



ABORDAGEM EDUCACIONAL PARA ESTUDO DE REDES DE COMPUTADORES UTILIZANDO O OPNET

Luciano Leonel Mendes – lucianol@inatel.br
Instituto Nacional de Telecomunicações – INATEL
Av. João de Camargo, 510 INATEL
37540-000 – Santa Rita do Sapucaí, MG
Adonias Costa da Silveira – adonias@inatel.br

***Resumo:** Hoje, com o rápido crescimento na demanda de tráfego de informações em redes de computadores, é necessário fazer expansões para que todos os serviços requeridos sejam atendidos. Mas essas expansões muitas vezes são feitas de maneira caótica e desordenada, resultando em redes superdimensionadas ou subdimensionadas, o que em ambos os casos resulta na perda de investimentos. Este artigo propõe um método de análise de redes de computadores onde, antes de realizar a expansão da rede, é feita uma estimativa para determinar se a solução que pretende-se empregar realmente apresenta a melhor relação custo-benefício. Esta estimativa da expansão é feita através de um software de simulação denominado OPNET Modeler® que permite criar modelos de análise fiéis a rede sob análise. Para a criação de simulações realísticas é necessário fazer um levantamento estatístico da rede sob análise, o que, em muitos casos, pode se tornar um processo complexo, mas os resultados finais podem trazer economia de tempo de recursos.*

***Palavras-chave:** Redes de computadores, Modelagem, Simulação, Análise de expansão.*

1. INTRODUÇÃO

Hoje em dia, o crescimento de redes de computadores vem sendo alvo de estudo de diversos pesquisadores devido a sua grande importância para a economia empresarial SOARES, LEMOS, *et al.* (1995). As redes corporativas estão em constante expansão para atender a demanda de informações requisitadas pelos novos aplicativos tais como de gerência, vendas e produção.

Esse crescimento das redes de computadores normalmente é feito sem nenhum estudo sobre previsão de tráfego, ou seja, a nova rede é agregada à rede existente e então o novo desempenho da rede é verificado. Esse método de expansão normalmente resulta em gastos desnecessários de recursos financeiros, uma vez que a nova rede pode passar a ser subdimensionada ou superdimensionada.

Para evitar que essas expansões causem problemas ao funcionamento da rede ou acabem sendo muito dispendiosas, é necessário estimar qual será o crescimento do tráfego na rede resultante. Obter uma estimativa confiável não é um procedimento trivial, mas é de fundamental importância para que o processo de expansão se torne eficiente. Neste trabalho, utiliza-se um simulador computacional para prever as conseqüências da expansão de uma rede de computadores denominado OPNET Modeler® MENDES (2001). Este programa simula com fidelidade o comportamento de uma rede, baseado em diversas informações fornecidas pelo usuário, de tal forma que a confiabilidade dos resultados obtidos dependem das modelagens introduzidas no programa.

O objetivo deste artigo é apresentar uma metodologia didática para análise de expansão de redes de computadores, mostrando os passos necessários para modelar a rede e analisar os resultados da simulação. Os gráficos de atraso e tráfego nos principais enlaces da rede também são mostrados, servindo como comparativo de desempenho da rede antes e após a expansão.

2. MODELAGEM DA REDE

Antes da realização da simulação de uma rede de computadores é necessário levantar uma série de dados estatísticos sobre a mesma, afim de que os resultados obtidos em simulação sejam confiáveis. A seguir são apresentados os parâmetros estatísticos que devem ser modelados.

2.1 Aplicações

O primeiro passo para a simulação de uma rede de computadores é definir todas as aplicações que são utilizadas e qual é o tipo de tráfego gerado pelas mesmas. O OPNET Modeler® já possui oito aplicações padrões que são transferência de arquivos, acesso a banco de dados, e-mail, HTTP, VoIP, impressão, Telnet e videoconferência. Essas aplicações ainda podem ser configuradas para possuir tráfego pesado (*heavy*) ou leve (*light*). Caso o usuário não deseje utilizar a modelagem padrão de aplicações do OPNET Modeler® é possível criar novas aplicações com estatísticas de tráfego diferentes. Para isso é necessário definir as seguintes características:

- Função densidade de probabilidade (fdp) do tamanho do pacote de dados: define como a curva de probabilidade do tamanho dos pacotes de dados estão distribuídos em torno da média. Existem várias fdp's conhecidas disponíveis no OPNET Modeler®, mas o usuário ainda pode inserir novas fdp's.

