

Análise do desempenho dos protocolos UDP e TCP entre os Kernels 2.4.27 e 2.6.9 do Linux em Redes Gigabit Ethernet

Carlos Brites¹, Gaspare Bruno¹

¹ Unilasalle – Centro Universitário La Salle - Ciência da Computação – Av. Victor Barreto - Canoas – RS – Brasil

carlos_brites@dell.com, gaspare@inf.ufrgs.br

Resumo. Tendo em vista que o desempenho das redes de computadores é um dos assuntos mais relevantes na atualidade, este artigo tem por objetivo apresentar os resultados de um estudo experimental de desempenho de redes Gigabit Ethernet no **kernel 2.4.27** e o **kernel 2.6.9** do sistema operacional Linux. Neste ambiente, utilizou-se os protocolos UDP e o TCP, porque serem os mais utilizados. Os resultados obtidos serão utilizados para futuras otimizações para aplicações específicas, como VOIP.

1. Introdução

Analisar ou medir o desempenho de qualquer que seja a tecnologia ou processo, é um fator importante para que se possa entender o seu real comportamento funcional, bem como planejar melhorias em função dos dados analisados para referência comparativa entre as mesmas ou diferentes tecnologias e processos. Através do experimento e análise pode se observar que o comportamento da largura da banda média é um fator importante para se determinar o tamanho de pacote. Estas informações são essenciais para o desenvolvimento de aplicações ou para o uso de tecnologia de rede. As redes de computadores acompanham a evolução tecnológica mundial, devendo ser robustas e suprirem as necessidades impostas pelas aplicações. Para tal, a rede deve fornecer uma conectividade de alto desempenho (Peterson e Daves, 2004).

O experimento teve como objetivo a análise e comparação da utilização da CPU com relação ao desempenho das redes *Gigabit Ethernet* nas versões dos *kernel 2.4.27* e o *kernel 2.6.9* do sistema operacional Linux, para cada conjunto de equipamentos (Hagen 2004).

O desempenho das redes mostra-se mais dependente de fatores como os sistemas operacionais, implementações de protocolos, *drivers* de rede, característica de hardware, capacidade de processamento e adaptadores de rede, do que os meios de transmissão física de dados propriamente dito. O projeto e implementações das pilhas de protocolo são um dos principais obstáculos que devem ser transpostos para que se tenha uma rede de computadores mais veloz e eficiente (Tanenbaum, 2003).

Baseado nas tecnologias existentes atualmente, este trabalho tem como objetivo identificar, através de experimentos práticos, parâmetros que interfiram nas funcionalidades de desempenho da rede de computadores em redes *Gigabit Ethernet*. O foco principal deste experimento foi à análise de desempenho da rede de computadores utilizando distribuições do sistema operacional Linux com **kernel 2.4.27** e o **kernel 2.6.9**, bem com a utilização dos protocolos de transmissão TCP (Protocolo de Controle de Transmissão) e UDP (Protocolo Datagrama de Usuário). Os parâmetros em questão variam de acordo com a aplicação. Os resultados obtidos serão empregados em futuras

otimizações do código do *kernel* Linux para aplicações voltadas a transmissão de voz sobre IP.

Em um ambiente de rede de alto desempenho, como em redes *Gigabit Ethernet*, é também de comum interesse determinar o desempenho de equipamentos isolados, como por exemplo: determinar o nível de serviços da rede. A banda da rede e a utilização da CPU foram às métricas utilizadas para a análise de desempenho nos experimentos realizados em laboratório, de acordo com os dados analisados no capítulo que descreve os resultados.

O mau dimensionamento da rede, sistemas operacionais desatualizados, dimensionamento de memória, CPU, tamanho do *buffer* (banda), tamanho do pacote, aplicação, equipamentos inadequados ou não homologados e tantos outros são alguns dos fatores que podem interferir no desempenho da rede de computadores ou na utilização de recursos da CPU (Tanenbaum, 2003). Com a constante evolução tecnológica, a dificuldade de alinharmos os fatores mencionados, com isto, é possível ocasionar saturação da rede ou uma subutilização dos recursos da CPU, podendo gerando um mau desempenho do processo como um todo (Tanenbaum, 2003).

