

Universidade Federal do Rio de Janeiro

Núcleo de Computação Eletrônica

Ewertton Carneiro Pontes

**TECNOLOGIA VOIP:
Um Estudo de Viabilidade da sua Implantação no Centro de
Estudos de Pessoal**

Rio de Janeiro
2006

Ewertton Carneiro Pontes

TECNOLOGIA VOIP:

**Um Estudo de Viabilidade da sua Implantação no Centro de Estudos de
Pessoal**

Monografia apresentada para obtenção do título de Especialista em Gerência de Redes de Computadores no Curso de Pós-Graduação Lato Sensu em Gerência de Redes de Computadores e Tecnologia Internet do Núcleo de Computação Eletrônica da Universidade Federal do Rio de Janeiro – NCE/UFRJ.

Orientador:

Prof. João Carlos Peixoto de A. Costa, Mestre, UFRJ, Brasil

Rio de Janeiro

2006

Ewertton Carneiro Pontes

**TECNOLOGIA VOIP:
Um Estudo de Viabilidade da sua Implantação no Centro De Estudos de
Pessoal**

Monografia apresentada para obtenção do título de Especialista em Gerência de Redes de Computadores no Curso de Pós-Graduação Lato Sensu em Gerência de Redes de Computadores e Tecnologia Internet do Núcleo de Computação Eletrônica da Universidade Federal do Rio de Janeiro – NCE/UFRJ.

Aprovada em março de 2006.

Prof. João Carlos Peixoto de Almeida Costa, Mestre, UFRJ, Brasil

RESUMO

PONTES, Ewerton Carneiro. **TECNOLOGIA VOIP: Um Estudo de Viabilidade da sua Implantação no Centro de Estudos de Pessoal.** Monografia (Especialização em Gerência de Redes e Tecnologia Internet). Núcleo de Computação Eletrônica, Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 2005.

Este estudo visa a levantar a viabilidade da implantação da tecnologia de voz sobre IP no Centro de Estudos de Pessoal (CEP). Voz sobre IP está fortemente relacionado com várias condicionantes do ambiente de tecnologia da informação, dentre os quais cabe destacar: recursos humanos qualificados, *hardware* e *software* capazes de suportar a tecnologia, requisitos de qualidade de serviço, requisitos financeiros, requisitos de segurança, requisitos de gerenciamento e possível impacto do paradigma da adoção de uma nova tecnologia para os usuários. Abordar todas estas condicionantes demandaria um período de pesquisa maior do que o disponível para o presente estudo. Por esta razão, somente os aspectos de *software* e requisitos financeiros serão considerados.

ABSTRACT

PONTES, Ewerton Carneiro. **TECNOLOGIA VOIP: Um Estudo de Viabilidade da sua Implantação no Centro de Estudos de Pessoal.** Monografia (Especialização em Gerência de Redes e Tecnologia Internet). Núcleo de Computação Eletrônica, Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 2005.

This study aims at preparing the viability of implanting voicer over ip technology in Centro de Estudos de Pessoal. Voicer over IP is strongly related with various information techonology constraints which it is worth citing the following: qualified human resources, hardware and software able to bear technology, service quality requisites, financial requisites, security requisities, management requisites and the possible impact that adapting a new technology an have on users. Covering all these constraints would demand a research period bigger the availability for the current study. For this reason, only the software capacity and financial requisites will be considered.