- Tamanho médio dos pacotes: este parâmetro define o tamanho médio dos pacotes dado em bytes. Para algumas fdp's também é necessário definir a variância do tamanho dos pacotes de dados gerados pela aplicação.

Na simulação de uma rede de computadores podem existir diversas aplicações que geram diferentes tipos de tráfego. Caso tenha-se interesse em apenas uma aplicação em específico, não é necessário simular explicitamente todas as demais aplicações que provocam tráfego na rede. O OPNET Modeler® permite que o usuário configure uma determinada ocupação dos enlaces, servidores e demais componentes da rede com tráfego de fundo. O tráfego de fundo não precisa ser especificado por nenhuma aplicação, o que torna tanto a modelagem como a simulação mais rápidos, mas não é possível realizar nenhuma medida sobre o mesmo. Assim, somente as aplicações que geram tráfego de interesse devem ser criadas e habilitadas. Para que uma aplicação possa ser utilizada na simulação, é necessário que exista um servidor configurado para atender a aplicação em questão.

2.2 Perfis dos usuários

Uma vez definida as aplicações que serão suportadas na simulação, deve-se definir como essas aplicações são acessadas. Isto é feito através dos perfis de usuário. O perfil de usuário é um conjunto de regras que definem como o usuário utiliza a estação de trabalho no decorrer do tempo de observação da rede. Cada usuário pode acessar diferentes aplicações por diferentes intervalo de tempo, sendo que essas informações também são obtidas através de observações estatísticas. Por exemplo, o instante no qual as aplicações começam a ser executadas pelos usuários deve seguir uma certa distribuição de probabilidade com média e variância conhecidas, assim como o tempo durante o qual a aplicação é executada. Para obter esse levantamento é necessário fazer um estudo junto aos usuários da rede. Deve estimar o número e o tamanho médio de e-mails que os usuários enviam, o número médio de acesso a servidores HTTP, o tamanho dos arquivos que costumam ser copiados de servidores FTP, etc. Não é fácil obter um levantamento preciso desses dados e a confiabilidade dos resultados de simulação dependem fundamentalmente deste estudo.

O OPNET Modeler® já possui alguns perfis padrão de categorias de usuários que são pesquisadores, engenheiros e vendedores. Esses perfis podem ser usados para estimar aproximadamente o comportamento da rede, mas para obter resultados precisos é necessário fazer um levantamento para cada grupo de usuários. Cada estação de trabalho na simulação deve ter pelo menos um perfil associado, para que a mesma gere tráfego.

2.3 Topologia da rede

Depois de modelar as aplicações e perfis dos usuários, é necessário montar a topologia da rede. Essa tarefa pode ser muito complexa, dependendo do tamanho da rede que deseja-se simular. Para facilitar nesta etapa, o Modeler® possui alguns nós de redes que simulam o comportamento de diversos componentes da rede. Por exemplo, existe um nó que emula uma rede local com N estações ligadas em topologia estrela, denominado de 10BaseT node. Com este nó basta especificar o perfil que as estações devem utilizar e o número de estações da rede local. É importante ressaltar que não é possível obter informações sobre as estações ou enlaces internos deste nó. Somente é possível obter informações sobre os enlaces de acesso desta rede local. Caso deseja-se conhecer o tráfego dentro da rede, cada elemento que a compõe deve ser explicitado na simulação.

Também existem nós que emulam o funcionamento de nuvens IP, ATM e Frame Relay, de modo que não é necessário conhecer a topologia de toda a rede para realizar simulações. Basta conhecer as propriedades estatísticas do tráfego nas mesmas. O Modeler® ainda

fornece uma biblioteca com modelos de diversos equipamentos de diversos fabricantes, o que permite realizar simulações levando em consideração a limitação dos nós que compõe a rede de computadores real.