O artigo se subdivide nas seguintes seções: no capítulo 2, fala-se sobre a metodologia aplicada neste trabalho, no capítulo 3, mostra os resultados gerados através do experimento proposto, e no capítulo 4, é apresentado a conclusão dos dados gerados e os resultados.

2. Metodologia

Para este experimento foram utilizados dois conjuntos de computadores, com dois equipamentos em cada conjunto, com as seguintes configurações: Conjunto A utilizou os computadores Comp.A e Comp.A1 (**Servidor**, processador Intel 2.8GHz P4, memória 512MB, adaptadores de rede modelo A *Gigabit Ethernet*) e o Conjunto B utilizou os computadores Comp.B e o Comp.B1 (**Estação de trabalho**, processador Intel 2.8GHz P4, memória 512 MB, adaptadores de rede modelo B *Gigabit Ethernet*), e *switch Gigabit Ethernet*.

Para realizar a análise de desempenho em laboratório, de acordo com a proposta do artigo, é importante ressaltar que os experimentos ocorreram em um ambiente controlado e favorável, onde foi utilizada uma rede isolada composta por apenas um *switch* a fim de evitar tráfegos espúrios (Roesler, 2001). A ferramenta utilizada para realizar o processo de captura de dados foi o Netperf com a versão de 2.3 (Netperf 2005). O tempo despendido pela ferramenta Netperf para executar cada teste realizado nos laboratórios foi de 20 segundos, ou seja, tempo em que uma estação (cliente) permaneceu enviando uma série de pacotes a outra estação (*server*), para cada tamanho de pacote versus *buffer*.

Foram implementados *scripts* para automação dos testes, e os mesmos estavam configurados para utilizarem os protocolos UDP e TCP. Através desses *scripts*, cruzaram se diferentes tamanhos de buffers (8192, 16384, 32768 e 65535 bytes) com os diferentes tamanhos de pacotes (1, 32, 128, 256, 512, 768, 1024, 1400, 2048, 4096 e 16384 bytes). As variações de buffers e tamanhos de pacotes se devem a tentativa de testar vários ambientes encontrados em diferentes aplicações. Por exemplo, no caso de aplicações multimídia, mais precisamente voz sobre IP, é mais empregado pacotes com tamanho pequeno. Enquanto aplicações de transmissão de arquivos empregam pacotes

de tamanho grande. O processo de análise se repetiu até que todos os valores de buffers e pacotes fossem associados. A ferramenta Netperf gera dados, e através dos mesmos gerou-se os gráficos apresentados no capítulo de resultados. Para entendermos o comportamento da variação em relação a utilização dos recursos da CPU e da banda de rede, utilizou-se diferentes tamanhos de pacotes e *buffers*.

3. Resultados

Para os experimentos aplicados no ambiente proposto, utilizaram quatro tamanhos de *buffers* distintos (8192, 16384, 32768 e 65535 bytes), como já descrito no capítulo anterior, onde se definiu a metodologia do experimento. Como os resultados gerados entre os diferentes tamanhos de *buffers*, se mostraram muito similares, se decidiu representá-los utilizando o tamanho de *buffer* de 32768 bytes como valor padrão de *buffer* para o protocolo UDP e 65365 bytes para os resultados relacionados ao protocolo TCP, em redes *Gigabit Ethernet*.

3.1. Protocolo UDP em rede *Gigabit Ethernet* com *Kernel 2.4.27* e o *Kernel 2.6.9*

Através dos dados demonstrados no gráfico 1, o computador Comp.A apresentou resultados semelhantes entre o *kernel 2.4(K2.4)* e o *kernel 2.6(K2.6)*, conforme pode se observar nas linhas respectivas ao desempenho da banda de rede e na utilização de recursos da CPU.