LISTA DE FIGURAS

	Página
Figura 2.1 – Transmissão e recepção dos pacotes de voz.....	12
Figura 2.2 – Encapsulamento dos pacotes de áudio sobre os protocolos da arquitetura TCP/IP.....	12
Figura 3.1 – Camadas TCP/IP H.323.....	18
Figura 3.2 – Ambiente H.323 típico.....	19
Figura 3.3 – Sinalização H.323.....	20
Figura 3.4 – Ambiente SIP típico.	22
Figura 3.5 – Sinalização SIP.....	24
Figura 3.6 – Diferença de sinalização entre uma chamada H.323 e uma chamada SIP.....	25
Figura 3.7 – Diferença de localização de usuário entre H.323 e SIP.....	25
Figura 3.8 – Arquitetura SIP/H323.....	26
Figura 4.1 – Funcionamento do OpenH323.....	27
Figura 5.1– Rede do Centro de Estudos de Pessoal.....	30
Figura 5.2 – Quantidade de ligações telefônicas interurbanas do CEP para as Regiões do Brasil.....	32
Figura 5.3 – Distribuição dos alunos dos cursos à distância pelas Regiões do Brasil.....	33
Figura 6.1 - Utilização da interface FXS.....	35
Figura 6.2 - Utilização da interface FXO.....	36
Figura 6.3 – Proposta de arquitetura VoIP utilizando protocolo H.323 e servidor de autenticação.....	37
Figura 6.4 – Proposta de arquitetura VoIP utilizando protocolo H.323 e servidor de VPN.....	38
Figura 6.5 – Proposta de arquitetura VoIP utilizando protocolo H.323, SIP e servidor de autenticação.....	39
Figura 6.6 – Proposta de arquitetura VoIP utilizando protocolos H.323, SIP e servidor de VPN.....	40

LISTA DE ABREVIATURAS

ATM - Asynchronous Transfer Mode
CEP – Centro de Estudos de Pessoal
CIBld – Centro de Instrução de Blindados
CIPqdt – Centro de Instrução Pára-Quedista
DiffServ - Differentiated Services
EsACosAAe – Escola de Artilharia de Costa e Anti-Aérea
EsAO – Escola de Aperfeiçoamento de Oficiais
EsIE – Escola de Instrução Especializada
EsMB – Escola de Material Bélico
EsSEx – Escola de Saúde do Exército
FIFO - First In First Out
FXO – Foreign Exchange Office
FXS – Foreign Exchange Subscriber
HTTP - Hyper Text Transfer Protocol
IETF - Internet Engineering Task Force
IPX - Internetwork Packet Exchange
IP - Internet Protocol
MC - Multipoint Controller
MCU - Multipoint Control Unit
MIME - Multipurpose Internet Mail Extension
MP - Multipoint Processor
PABX - Private Automated Branch Exchange
PSTN - Public Service Telephony Network
QoS - Quality of Service
RAS - Registration Admission Status
RTCP - Real-Time Control Protocol
RTP - Real-Time Transport Protocol
RSVP - Resource Reservation Protocol
RTT - Round-Trip Time
SDP - Session Description Protocol
SGW - Signaling Gateway
SLDD - Serviço por Linha Dedicada para Sinais Digitais
SMTP - Simple Mail Transfer Protocol
SIP - Session Initiation Protocol
SPX - Sequenced Packet Exchange
TCP – Transmission Control Protocol
TOS – Type of Service
UDP – User Datagram Protocol
VoIP – Voice Over IP
VPN – Virtual Private Network

