SISTEMA VOIP DE BAIXO CUSTO BASEADO EM SOFTWARE LIVRE PARA PROPÓSITOS DIDÁTICOS

Carlos Eduardo Corsi Ferreira – corsiferreira@gmail.com
Pontifícia Universidade Católica de Campinas (PUC-Campinas), Centro de Ciências Exatas, Ambientais e de Tecnologias (CEATEC)
Rodovia D. Pedro I, km 136, Parque das Universidades
CEP 13086-900 – Campinas - SP
Alexandre Mota – amota@puc-campinas.edu.br
Pontifícia Universidade Católica de Campinas (PUC-Campinas), Centro de Ciências Exatas, Ambientais e de Tecnologias (CEATEC)
Rodovia D. Pedro I, km 136, Parque das Universidades
CEP 13086-900 – Campinas - SP
Lia Toledo Moreira Mota – mota@indelmatec.com.br
Indelmatec Engenharia
Av. Moraes Sales, 1728, Centro
CEP13010-002 – Campinas – SP
Wilson Santana – wilson.santana@gmail.com
IBM Brasil
Av. Pasteur, 138/146, Botafogo
CEP 22296-900 – Rio de Janeiro - RJ

Resumo: *Este trabalho apresenta a implementação de um sistema VoIP para ser utilizado nas disciplinas ministradas no curso de Engenharia Elétrica com Habilitação em Telecomunicações da Pontifícia Universidade Católica de Campinas (PUC-Campinas); visa colocar os estudantes em contato com esta tecnologia, bem como com ferramentas que podem ser utilizadas na análise de redes, com propósitos didáticos. Este sistema foi implementado utilizando software livre de código-fonte aberto, assim como software gratuito, visando máxima redução de custo, de forma a permitir uso futuro com maior impacto social em microrregiões geográficas carentes de recursos econômicos.*

Palavras-chave: *Asterisk, Educação em Engenharia, Sip, Software livre, Voip.*

1 INTRODUÇÃO

Na história da Educação, a tecnologia sempre esteve atrelada a ações que pudessem contribuir para a melhoria do ensino, em todos os seus níveis. A forma de estudo tradicional, embora coloque o aluno numa postura pouco interativa, é bastante válida; contudo, as novas tendências educacionais, tecnológicas e profissionais exigem que o ensino se torne mais dinâmico. As tecnologias usadas no dia a dia tendem a tornar os métodos educacionais convencionais pouco atrativos para alunos e mesmo professores e, portanto, a escola tradicional não deve acompanhar o ritmo da evolução tecnológica usando apenas lousa e giz, sendo que essa inovação deve apoiar as mais recentes descobertas no âmbito pedagógico (KOMOSINSKI, 2000).

Nesse contexto, a proposta deste trabalho foi o desenvolvimento de um ambiente didático baseado em sistema de comunicação de Voz sobre IP (VoIP) a ser utilizado durante o curso de graduação em Engenharia Elétrica com habilitação em Telecomunicações. Este sistema foi implementado na estrutura do Laboratório de Redes do Centro de Ciências Exatas, Ambientais e de Tecnologias (CEATEC) da Pontifícia Universidade Católica de Campinas (PUC-Campinas), voltado para análise e compreensão do funcionamento da tecnologia e seus protocolos utilizados. A implementação desse sistema tem por objetivo complementar os conhecimentos teóricos adquiridos pelos estudantes durante as aulas. Como resultado da montagem da estrutura física e lógica em laboratório de ambiente didático, com ferramentas de uso livre, as dúvidas pertinentes dos graduandos podem ser elucidadas didaticamente, através da análise prática aprofundada de sistemas VoIP.