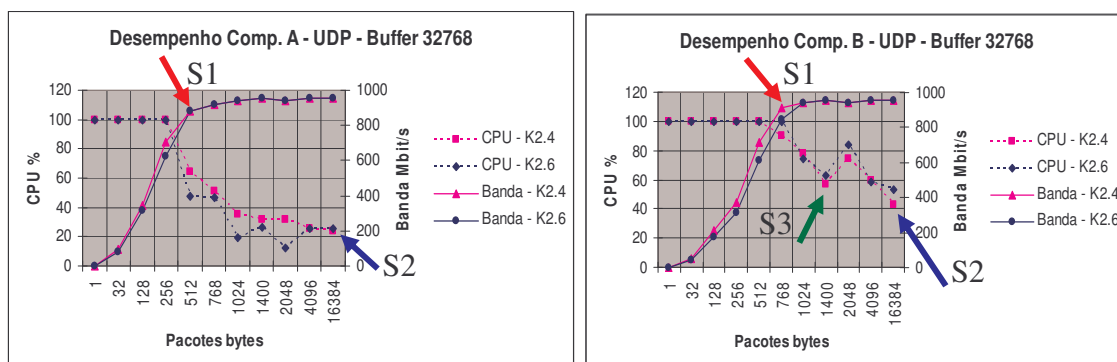


Gráfico 1. Comp.A - CPU versus B. Rede

Gráfico 2. Comp.B – CPU versus B. Rede

Os dados gerados pelo computador Comp.B (gráfico 2) utilizando o *kernel 2.4* e o *kernel 2.6*, apresentaram as mesmas semelhanças, onde observou-se que os resultados apresentados para o desempenho da rede e a utilização da CPU seguiram as mesmas características para ambos os *kernels*.

Através do gráfico 1 e 2, pode-se observar a real diferença dos resultados apresentados entre o desempenho da banda da rede e da utilização de recursos da CPU, para os computadores Comp.A e Comp.B (gráficos 1 e 2) utilizando os *kernels 2.4* e *2.6* do sistema operacional Linux. Conforme estas informações, verificou-se através da seta S1 que o desempenho da banda de rede no Comp.A apresenta melhores resultados quando utiliza pacotes a partir do tamanho de 512 bytes, desta forma, utiliza melhor a banda da rede, em torno de 850 Mbps trabalha próximo a saturação S1, ponto ideal para se ter uma ótima utilização da banda. Outro ponto importante a ser observado, é que aumentando o tamanho dos pacotes disponibilizados na rede, reduz-se drasticamente o consumo de utilização de recursos da CPU.

O melhor desempenho atingido pelo computador Comp.A se deu na utilização de pacotes de tamanho de 4096 e 16384 bytes, onde a banda da rede atingiu o ponto próximo à saturação, e a utilização dos recursos da CPU chegaram a 20%, conforme a seta S2. Já o Comp.B (gráfico 2) não segue o mesmo comportamento, apresentando um desempenho razoável da banda de rede apenas a partir de pacotes de tamanho de 1400 bytes, utilizando em torno de 60% dos recursos da CPU (Seta S3). A melhor utilização dos recursos da CPU ficou em torno de 40%, para pacotes de tamanho de 16384 bytes (seta S2).