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	9
2	TECNOLOGIA VOIP	11
2.1	VOZ SOBRE IP	11
2.2	PROTÓCOLO H.323	14
2.3	PROTÓCOLO SIP	15
3	ARQUITETURAS VOIP.....	18
3.1	ARQUITETURA VOIP COM SINALIZAÇÃO H.323	18
3.2	ARQUITETURA VOIP COM SINALIZAÇÃO SIP	22
3.3	INTEROPERAÇÃO SIP H.323	24
4	SOFTWARE LIVRE VOIP.....	27
4.1	OPENH.323	27
4.2	SER	27
4.3	ASTERISK.....	28
4.4	HARDWARE E SOFTWARE CLIENTE.....	29
5	AMBIENTE DO CENTRO DE ESTUDOS DE PESSOAL	30
5.1	REDE INSTALADA.....	30
5.2	PABX	31
5.3	PER FIL DOS GASTOS TELEFÔNICOS.....	31
5.4	ENSINO A DISTÂNCIA.....	32
6	PROPOSTA DE IMPLEMENTAÇÃO DE VOIP NO CEP.....	34
6.1	LEVANTAMENTO CUSTOS PARA IMPLEMENTAÇÃO DE VOIP NO CEP	34
6.1.1	<i>Uso de Asterisk como PABX sem integrá-lo à telefonia convencional.....</i>	34
6.1.2	<i>Uso do Asterisk como PABX integrado à telefonia convencional.....</i>	36
6.2	ARQUITETURA QUE UTILIZA SOMENTE O PROTOCOLO H.323	36
6.3	ARQUITETURA QUE UTILIZE OS PROTOCOLOS H.323 E SIP	38
6.7	BENEFÍCIOS DA ADOÇÃO DA TECNOLOGIA VOIP	40
7	CONCLUSÕES	41
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS		43
ANEXO I – SOFTPHONES – LISTA DE RECURSOS		45
ANEXO II – TELEFONES IP		46
ANEXO III – INTERFACES FXS E FXO		47

1 INTRODUÇÃO

“Desde a criação do telégrafo em 1830, a cada nova mídia de comunicação adotada foi criada uma rede distinta para torná-la disponível a seus usuários. Sucessivamente foram criados o telefone, o telex, a comunicação de dados, cada um acompanhado por sua própria rede de serviços. Atualmente é comum o usuário possuir conexões separadas para as redes de telefonia, de dados e de TV a cabo.” (STATON, 2000)

A telefonia é uma tecnologia eficiente e uma forma de comunicação que atinge grande parte da humanidade. A rede telefônica possui uma base instalada muito estável e confiável. Entretanto é inegável que a rede de comutação de pacotes, inicialmente projetada para a transmissão de dados vêm sofrendo um crescimento exponencial. Neste contexto, fica evidenciada a importância da Internet, cuja tecnologia se baseia no protocolo Internet Protocol (IP).

O Centro de Estudo de Pessoal é uma Organização Militar do Exército Brasileiro e sua função é a de capacitar recursos humanos nas áreas de: Idiomas, Comunicação Social, Coordenação Pedagógica, Psicopedagogia e Orientação Educacional, através de cursos presenciais e à distância. Estes Cursos são desenvolvidos em duas fases: a primeira, à distância, e a segunda, presencial. Também funcionam Cursos de Pós-Graduação na modalidade de Ensino a Distância nas áreas de: Coordenação Pedagógica, Psicopedagogia e Orientação Educacional e Gestão Estratégica de Recursos Humanos, cursos ofertados também para civis. (CEP, 2005)

A comunicação entre tutores, coordenadores e alunos de todos estes cursos é feita via correio eletrônico e ligações telefônicas. Estão matriculados, até a presente data (agosto de 2005) aproximadamente 2.133 (dois mil cento de trinta e três) alunos, entre civis e militares, de praticamente todas as Regiões do Brasil, o que consequentemente gera elevados custos, considerando o telefone como principal meio de comunicação.

Neste contexto esperar-se-á que a utilização da tecnologia VoIP facilitará a comunicação, não só de docentes e discentes, mas também de todos os funcionários dentro da Organização Militar e com outras Organizações Militares no Brasil, além minimizar os custos das ligações telefônicas.

Voz sobre IP está fortemente relacionado com várias condicionantes do ambiente de tecnologia da informação, dentre os quais cabe destacar: recursos humanos qualificados, *hardware* e *software* capazes de suportar a tecnologia, requisitos de qualidade de serviço, requisitos financeiros, requisitos de segurança, requisitos de gerenciamento e possível impacto do paradigma de adoção de uma nova tecnologia para os usuários. Abordar todas estas condicionantes demandaria um período de pesquisa maior do que o disponível para o presente estudo, por esta razão é que somente os aspectos de *software* e requisitos financeiros serão levados em consideração.