2 HISTÓRICO DA TECNOLOGIA VOIP

Voz sobre IP é uma tecnologia que permite utilizar uma rede de dados baseada no Protocolo Internet (IP) para trafegar pacotes de voz. Atualmente, a tecnologia VoIP (Voice Over Internet Protocol) é conhecida pela sua economia e a facilidade em realizar ligações. A economia não se mostra como a única vantagem em relação à telefonia convencional. A oferta de novos serviços, tanto para telefonia fixa, quanto para telefonia móvel é outra vantagem dessa tecnologia. As próprias operadoras de telefonia já utilizam VoIP para redução dos valores de ligações DDD e DDI (BERNAL FILHO, 2007).

Contudo, a tecnologia VoIP apresenta algumas desvantagens, como a necessidade de uma fonte de energia estável para o funcionamento dos equipamentos; ataques de vírus e hackers, ainda raros, mas existentes; problemas com ligações de emergência por dificuldade de identificação da região da origem da ligação, dentre outros (COLCHER, 2005). Mesmo assim, vem havendo um aumento significativo da quantidade de usuários dessa tecnologia. De acordo com a referência Bernal Filho (BERNAL FILHO, 2007), esse aumento de usuários pelo fato de que a transmissão de voz em rede de dados já ocorria em redes baseadas em protocolos comuns em redes corporativas (como Frame Relay e ATM). Porém, com a adoção mundial da Internet e do protocolo IP, o VoIP aparece no mercado mundial como uma conseqüência natural.

Com o avanço da tecnologia VoIP, houve a necessidade de criação de novos protocolos para melhorar a qualidade do serviço oferecido. Diante disso, sugiram o padrão H.323, definido pela International Telecommunications Union (ITU-T), e o protocolo SIP, definido pelo Internet Engineering Task Force (IETF). O primeiro é um conjunto de protocolos voltado para audioconferências e videoconferências, enquanto o segundo é voltado apenas para gerenciamento de chamadas.

3 SOFTWARE LIVRE / CÓDIGO ABERTO

Como um dos objetivos deste trabalho é a implementação de um sistema VoIP de baixo custo com propósitos didáticos, foram utilizados software livre e software proprietário gratuito nas implementações realizadas. Entretanto, é importante salientar que a intenção não foi utilizar software livre somente pela sua gratuidade, mas também para dirimir o conceito difundido de que o software livre, por não ser comercializado, não é eficiente. Nesse sentido, deve-se enfatizar que o movimento do software livre vem ganhando espaço ao longo dos anos graças ao apoio de pessoas dispostas a contribuir com seus conhecimentos e mão-de-obra, e também devido a empresas e governos que apóiam a sua utilização e desenvolvimento.

Outro ponto importante é o fato de que um software livre, em relação a suas funcionalidades, não restringe um usuário da mesma maneira que um software proprietário, mesmo este sendo gratuito. O usuário tem o direito de modificar o software conforme sua necessidade, garantido por licenças como a GNU General Public License (GNU GPL). A licença GNU GPL, desenvolvida pela Free Software Foundation, assim como outras existentes, garantem os direitos autorais do autor. Outro ponto a favor do software livre é que ele pode ser implementado em plataformas proprietárias, substituindo as ferramentas comerciais que possuem um alto custo de aquisição e manutenção. Com o software livre, não só alunos do curso de Engenharia Elétrica, mas também de outros cursos de Engenharia, podem estudar estes códigos, aprimorá-los ou mesmo desenvolver novos códigos que também possam receber a contribuição de alunos de outras instituições e pessoas interessadas. Didaticamente, é uma possibilidade que estimula a criatividade e o aprofundamento do entendimento do problema em estudo (CAMPOS, 2007).

4 METODOLOGIA

Para a elaboração deste trabalho, foram pesquisadas algumas funcionalidades básicas oferecidas pelo software Asterisk (DIGIUM, 2007), tendo como objetivo reproduzi-las e compreendê-las para implementação de um sistema didático de VoIP voltado para aprendizagem. Essa abordagem permite que os alunos coloquem em prática os conhecimentos adquiridos na sala de aula, como o funcionamento dos protocolos utilizados, a escolha correta dos codecs para melhor aproveitamento da banda disponível e a utilização de ferramentas de análise de rede.