3. CENÁRIO DE SIMULAÇÃO

Neste artigo será apresentado o estudo de expansão de uma rede de computadores de uma empresa, composta inicialmente de 6 estações de trabalho que acessam um servidor FTP, através de uma conexão discada com uma nuvem IP. Deseja-se conhecer o impacto da expansão da rede para 14 estações. O principal objetivo desta análise é determinar se o aumento no atraso total médio na rede é significativo e qual a melhor solução para este possível problema. Para responder essas perguntas, é necessário modelar e montar a rede no simulador, conforme mostrado a seguir.

3.1 Aplicação

A aplicação utilizada nesta simulação é a transferência de arquivos (FTP). A Tabela 1 apresenta as características dos dados gerados por esta aplicação.

Tabela 1 - Parâmetros do tráfego gerado pela aplicação FTP

Parâmetro	Valor
fdp do tamanho do pacote	Normal
Média do tamanho do pacote	50KB
Variância do tamanho do pacote	10KB ²
fdp do tempo requisição de pacotes	Exponencial
Média do tempo de requisição de pacotes	100 s

Esses dados foram estimados a partir da observação do comportamento da rede sob análise.

3.2 Perfil dos usuários

Todas as estações de trabalho desta rede utilizam o mesmo perfil de usuário. Neste perfil, a aplicação apresentada acima é executada ciclicamente durante todo o intervalo de simulação. Para evitar um pico de tráfego irreal no início da simulação, definiu-se que o instante em que o usuário começa a executar a aplicação é uma variável aleatória com distribuição uniforme entre 0 e 100 segundos.

3.3 Criação da rede

A rede a ser estudada neste arquivo é inicialmente composta por um servidor FTP com conexão PPP e três estações que acessam este servidor através de enlaces PPP de 33Kbps. O enlace que liga o servidor à rede IP é de 56Kbps. A Figura 1 mostra a topologia inicial da rede.

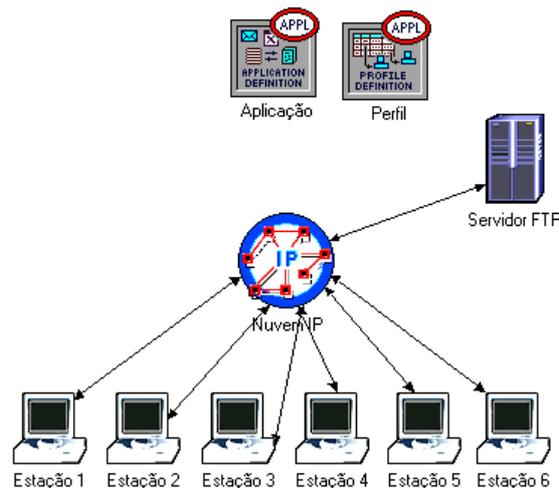


Figura 1 - Topologia da rede inicial

A nuvem IP que interliga as estações de trabalho ao servidor FTP representa um conjunto de equipamentos que fazem a conexão dos pacotes IP. Como não se tem interesse em nenhuma estatística referente a estes equipamentos, não é necessário modelá-los explicitamente.

3.4 Estatísticas a serem coletadas

O OPNET Modeler® permite que diversas estatísticas sobre a rede em simulação sejam coletadas. Para que a simulação seja eficiente, ou seja, não exija muitos recursos computacionais e não leve muito tempo para ser concluída, é necessário fazer uma seleção criteriosa sobre quais parâmetros devem ser analisados. Em outras palavras, é necessário escolher apenas as estatísticas que respondam as perguntas iniciais de análise. No caso desta simulação, é importante conhecer o tempo de resposta da aplicação FTP, a ocupação em um link de usuário e no link do servidor. Com essas informações será possível verificar o impacto causado pela adição das novas estações de trabalho e também determinar a melhor solução para possíveis problemas. O tempo de observação da rede é outro fator importante que influencia no desempenho da simulação. É necessário definir um tempo de observação que garanta confiabilidade estatística dos resultados obtidos, mas que não seja muito longo, pois isso acarretaria em elevado tempo de simulação. Para esta simulação, o tempo de observação será configurado para duas horas.