O motivo inicial desta monografia foi à perspectiva de redução de custos das ligações telefônicas, principalmente para celulares e interurbanos, proporcionada pela tecnologia VoIP. Segundo Rodrigues (2004), aproximadamente 60% dos gastos telefônicos das empresas é direcionado para ligações locais com celulares. Em uma segunda fase, se implantado com sucesso, poderá haver ampliação do sistema com a entrada de outras Organizações Militares através da Intranet do Exército Brasileiro e até mesmo fazendo parte de um macro sistema que englobe todo o Ministério da Defesa.

Um segundo motivo, será proporcionar capacidade de conhecimento do perfil das ligações telefônicas, já que o modelo de central telefônica existente é muito antigo e não permite tal acompanhamento. Para fazer controle estatístico das ligações é necessário consultar as contas telefônicas o que gera certa dificuldade, pois o CEP possui 47 (quarenta e sete) linhas telefônicas. A arquitetura VoIP facilita o monitoramento destas ligações, possibilita diversas formas de estatísticas do sistema e torna mais fácil o bloqueio de ramais para ligações para celulares, ligações interurbanas e internacionais.

2 TECNOLOGIA VoIP

2.1 VOZ SOBRE IP

A arquitetura TCP/IP não foi projetada para comunicação de tempo real e não assegura garantia de atraso, *jitter* e perdas, por este motivo a *Internet Engineering Task Force* (IETF) desenvolveu um protocolo de tempo real, o *Real-Time Transport* (RTP) e o protocolo de controle, o *Real-Time Control Protocol* (RTCP) (SCHULZRINE, 1996). O RTP e o RTCP são utilizados em aplicações de transmissões de voz e vídeo sobre IP.

O RTP acrescenta a cada cabeçalho de pacote *User Datagram Protocol* (UDP), um cabeçalho contendo uma marca de tempo (*timestamp*), um número de seqüência e um número de identificação da fonte de sincronismo. O número de seqüência é utilizado para eliminar os pacotes duplicados e reordenar os pacotes recebidos fora de ordem. O *timestamp* permite a sincronização e a reprodução de cada pacote de voz no instante correto, o que é de grande valor, pois os pacotes podem sofrer atrasos variáveis (*jitter*) pelo caminho. Os pacotes recebidos são reordenados, armazenados e reproduzidos no instante correto. A fonte de sincronismo identifica quem originou cada *stream* (canal de mídia). Esta informação é importante em conferências entre vários pontos, pois os *timestamps* e número de seqüência são próprios de cada originador de *stream*. Em resumo, o RTP oferece meios para os pacotes de áudio serem reordenados e reproduzidos nos instantes corretos. O RTCP é utilizado como controle do RTP e também é transmitido sobre UDP. O RTCP contém estatísticas de transmissão e recepção, além de informações gerais sobre cada ligação.

Cada transmissão de voz sobre IP engloba os seguintes processos:

- a. Conversão da onda mecânica de voz em sinal elétrico, através de um tradutor mecânico-elétrico;
- b. Conversão analógico-digital da voz;
- c. Codificação (compressão digital);
- d. Transformação do sinal digitalizado em pacotes;
- e. Adição de informações de controle de tempo real aos pacotes (cabeçalho RTP);

- f. Encapsulamento dos pacotes sobre protocolos de arquitetura TCP/IP (cabeçalhos UDP e IP).
- g. Transmissão dos pacotes.

O codificador pode mudar a codificação do sinal original digitalizado, para deixá-lo mais robusto à transmissão em determinado meio físico, por exemplo, ou para representá-lo de forma mais eficiente, eliminando informações redundantes e informações que estão além da percepção psicoauditiva humana através de algum algoritmo de compressão. A Figura 2.1 ilustra o processo completo.