4.1 Recursos empregados

A implementação do sistema objetivou a minimização dos custos, utilizando a rede de computadores já implementada na Universidade. Para isso, foram utilizados software livre, que oferece as mesmas funções de outros equipamentos, e software proprietário, dispensando o alto custo de aquisição e implementação.

- Software Asterisk: é um software desenvolvido pela Digium – fabricante de hardware para soluções VoIP - com funcionalidades de um PABX IP, que pode ser implementado em Linux e similares, utilizando hardware de baixo custo. É um software livre lançado sob a licença GNU GPL. Os protocolos suportados pelo Asterisk são: H.323; SIP (utilizado neste trabalho e já citado anteriormente); Inter-Asterisk Exchange (IAX) e Media Gateway Control Protocol (MGCP) (COLCHER et al.,2005).
- Sistema operacional - Linux Fedora 7: o Fedora Core, renomeado como Fedora, é um sistema operacional baseado em Linux, gratuito e mantido por uma comunidade internacional. A versão utilizada neste trabalho foi o Fedora 7, com o Kernel 2.6.22 e ambiente gráfico Gnome 2.18. As etapas da instalação não serão descritas neste trabalho pois a escolha desta distribuição foi arbitrária, feita apenas pela experiência já adquirida pelos autores com a mesma. No entanto, qualquer distribuição livre de Linux apresentará as mesmas funcionalidades necessárias para a implementação aqui descrita. Para uso em desktops domésticos podemos citar o Ubuntu, mundialmente conhecido pela sua facilidade de uso, e o brasileiro Kurumin, ambos baseados na distribuição Debian, voltada para desktops e servidores, assim como as distribuições Fedora, Mandriva (união da brasileira Conectiva com a francesa Mandrake), e o Slackware.
- Software Wireshark: é um programa utilizado na captura de pacotes para análise de tráfego de redes, de código aberto e disponível para vários sistemas operacionais. Pode auxiliar tanto técnicos na resolução de problemas da rede, como também pode ser utilizado no ensino em cursos que visam o estudo de protocolos e comportamento de redes. Neste trabalho, foram utilizadas apenas suas funções de análise de transmissões VoIP (LAMPING et al., 2007).
- Software Iperf: é um software gerador de carga de rede utilizado para analisar o desempenho de redes de computadores. Neste trabalho, o programa foi utilizado em testes que envolviam medir a qualidade da transmissão de pacotes RTP em uma rede onde são transmitidos pacotes UDP com opções de ocupação de 50%, 75% e 100% da banda disponível.
- Softphones: o softphone é um aplicativo computacional que permite a realização de chamadas de comunicação por voz diretamente do computador. Ele também torna possível efetuar ligações para linhas telefônicas convencionais, através da contratação de um provedor VoIP. Existem diversos softphones disponíveis gratuitamente na rede mundial de computadores. Os softphones selecionados para a realização de testes nesse trabalho foram o Ekiga (distribuído sob licença GNU/GPL), rodando em plataforma Linux, e o X-lite (desenvolvido pela CounterPath Solutions Inc.), rodando em plataforma Microsoft Windows XP. A utilização do sistema operacional da Microsoft, apesar de parecer contraditória em uma primeira análise em relação ao objetivo deste trabalho no que tange à utilização de software livre, tem um objetivo claro: exemplificar

de forma concreta que um sistema VoIP baseado primordialmente em software livre de código aberto é independente do sistema operacional utilizado.