3.5 Desempenho da rede inicial

Para determinar o impacto da expansão do número de computadores na rede é necessário comparar os desempenhos antes e após a expansão. Assim, é possível verificar os pontos críticos que podem estar causando atrasos significativos. A Figura 2 apresenta o tempo de resposta FTP, enquanto que a Figura 3 apresenta, respectivamente, a ocupação no enlace do usuário e do servidor.

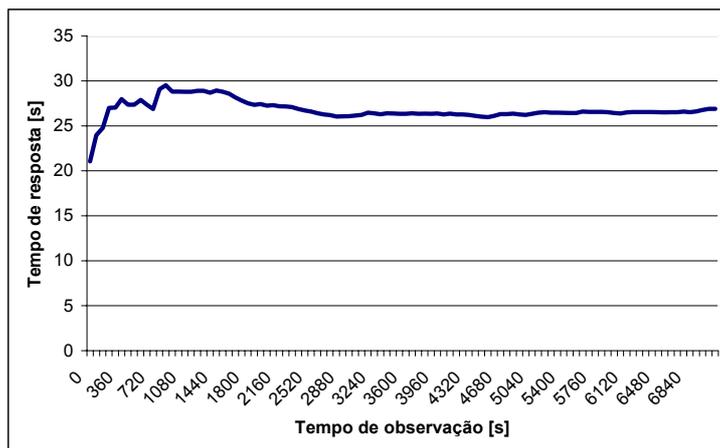


Figura 2 - Tempo médio de resposta da aplicação FTP

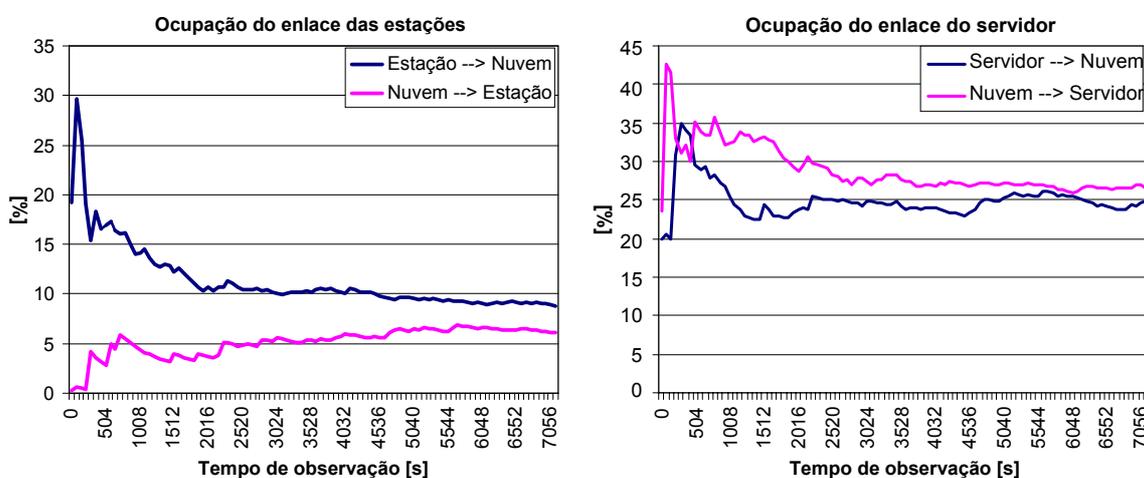


Figura 3 - Porcentagem de ocupação do enlace do usuário e do servidor

Através da Figura 2 pode-se perceber que o tempo médio de resposta FTP é de aproximadamente 26 segundos. Na Figura 3 é possível observar que a ocupação média dos enlaces dos usuários é de aproximadamente 10% da capacidade total enquanto que a ocupação do enlace do servidor é de 25%. Como a ocupação do enlace em ambos os sentidos é praticamente igual, basta realizar a análise em apenas um dos sentidos. Neste artigo será adotado a análise no sentido Servidor→Nuvem IP→Estação. Com esses dados é possível definir um padrão para determinar a influência da expansão da rede no desempenho da mesma.

3.6 Expansão da rede

A Figura 4 mostra a topologia da rede após a expansão. Como deseja-se comparar os resultados da rede expandida com os resultados da rede inicial, criou-se um novo cenário no OPNET Modeler® para que seja possível cruzar essas informações. As novas estações utilizam o mesmo perfil que foi utilizado anteriormente.