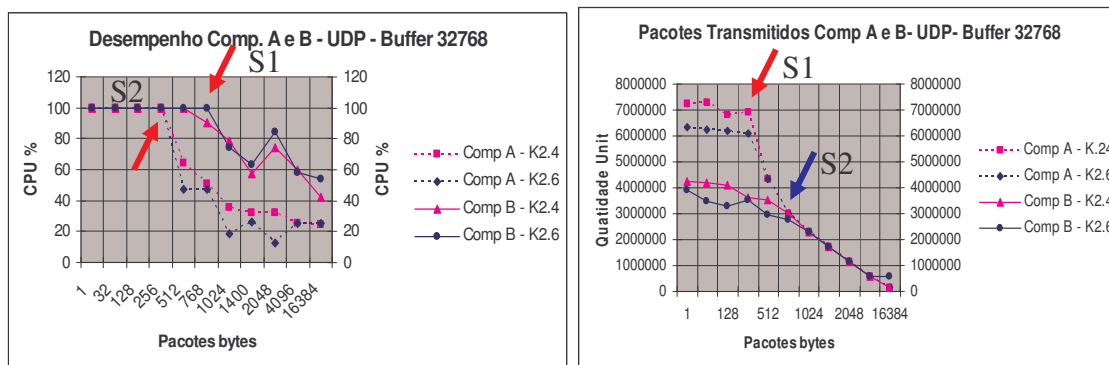


Gráfico 3. CPU - Comp.A versus Comp.B

Gráfico 4. Pacote – Comp.A versus Com.B

Realizando uma análise comparativa entre os computadores Comp.A e o Comp.B, através do gráfico 3, pode se identificar que a utilização da CPU entre os *kernels* 2.4 e 2.6 apresentaram pequenas diferenças, como já analisado. A utilização dos recursos da CPU é a diferença que mais se destaca entre os equipamentos, onde a taxa de utilização da CPU no Comp.A, para o melhor desempenho, ficou em torno de 20% utilizando pacotes de tamanho 16384 bytes. Já o computador Comp.B obteve uma taxa de desempenho da CPU utilizando o mesmo tamanho de pacote. Através das setas S1 e S2 no gráfico 3, percebe se que o Comp.B permaneceu com a utilização da CPU saturada por um período maior que o Comp.A, para os mesmos tamanhos de pacotes.

Comparando a quantidade de pacotes transmitidos entre os computadores Comp.A e Comp.B (gráfico 4), nota se que o *kernel* 2.4 transmite uma quantidade de pacotes superior ao *kernel* 2.6 (seta S1), para ambos os equipamentos, apresentando uma melhor eficiência para pacotes de tamanho menores que 512 bytes. Conforme demonstrado no gráfico 4, à medida que o tamanho dos pacotes aumentam, a quantidade de pacotes transmitidos na rede tende a diminuir e se equiparar entre ambos os *kernels*. A taxa de transmissão na rede, para pacotes de tamanho menores que 256 bytes, pelo Comp.A atingiu quase o dobro da quantidade de pacotes transmitidos pelo Comp.B, significando um ótimo desempenho na transmissão de pacotes.

Nota-se que o fato de o computador Comp.B utilizar mais CPU (Seta S1 gráfico 3) não significa que a taxa de transmissão de pacotes (seta S2 gráfico 4) seja a melhor, pois o computador Comp.A obteve uma baixa taxa na utilização de recursos da CPU trafegando uma quantidade superior de pacotes na rede, do computador Comp.B. É possível que as diferenças apresentadas através dos gráficos 3 e 4, entre os computadores Comp.A e Comp.B, sejam uma limitação do adaptador de rede ou uma característica do *driver* de rede, pois utilizam diferentes tipos de adaptadores de rede *Gigabit Ethernet*.

Como o protocolo UDP é um protocolo não orientado a conexão, ou seja, recomendado para transmissão de dados multimídia (tempo real) de voz e imagem, ideal para se trabalhar com pacotes menores, observou-se que o *kernel 2.4* apresentou melhor desempenho para este tipo de pacotes em relação ao *kernel 2.6* (Postel, 1980). Consta-se então que o *kernel 2.4* é o mais indicado para este processo. Um outro fator que está relacionado entre as diferenças dos computadores, é que o computador Comp. A obteve melhor desempenho na utilização da CPU e na banda de rede. Pois a quantidade de pacotes pequenos (256 bytes) transmitidos pelo Comp.A foi superior, atingindo quase o dobro da quantidade de pacotes transmitidos na rede.

3.2. Protocolo TCP em rede *Gigabit Ethernet* com *Kernel 2.4.27* e o *Kernel 2.6.9*

A utilização da CPU e o desempenho da banda da rede entre os *kernels* 2.4 e 2.6 para o Comp.A apresentam as mesmas características, conforme demonstrado na seta S1 no gráfico 5.