4.2 Implementação do sistema

A Figura 1 descreve a infra-estrutura disponibilizada no Laboratório de Redes do Centro de Ciências Exatas, Ambientais e de Tecnologias da PUC-Campinas para implementação do sistema VoIP. Neste sistema, uma das máquinas foi configurada como o PABX IP da rede, ou seja, para executar o software Asterisk. Os outros computadores são os clientes deste sistema, executando os softphones e o Wireshark para captura dos pacotes transmitidos para análise. A comunicação entre os terminais foi viabilizada através de um hub. Essa configuração foi selecionada para conveniência quanto à realização de análises e estudos dos protocolos e pacotes transmitidos neste sistema VoIP, uma vez que os pacotes que trafegam pela rede são transmitidos a todas as portas do equipamento, permitindo sua captura por todos os participantes da aula através do Wireshark. No caso da utilização de um switch de rede, poderão ainda ser aplicadas atividades de verificação de problemas na rede. Uma configuração alternativa para a realização de testes e estudos pelos alunos é a ligação de dois microcomputadores pela Internet, conforme ilustra a Figura 2.

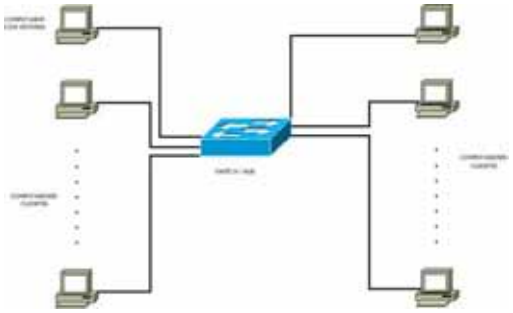


Figura 1: Infra-estrutura utilizada para a implementação do sistema VoIP

Figura 2: Configuração alternativa para realização de testes e estudos

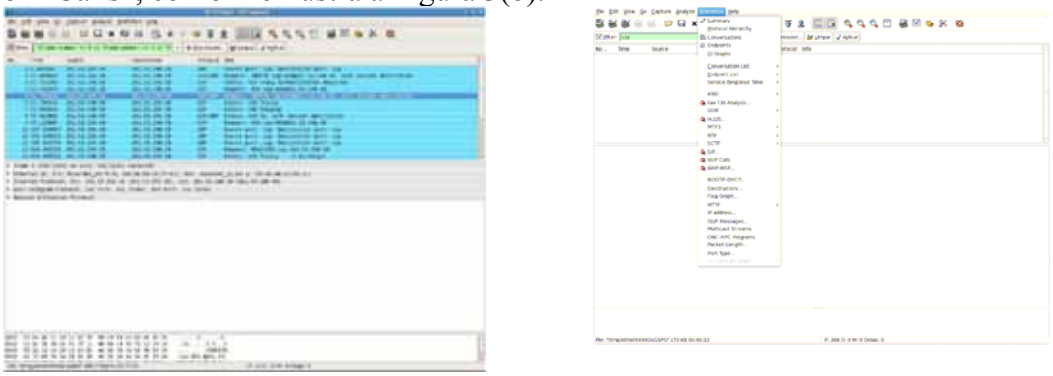
5 RESULTADOS

Com o Asterisk funcionando e com os softphones devidamente configurados, foram efetuados os primeiros testes. Foram necessárias a liberação das portas 5060 a 5064, na configuração do firewall nativo do Linux, utilizadas na comunicação do Asterisk e dos softphones. Inicialmente, foram capturados pacotes RTP para a análise dos retardos de

transmissão para avaliação da qualidade da transmissão. Um dos fatores mais preocupantes que afetam o retardo é o jitter - variação de tempo no atraso de chegada do pacote, introduzido pela transmissão da rede.

Os testes descritos a seguir podem ser utilizados como base para aulas que versem sobre sistemas VoIP. No entanto, salienta-se que a configuração de sistema VoIP apresentada neste trabalho não está limitada aos testes aqui apresentados. Na verdade, o tipo de teste e os itens a serem analisados podem variar bastante, conforme as necessidades dos professores. Adicionalmente, o software Wireshark também pode ser utilizado para o estudo de outros protocolos, bem como para auxiliar os alunos a detectarem problemas de rede como parte de disciplinas ministradas em laboratório.