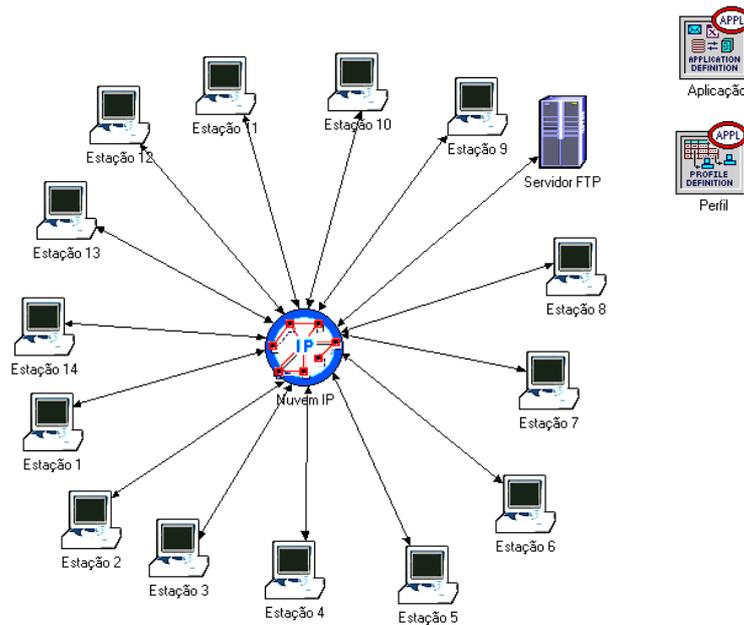


Figura 4 - Topologia da rede expandida

Para determinar o crescimento do tráfego gerado neste novo cenário, foram coletadas as mesmas estatísticas apresentadas anteriormente. A Figura 5 apresenta um comparativo entre o tempo de resposta da aplicação FTP nas duas situações, enquanto que a Figura 6 mostra a comparação da ocupação dos enlaces dos usuários e do servidor.

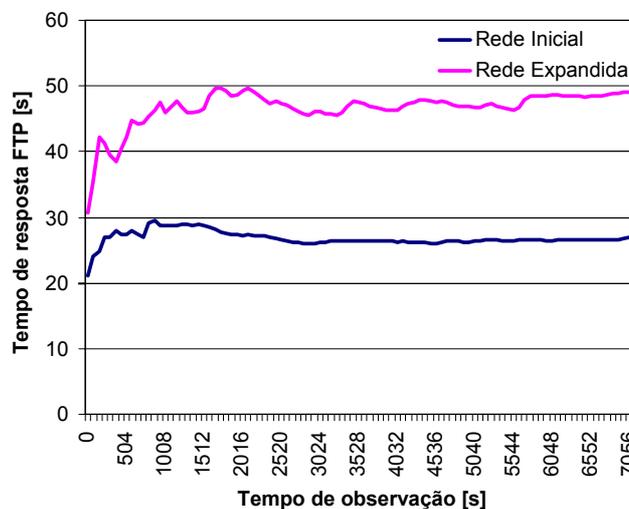


Figura 5 - Comparação entre o tempo de resposta FTP da rede inicial e da rede expandida.

Observando a Figura 5 é possível verificar que a rede expandida apresentou um aumento significativo do tempo de resposta FTP, passando de algo em torno de 26 segundos para aproximadamente 49 segundos. Isso pode gerar reclamações por parte dos usuários devido ao tempo excessivo de espera na obtenção dos arquivos.

