAS deve usar algum sistema operacional da plataforma Linux, um *software web server* com extensões PHP instalado, o protocolo NET-SNMP instalado e configurado com o nome de uma comunidade escolhida pelo usuário, e o MRTG. Os clientes UAS necessitam apenas do protocolo NET-SNMP instalado e configurado com o mesmo nome da comunidade definida no servidor UAS.

Entre as principais características da ferramenta UAS destacam-se: a facilidade de gerenciamento remoto, uma vez que é possível acessar o servidor UAS de qualquer ponto da rede através de um *web browser*; a baixa carga computacional exercida pela ferramenta, já que o responsável pela coleta é o NET-SNMP, um protocolo de fácil instalação amplamente difundido na Internet, e nada além deste precisa ser instalado nos clientes; e a facilidade de inclusão de um novo cliente, que diferentemente de outras ferramentas semelhantes que exigem uma série de configurações e informações a

respeito do computador remoto, é realizada através da execução de um Shell Script [BASH SHELL 1978] no servidor UAS.

A ferramenta UAS é dividida em três módulos: (i) **Módulo dados**, onde são exibidas em tempo real informações gerais em modo texto sobre os clientes e a utilização de recursos como o processador, rede, memórias RAM e *swap*, disco, e dispositivos; (ii) **Módulo gráficos**, onde são exibidas informações em modo gráfico sobre a utilização de recursos dos clientes como o processador, rede, memórias RAM e *swap*, e disco. Estes gráficos são históricos, e armazenam informações referentes às últimas vinte e quatro horas, à última semana, ao último mês e ao último ano; (iii) **Módulo TCPDump to NS-2**, uma interface capaz de replicar o ambiente de rede monitorado em um ambiente simulado através da conversão do *log* de saída do utilitário TCPDump [TCPDump 1990] em um arquivo no formato *Object Tcl* (OTcl), que é a linguagem compreendida pela ferramenta de simulação de redes NS-2.

A ferramenta coleta informações de uma rede local, organiza as informações coletadas, gera dados consolidados para análise de desempenho através de informações em modos texto e gráfico, e converte o *log* de saída do utilitário TCPDump em um arquivo de entrada para a ferramenta de simulação de redes NS-2.

A figura 1 mostra a tela da UAS que exibe gráficos referentes à utilização de rede das últimas vinte e quatro horas e da última semana de um computador cliente. A figura 2 exibe a tela do módulo de conversão do arquivo de saída do TCPDump em um arquivo de entrada para o NS-2.

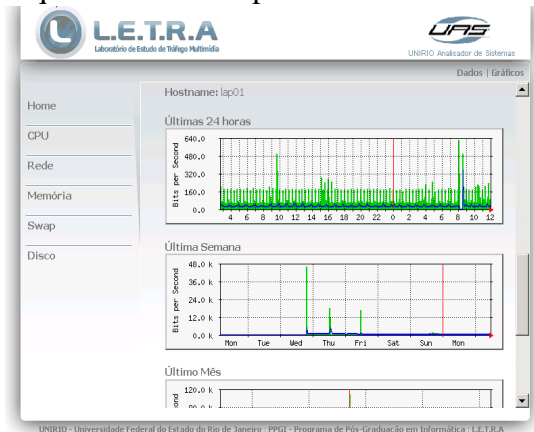


Figura 1. UAS - Gráfico utilização de rede

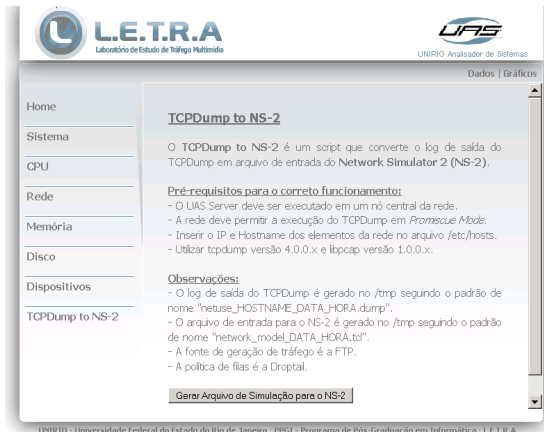


Figura 2. UAS - TCPDump to NS-2

3. Replicação de um Ambiente Real em um Ambiente Simulado no NS-2

O NS-2, ou *Network Simulator 2*, é um simulador escrito nas linguagens C++ e *Object Tcl* utilizado para pesquisas na área de redes. Sua concepção é baseada no conceito de simulação discreta, o que equivale a dizer que a simulação utiliza uma sequência de eventos para controlar o comportamento do modelo. Oferece recursos para simulações de TCP, roteamento, protocolos *multicast* sobre redes com e sem fio, dentre outros.