Neste trabalho, o Wireshark foi utilizado para a captura de pacotes e para analisar o comportamento das chamadas VoIP e do protocolo SIP. Antes de começar a capturar o tráfego da rede, foi necessário configurar o programa, conforme segue: em “Options”, no menu “Capture”, foi configurada a placa de rede. Dependendo da situação, pode ser estabelecido um filtro para captura de pacotes no campo “Capture Filter”. O programa também deve estar configurado para atuar no modo sem filtro, ou seja, no modo em que a interface de rede aceita todos os pacotes que chegarem, mesmo que não sejam destinados a ela. Iniciado o processo de captura de pacotes, o ramal 900 pode iniciar uma chamada para o ramal 800. Durante este tempo, o Wireshark captura todos os pacotes relacionados à sessão SIP, conforme ilustra a Figura 3(a). No menu “Statistics”, há uma função do programa para exibição de pacotes provenientes de ligações VoIP, a “VoIP Calls”, conforme ilustra a Figura 3(b).



(a) (b)

Figura 3: (a) Captura de pacotes pelo Wireshark; (b) Exibição de pacotes provenientes de ligações VoIP

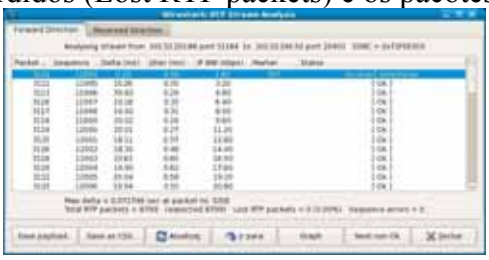
Na janela de exibição de chamadas da função “VoIP Calls” são apresentados todos os dados da chamada VoIP, como início da chamada, término da chamada, IP da origem da chamada, a identificação SIP dos ramais envolvidos e o tipo de protocolo utilizado (neste caso, o SIP). Também fica registrada a quantidade de chamadas efetuadas, completadas e perdidas. Ao pressionar o botão “Graph”, uma janela é aberta, mostrando graficamente a seqüência de estabelecimento da chamada SIP; Ainda no menu

“Statistics”, há a função SIP, que exibe na tela uma janela com todo o status da chamada SIP.

Posteriormente, foram realizados novos testes para captura de pacotes RTP para análise do jitter, conforme mostra figura a seguir. No menu “Statisitics”, há a função RTP. Com estão função, o Wireshark exibe os pacotes RTP capturados e exibe informações pertinentes como jitter, o número de seqüência do pacote e pacotes com o número de seqüência errado, conforme ilustra a Figura 4. Pode-se observar que o Wireshark mostra o tipo de carga contido no pacote RTP (Payload), o total de pacotes enviados e recebidos (Packets), a porcentagem de pacotes perdidos (Lost), a máxima diferença entre os pacotes enviados (Max Delta), o valor máximo atingido de jitter (Max Jitter) e o valor médio de jitter (Mean Jitter), facilitando a exposição desses conceitos em laboratório.

Figura 4: Exibição de informações pelo Wireshark

A Figura 5(a) mostra a análise feita pelo Wireshark dos pacotes enviados pelo ramal 800. Como a transmissão dos pacotes e captura dos mesmos são feitos pelo mesmo computador, não foram detectados erros de transmissão. Os retardos apontados na análise são referentes à geração dos pacotes transmitidos. A Figura 5(b) mostra a análise feita dos pacotes enviados pelo ramal 900. Nesta figura, pode-se ver os efeitos da rede sobre a transmissão dos pacotes, com os valores de jitter, o total de pacotes perdidos (Lost RTP packets) e os pacotes fora de seqüência (Sequence error).