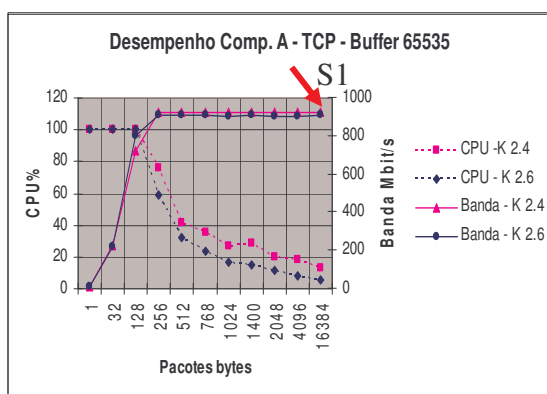


Gráfico 5. Comp.A - CPU versus B. Rede

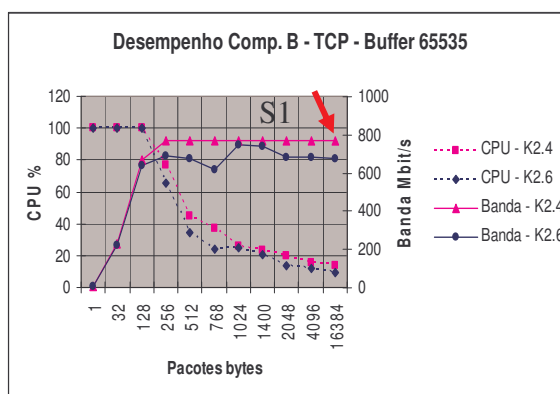


Gráfico 6. Comp.B - CPU versus B. Rede

Os dados representados pelo gráfico 6, demonstram que os *kernels* 2.4 e o 2.6 apresentaram o mesmo comportamento para o Comp.B. Comparando o desempenho da banda da rede entre os computadores Comp.A e Comp.B (gráficos 5 e 6), observou-se que o Comp.A utilizando o *kernel 2.4*, seta S1 gráfico 5, apresenta um melhor ganho na banda de rede ficando em torno de 900Mbps.

Realizando uma análise comparativa entre os computadores Comp.A e Comp.B sobre o desempenho da banda de rede mostrados nos gráficos 5 e 6, pode-se verificar que o protocolo TCP não é indicado para trabalhar com tamanho de pacotes menores que 128 bytes, pois não apresenta um bom desempenho da banda de rede.

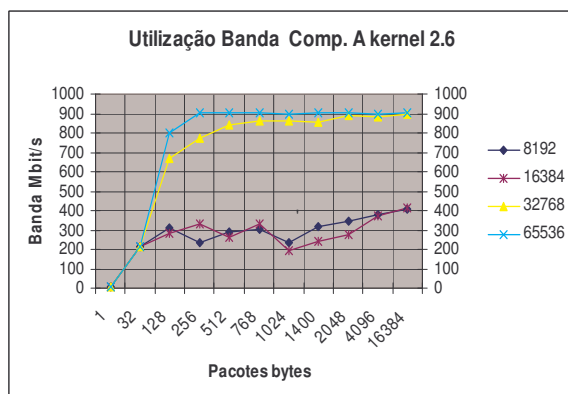


Gráfico 7. Comp.A – Utilização B. Rede

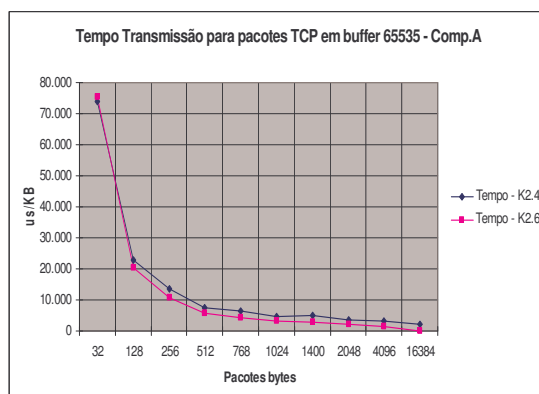


Gráfico 8. Tempo de transmissão pacote TCP

Comparando os dados apresentados através do gráfico 7, utilizando o protocolo TCP e *kernel* 2.6, pode-se verificar que existe uma melhor otimização apenas para buffers de tamanhos maiores que 32768 bytes. Nota-se que o *kernel* 2.6 não se preocupou em tratar *buffers* de tamanhos menores que 16384 bytes.