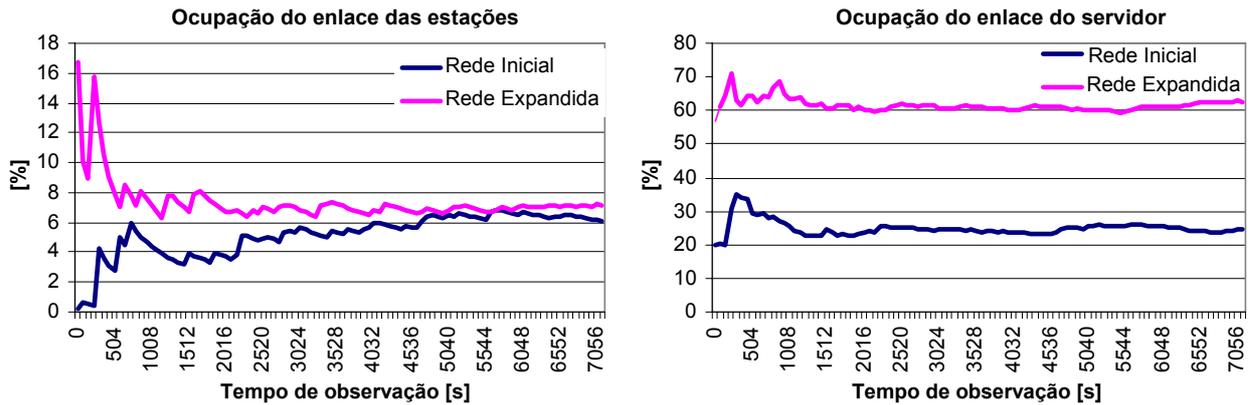


Figura 6 - Ocupação do enlace das estações e do servidor para a rede inicial e expandida

Através da Figura 6 é possível concluir que a ocupação do enlace dos usuários permaneceu praticamente a mesma com a expansão da rede. Isso ocorre porque não houve mudanças na aplicação FTP, o que significa que o tráfego entre as estações e a nuvem IP não mudou. Já no enlace entre o servidor e a nuvem IP, houve um acréscimo significativo da ocupação, uma vez que existe um maior número de estações acessando a aplicação sustentada por este servidor.

Analisando a comparação de desempenho acima, fica claro que a capacidade do enlace entre o servidor e a nuvem IP não está adequada para a nova situação, o que indica que esse enlace deve ser melhorado. Embora essa conclusão esteja clara a partir desta análise, nem sempre a mesma é óbvia quando não se tem os resultados de simulação. Em muitos casos, ao verificar que os enlaces das estações com a nuvem IP é de apenas 33kbps a providência do gerente de rede é aumentar a capacidade deste enlace. No caso desta simulação fica claro que esta solução não irá apresentar melhorias significativas, conforme pode ser verificado na Figura 7.

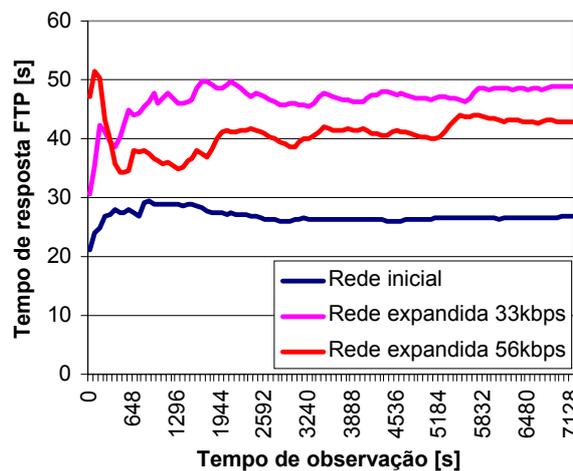


Figura 7 - Comparação entre os tempos de resposta FTP

Para minimizar o tempo de resposta da aplicação FTP, a taxa do enlace entre o servidor e a nuvem IP deve ser aumentada. Na próxima simulação, utilizou-se um enlace com taxa de 1,5Mbps (DS1) no lugar do enlace de 56kbps. A Figura 8 mostra a comparação entre os tempos de resposta para os diferentes cenários.