(a)

(b)

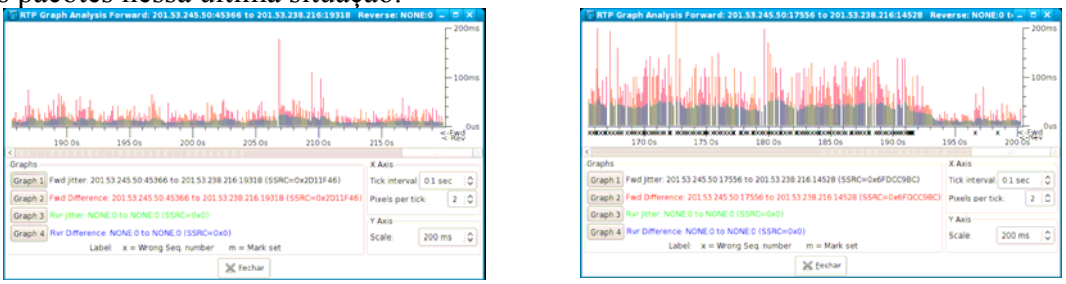
Figura 5: (a) Análise dos pacotes enviados pelo ramal 800; (b) Análise dos pacotes enviados pelo ramal 900

Nas telas sobre a análise RTP, há também as opções de salvar os resultados num arquivo de extensão ".csv", para visualização em programas que utilizam planilhas como o Microsoft Excel (“Save as CSV...”). Há ainda a possibilidade de se salvar a carga de todos os pacotes, isto é, de reproduzir o diálogo da ligação (“Save payload...”) e de gerar gráficos (“Graph”).

Na seqüência, foram realizados testes para analisar o desempenho das transmissões VoIP durante um teste de carga da rede, com o Iperf gerando tráfego a 100 kbps e 200 kbps. A largura de banda utilizada foi de 200 kbps. Nesses testes, o Iperf operou tanto

como cliente, disparando o tráfego de pacotes, quanto como servidor, recebendo e analisando os pacotes. No computador com o ramal 900, o Iperf atuou como cliente, e no computador do ramal 800, como servidor. É importante salientar que se trata de um programa com interface em modo texto, ou seja, executado por linha de comando. Do lado servidor, foi utilizado o seguinte comando: iperf -s -u. O parâmetro "-s" define que o Iperf deve atuar como servidor, e o "-u" indica que o protocolo a ser analisado é o UDP. Do lado cliente, foi utilizado o comando: iperf -c -u -b <largura de banda> -t 180. O parâmetro "-c" define que o Iperf deve atuar como cliente, "-u" indica que o protocolo utilizado para a transmissão é o UDP, "-b <largura de banda>" indica a largura de banda a ser utilizada na transmissão dos pacotes, "-t 180" indica a duração da transmissão do cliente definida em segundos (neste caso, 180 segundos).

No primeiro teste com carga de rede, foram utilizados 100 kbps para transmissão do Iperf. Nesse teste, não houve perda de pacotes e atraso significativo que pudessem comprometer a ligação. A Figura 6(a) mostra o gráfico com o jitter gerado e a diferença de tempo de recepção de cada pacote RTP, transmitidos pelo computador com ramal 900 (IP 200.53.245.50). No segundo teste de carga na rede, o Iperf foi configurado para utilizar 100% da banda disponível, ou seja, 200 kbps de transmissão. Para este teste, já era esperado o declínio da qualidade da ligação. A porcentagem de pacotes perdidos atingiu 29,7% e os retardos apresentam-se altos, comprometendo totalmente a comunicação: dos 9956 pacotes transmitidos, foram recebidos apenas 6997,690 pacotes com erro de seqüência. A Figura 6(b) ilustra o aumento do jitter e do tempo de recepção dos pacotes nessa última situação.