O NS-2 foi a ferramenta de simulação escolhida para receber os dados coletados e tratados pelo UAS por ser capaz de representar com elevado grau de fidelidade o comportamento do tráfego de rede e ser amplamente difundido e aceito na comunidade acadêmica em todo o mundo [ROCHOL *et al.* 2003].

A ferramenta UAS foi utilizada em um ambiente real do projeto de pesquisa CG-OLAP¹, da UNIRIO [CG-OLAP, 2010]. A rede CG-OLAP contém um *cluster* de banco de dados com 4 nós [VELOSO *et al.* 2010]. De acordo com Röhms *et al.* (2002), um *cluster* de banco de dados é um *cluster* que possui um SGBD (Sistema Gerenciador de Banco de Dados) em cada um dos nós, sem nenhuma modificação para adequar o comportamento dos SGBDs para o processamento em paralelo. O ambiente do projeto CG-OLAP realiza o processamento paralelo de consultas SQL sobre dados armazenados em cada nó do cluster. O nó central é o responsável por receber o comando SQL da consulta de uma aplicação cliente externa ao cluster, analisar, dividir a consulta SQL original em sub-consultas e submeter cada sub-consulta ao SGBD de cada nó do cluster. Os dados retornados por cada nó são enviados para o nó central, que deve compor o resultado final da consulta.

3.1. Experimento em um ambiente de *cluster* de banco de dados

Para fins de teste, a ferramenta UAS monitorou o ambiente CG-OLAP durante 16,8 minutos, tempo de duração da execução simultânea de 11 consultas estipuladas no *benchmark* TPC-H [O'NEIL *et al.* 2007]. Após a coleta foi efetuada a conversão do arquivo de log do TCPDump no arquivo OTCL a ser usado no NS-2. A figura 3 mostra o ambiente de rede do *cluster* CG-OLAP replicado no ambiente simulado no NS-2, enquanto a figura 4 exibe a arquitetura do UAS.

A retratação fiel de todos os eventos ocorridos durante um dado período de tempo permite, além da validação do ambiente, projetar e estudar o comportamento do mesmo quando submetido à alteração de configuração de algum parâmetro de rede, como a banda disponível, protocolo de congestionamento, tipo de *link*, tipo de dados trafegados, etc.

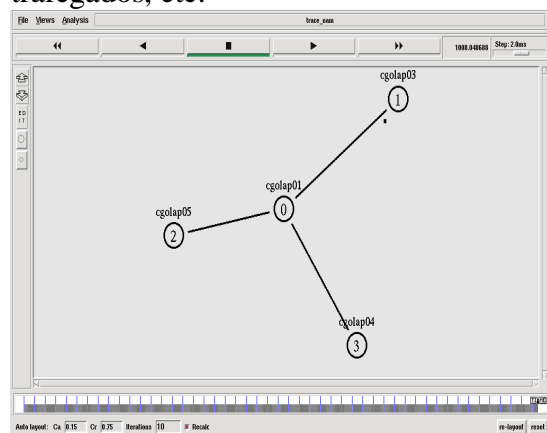


Figura 3. Ambiente replicado no NS-2.

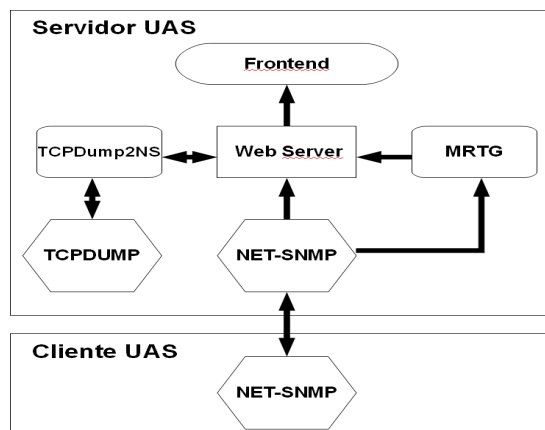


Figura 4. Arquitetura da ferramenta UAS.