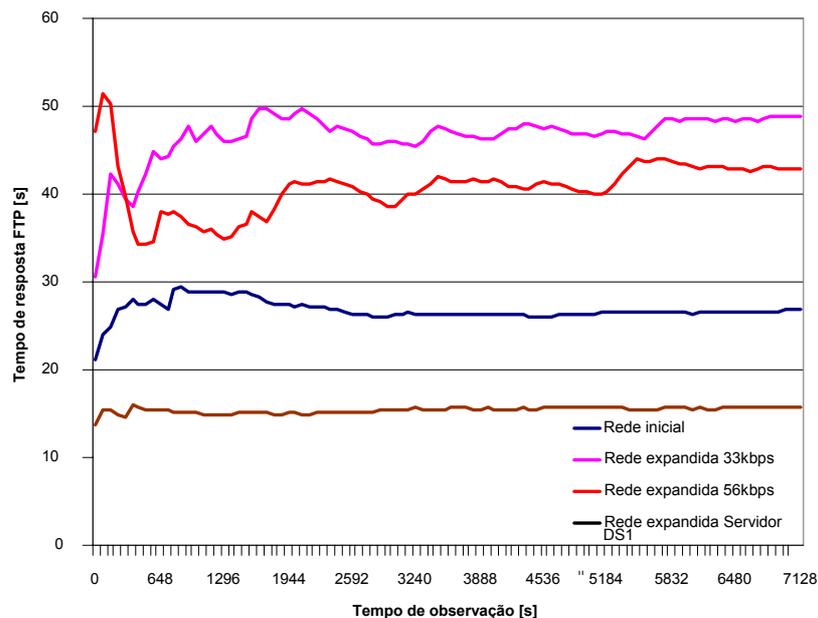


Figura 8 - Comparação entre o tempo de resposta FTP nos diferentes cenários simulados.

A Figura 8 mostra que a utilização do enlace DS1 entre a nuvem IP e o servidor acarretou em uma diminuição do tempo de resposta para algo em torno de 15 segundos. O desempenho desta rede é ainda melhor do que o desempenho da rede inicial, onde havia somente seis estações de trabalho.

4. CONCLUSÕES

Este trabalho apresentou uma metodologia para análise de expansão de redes de computadores baseada nos resultados de simulações computacionais. O objetivo desta análise é mostrar que é possível estimar o impacto do crescimento das redes na qualidade de serviço que as mesmas apresentam. Embora essa metodologia exija o levantamento de uma série de dados estatísticos sobre o funcionamento da rede real, o que leva tempo e pode vir a ser uma tarefa complexa dependendo do tamanho da rede sobre análise, realizar uma estimativa dos problemas que podem vir a ocorrer com a expansão e buscar as melhores soluções pode representar uma considerável economia nos recursos a serem investidos. No caso do cenário apresentado aqui, foi possível mostrar que a solução que a princípio seria tomada pelo gerente da rede não representa ganhos significativos no tempo de resposta da aplicação FTP. Através dos resultados da simulação foi possível identificar que o enlace entre o servidor e a rede IP possui a maior taxa de utilização e, portanto, era responsável pelo aumento no tempo de resposta. Identificado esse problema, foi possível solucioná-lo através do aumento da capacidade deste enlace, que passou de 56kbps para DS1.

Embora o estudo realizado neste trabalho tenha abordado uma rede simples, foi possível demonstrar que a metodologia de previsão de tráfego em redes em expansão pode ajudar na identificação de futuros problemas. Apresentar esses conceitos aos alunos de Engenharia de Telecomunicações é de fundamental importância para sua formação técnica.

Contato e Maiores Informações

Luciano Leonel Mendes

Home page: <http://www.inatel.br/luciano1>

Telefone: 35 3471-9263; Fax: 35 3471 9314



REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

SOARES, L. F. G. **Redes de Computadores das LANs, MANs e WANs às Redes ATM.** CAMPUS, Rio de Janeiro, 1995.

MENDES, L. L. **Tutorial sobre o uso do OPNET Modeler®.** INATEL, Santa Rita do Sapucaí, 2001.

AN EDUCATIONAL APPROCH FOR THE STUDY OF COMPUTER NETWORKS USING THE OPNET

Abstract: *Today, the demand on data information is growing fast. To attempt this demand it is necessary to expand the computer networks to guarantee the quality of service for every application of the system. But these expansions usually are done using no methodologies, which results in super- or sub- dimensioned networks. In both cases there is a waste of resources. This paper proposes method to analyse computer networks where the solution that is being proposed represents the best cost-benefits ratio. The estimation of the expansion is obtained using a computer simulation tool called OPNET Modeler®. With this tool it is possible to create analysis models that represents the network with fidelity. It is necessary to define a group of statistics from the network under analysis to build a reliable model. In many cases, this process can be complicated but the final results can save the time and resources.*

Key-words: *Computer network, modelling, Simulation, Expansion analysis*