Os tempos de transmissão de pacotes utilizando o protocolo TCP para o computador Comp.A e o computador Comp.B não apresentaram qualquer diferença significativa, conforme demonstrado através do gráfico 8.

4. Conclusão

Ao longo dos experimentos identificou-se as variáveis que têm relação com o desempenho dos kernels 2.4 e 2.6, principalmente para o objetivo secundário da análise (otimização para VOIP) e também foi possível verificar na prática algumas características do comportamento dos protocolos UDP e TCP em rede *Gigabit Ethernet*. Percebe-se que a diferença mais significativa entre o computador Comp.A e o Comp.B está relacionada com as características dos adaptadores de rede ou de algum *driver* que faz acesso aos mesmos. Através dos dados contidos nos gráficos apresentados, pode-se perceber que os adaptadores de rede foram explorados até o máximo de sua capacidade. Com isso, em determinado momento utilizando tamanhos de pacotes específicos acabaram consumindo muito dos recursos de utilização da CPU, onde o consumo em alguns casos chegaram a 100% da utilização. Pode-se perceber que o protocolo UDP foi o que mais sofreu com este tipo de influência.

Através do experimento e dos dados contidos nos gráficos, o *kernel* 2.6 apresentou resultados semelhantes ao *kernel* 2.4, com isso, não foi notado nenhum ganho aparente que se tenha percebido nas análises realizadas, não havendo nenhum ganho interno perceptível na área de *Gigabit Ethernet* para o *kernel* 2.6, utilizando os protocolos UDP e TCP. Logo o TCP não sofreu ganho na pilha de transmissão de dados, e a taxa de utilização de recursos da CPU se manteve em um patamar alto para pacotes de tamanhos menores. Estes resultados apresentam que as alterações futuras realizadas podem trazer benefícios para ambos os kernels. Com isso em mente, o grupo decidiu continuar os trabalhos sobre o kernel 2.6, por ser o mais atual.

Um melhor desempenho para o protocolo UDP pode ser atingido através de otimização dos *drivers* de acesso ao dispositivo de rede. Quanto a este, um melhor desempenho pode ser atingido na otimização do hardware para trabalhar com pacotes de menor tamanho, de acordo com os dados demonstrados através dos gráficos e entre os equipamentos analisados no experimento.

Como identificado através dos dados analisados no capítulo de resultados, existe uma grande área de otimização para o *kernel* 2.6, em relação aos protocolos UDP, visto que não houve mudanças significativas entre as duas versões para a rede *Gigabit Ethernet*. Através desta, grandes quantidades de pacotes na rede de tamanhos menores não influenciaram na utilização da banda de rede, mas sim na utilização dos recursos da CPU. Devido a estas análises, o seguimento deste trabalho se dará através de estudos sobre VOIP (voz sobre IP), onde será realizado um trabalho voltado ao comportamento no ambiente proposto neste artigo de pesquisa e futuras otimizações.

Referências Bibliográficas

Hagen, William (2004) Artigo Sobre “Migração do Linux 2.6”, URL <http://linuxdevices.com/articles/AT5793467888.html>, Fevereiro

NetPerf, (2005), URL <http://www.netperf.org/netperf/NetperfPage.html>, Acessado em Setembro de 2005.

Roesler, V. (2001), “Desempenho em Redes TCP/IP”, URL http://www.inf.unisinos.br/~roesler/disciplinas/0_redes/10_tcpip/4_Desempenho/desempenhotcp.pdf, Maio

Postel J. (1980), RFC 768 “UDP (User Datagram Protocol)”, Agosto

Peterson, L. e Dave, S. (2004), “Redes de Computadores 2th Edition”, LTC, Rio de Janeiro

Tanenbaum, A. (2003), “Redes de Computadores 3th Edition”, tradução Vandenberg D. de Souza, Elsevier ISBN: 8535201572, Rio de Janeiro,