Para validação do modelo de simulação foi comparado o total de pacotes de dados e bytes trafegados na rede do ambiente real com o total de pacotes de dados e bytes trafegados no ambiente simulado durante a execução do conjunto de consultas. A figura 5 apresenta a distribuição dos pacotes trafegados em toda a rede durante o período de execução do grupo de consultas, onde fica constatado através da sobreposição dos gráficos que os eventos capturados pelo TCPDump são replicados de maneira idêntica no NS-2.

¹www.uniriotec.br/~cgolap

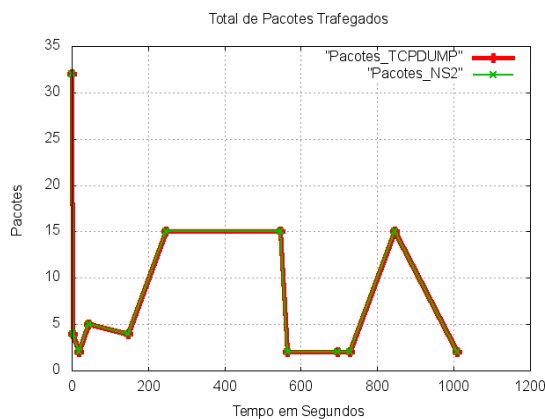


Figura 5. Total de pacotes trafegados

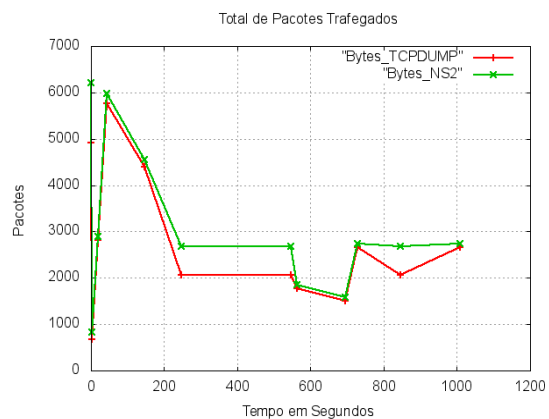


Figura 6. Total de bytes trafegados

A figura 6 exibe o gráfico comparativo entre o total de bytes contidos nos pacotes de rede durante a execução do mesmo grupo de consultas. A pequena diferença se deve ao fato dos pacotes do NS-2 serem gerados com os bytes do cabeçalho IP em relação à captura realizada pelo TCPDump, que não exibe esta informação de forma conjunta. Apesar desta diferença, é possível verificar que a distribuição dos *bytes* no ambiente simulado segue o mesmo padrão de comportamento do ambiente real, o que comprova a eficiência do **TCPDump to NS-2** como uma importante ferramenta nas pesquisas de análise de desempenho de redes.

Para prever o comportamento do ambiente real através de experimentos não empíricos foi promovido um teste simples que contemplou a alteração do parâmetro banda rede disponível no ambiente simulado. Foram realizados quatro experimentos com os seguintes valores: 1GB, 100MB, 10MB e 1MB.

Tabela 1. Medidas de interesse obtidas através da simulação no NS-2

	1 GB	100 MB	10 MB	1 MB
Total de Pacotes Trafegados	1200	1200	1200	1200
Média de Pacotes por Segundo	1,19	1,19	1,19	1,19
Total de Bytes Trafegados	148224	148224	148224	148224
Média de Bytes por Segundo	147,04	147,04	147,04	147,04
Tamanho Médio dos Pacotes (em Bytes)	123,52	123,52	123,52	123,52
Total de Pacotes de Dados Trafegados	100	100	100	100
Média de Pacotes de Dados por Segundo	0,09	0,09	0,09	0,09
Total de Bytes Trafegados em Pacotes de Dados	37408	37408	37408	37408
Média de Bytes por Segundo em Pacotes de Dados	37,11	37,11	37,11	37,11
Tamanho Médio dos Pacotes de Dados (em Bytes)	374,08	374,08	374,08	374,08
Pacotes Descartados	0	0	0	0
Throughput Médio em Bps	124	124	124	124
Latência Média	0.000019	0.000134	0.001200	0.125797