(a) (b)

Figura 6: (a) Jitter gerado e diferença de tempo de recepção para o primeiro teste; (b) Jitter gerado e diferença de tempo de recepção para o segundo teste

6 CONCLUSÕES

Este trabalho descreveu a instalação, configuração e documentação de uma aplicação didática de baixo custo utilizando software livre (como o Asterisk), visando sua utilização para o reforço de conceitos que fazem parte da grade curricular de um curso de Engenharia Elétrica com ênfase em Telecomunicações. Com essa configuração, torna-se possível explorar, na prática, conceitos teóricos de comunicação, conhecer ferramentas de análise de redes, estudar o comportamento de protocolos e de

transmissão de voz numa rede IP, utilizando-se de infreaestrutura de redes computacionais usualmente já implantadas e disponíveis nas instituições de ensino superior de Engenharia.

Como principal resultado, a partir dos resultados e das informações disponíveis neste trabalho, demonstra-se que é possível implantar um ambiente com software para explorar os conceitos de comunicação de voz em redes de computadores facilmente e com reduzido investimento (principalmente utilizando software livre) em cursos de Engenharia. Além disto, é importante destacar aqui que, nos últimos anos, o software livre ganhou importância no cenário mundial e que o aumento de sua utilização é crescente, assim como a procura por profissionais com conhecimentos específicos nesta área.

Finalmente, este trabalho apresenta um roteiro básico de testes utilizando a configuração de software implementada, que pode ser utilizado como base para disciplinas experimentais de VoIP e gerência de rede para cursos de Engenharia; entretanto, a arquitetura de software sugerida neste trabalho também é flexível o suficiente para acomodar outros roteiros e experimentações que se façam necessárias durante o desenrolar de um curso experimental de VoIP.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BERNAL FILHO, H. **Telefonia IP**. Disponível em: <http://www.teleco.com.br/tutoriais/tutorialtelip/default.asp>. Acesso em: 10 out. 2007.

BERNAL FILHO, H. **O que esperar dos Serviços VoIP**. Disponível em: <http://www.teleco.com.br/tutoriais/tutorialvoip2/default.asp>. Acesso em: 10 out. 2007.

CAMPOS, A. **O que é software livre**. Disponível em: <http://br-linux.org/linux/faq-softwarelivre>. Acesso em: 15 nov. 2007.

COLCHER, S. et al. **VoIP**: voz sobre IP. Rio de Janeiro: Elsevier, 2005.

DIGIUM. **Asterisk**: the open source telephony platform. Disponível em: <http://www.asterisk.org/about>. Acesso em: 10 nov. 2007.

JAMIL, G. L; GOUVÊA, B. A. **Linux para profissionais**: do básico à conexão de redes. Rio de Janeiro: Axcel Books do Brasil, 2006.

KOMOSINSKI, L.J. **Um novo significado para a educação tecnológica fundamentado na informática como artefato mediador da aprendizagem**. Florianópolis, 146p. 2000. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

LAMPING, U; SHARPE, R; WARNICKE, E. **Wireshark user's guide**: 23264 for wireshark 0.99.6. Disponível em: <http://www.wireshark.org/download/docs/userguide-us.pdf/>. Acesso em: 10 nov. 2007.

MASTERS, J. Trocando de rede. **Revista Linux Magazine**, São Paulo, n. 35, p. 42-45, 2007.

MOTA FILHO, J. E. **Descobrindo o Linux**: entenda o sistema operacional GNU/Linux. São Paulo: Novatec, 2007.

PRADO, C. **Tecnologia mais ensino superior**: uma soma inevitável no mundo acadêmico. Disponível em: <http://monografias.brasilescola.com/educacao/tecnologia-mais-ensino-superior>. Acesso em: 19 dez. 2007.

Abstract: *This work presents the implementation of a VoIP system, to be used on undergraduate courses with Telecommunication Emphasis of the PUC-Campinas Electrical Engineering Faculty; putting students in touch with this technology is its main objective, as well as with tools that can be used in the network analysis, with pedagogical purposes. This system was implemented using free software with open source code, as well as freeware, with the sole purpose of the maximum cost reduction, so to allow the future usage with larger social impact on geographical microrregions without enough economical resources.*

Key-words: *Asterisk, Engineering education, Free software, Sip, Voip.*