Baseado nos resultados obtidos através da simulação foi constatado que o ambiente real manterá o mesmo comportamento sem ganho ou perda significativa de desempenho ainda que a configuração deste parâmetro seja alterada. Isso ocorre devido às características inerentes ao *cluster* de banco de dados instalado neste ambiente, que conforme observado não gera volume de tráfego intenso quando envia consultas e recebe as respostas dos nós participantes. Desta forma, é possível afirmar que até mesmo uma rede que possua configurações inferiores àsquelas utilizadas pelo ambiente analisado suportará o mesmo de maneira satisfatória.

4. Conclusão

UAS é um *software* livre cujo objetivo é prover o monitoramento de recursos de ambientes distribuídos através de uma interface de gerenciamento amigável que consome poucos recursos computacionais e oferece facilidade de instalação e configuração. Além disso, a ferramenta fornece uma funcionalidade não encontrada na literatura, que é a conversão automática do arquivo de saída do utilitário TCPDump em um arquivo de entrada para a ferramenta de simulação de rede *Network Simulator 2*.

Embora existam diversas ferramentas livres para o monitoramento de ambientes de rede que ofereçam robustez, precisão, grande variedade de opções de parametrização e análise de desempenho como o Cacti [CACTI 2009] e o Ntop [NTOP 1998], poucas apresentam facilidade de configuração, sobretudo no que se refere à inclusão de clientes, e nenhuma oferece o recurso de replicação imediata de um ambiente real em ambiente simulado. Esta funcionalidade que pode auxiliar pesquisadores e analistas na tarefa de identificação de uma configuração de rede ideal para um determinado sistema.

Referências

- BASH SHELL (1978), “Bourne-Again Shell - A Command Interpreter and a Programming Language”, url: <http://www.gnu.org/software/bash>, acesso em Setembro/2009.
- CACTI (2004), “Cacti, The Complete RRDtool-based Graphing Solution”, url: <http://cacti.net>, acesso em Junho/2009.
- CG-OLAP, Implementação e Análise de Desempenho de Cluster de Pcs usando Aplicações sobre Bancos de Dados Espaciais, Projeto de Pesquisa, disponível em www.uniriotec.br/~cgolap, último acesso em agosto de 2010.
- MRTG (2004), “The Multi Router Traffic Grapher”, url: <http://oss.oetiker.ch/mrtg>, acesso em Dezembro/2009.
- NET-SNMP (1995), “Simple Network Management Protocol”, url: <http://www.net-snmp.org>, acesso em Julho/2009.
- NS-2 (1989), “The Network Simulator”, url: <http://isi.edu/nsnam/ns>, acesso em Dezembro/2009.
- NTOP (1998), “Network TOP”, url: <http://www.ntop.org/>, acesso em Junho/2009.
- O’NEIL, P., O’NEIL, B., CHEN, X. (2007) “The Star Schema Benchmark (SSB)”, url: <http://www.cs.umb.edu/~xuedchen/research/publications/StarSchemaB.PDF>. Acessado em Janeiro/2010.
- PHP (2001), “PHP, A Widely-Used General-Purpose Scripting Language”, url: <http://www.php.net>, acesso em Setembro/2009.
- ROCHOL, J., SOUZA, L. D., SEWALD, L., et al. (2003), “Plataformas de Simulação de Software Livre para Redes Fixas e Móveis: Características, Suporte, Instalação e Validação”, url: <http://nsl.csie.nctu.edu.tw/NCTUnsReferences/paper76-I2TS2003.pdf>, acesso em Abril/2010.
- RÖHM, U., BÖHM, K., SCHEK, H. J., et al. (2002), “FAS-A Freshness-Sensitive Coordination Middleware for a Cluster of OLAP Components”, VLDB 2002, China, p. 754-765.
- TCPDump (1990), “TCPDump - Dump Traffic on a Network”, url: <http://www.tcpdump.org>, acesso em Julho/2009.
- VELOSO, M.; AZEVEDO, L.; BAIÃO, F., 2010, “Otimização de Consultas sobre Dados Espaciais em Clusters de Bancos de Dados”, Workshop de Teses e Dissertações em Sistemas de Informação, SBSI 2010, Marabá.