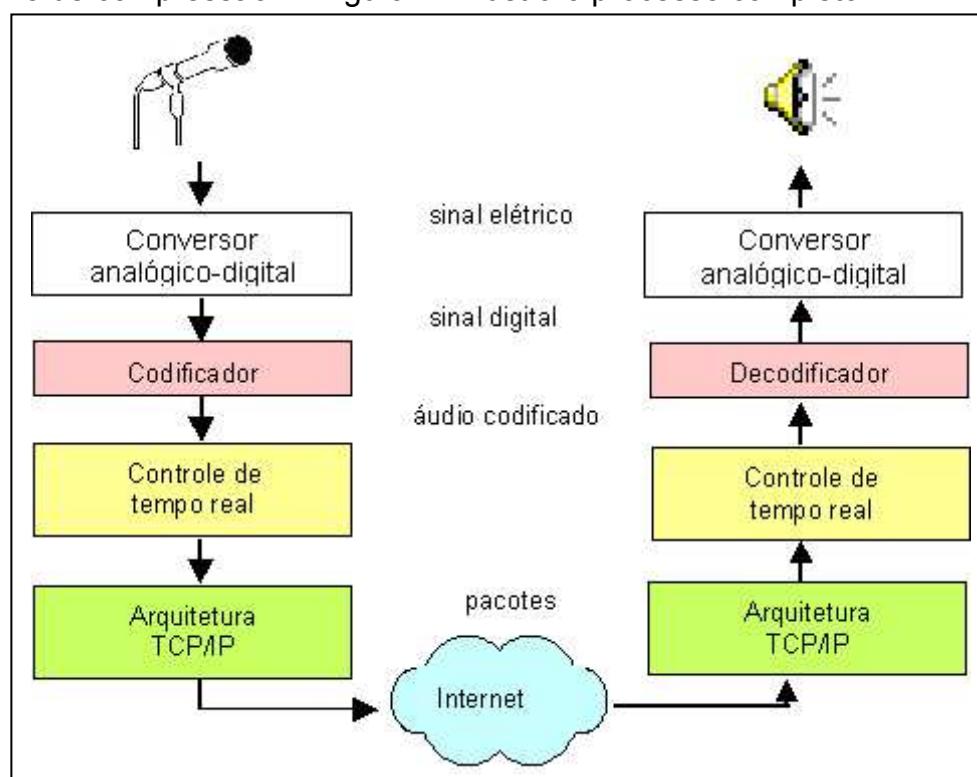


Figura 2.1 – Transmissão e recepção de pacotes de voz

Estando o sinal de áudio já representado de forma binária, ele é dividido em pacotes e encapsulado sobre o RTP, que por sua vez é encapsulado sobre o UDP. Os pacotes de áudio, apesar de ser possível, não são transportados utilizando o *Transport Control Protocol* (TCP), pois o mecanismo de retransmissão dos dados não se aplica para transmissão de voz em tempo real. A Figura 2.2 mostra o encapsulamento de áudio sobre os protocolos da arquitetura TCP/IP.

Áudio	Variável
RTP	12 a 72 Bytes
UDP	12 Bytes
IP	Variável
Camada de enlace de dados	20 a 60 Bytes

Figura 2.2 – Encapsulamento dos pacotes de áudio sobre os protocolos da arquitetura TCP/IP

A tecnologia VoIP é de tempo real, o que implica em tráfego que possui requisitos com relação ao tempo. Quando voz, vídeo ou qualquer outro tipo de tráfego real é transmitido, é necessário atender aos seguintes requisitos:

- Bit rate mínimo e/ou bit rate constante;
- Baixo atraso;
- Baixo jitter (variação do atraso);
- Reordenação dos pacotes;
- Baixa perda de pacotes.

Para tais requisitos de qualidade de serviço (QoS), pode ser necessário:

- Utilizar esquemas de priorização de tráfego na camada de rede, através do uso do campo *Type of Service* (TOS) do cabeçalho do IPv4 , cuja interpretação foi alterada, passando a ser chamado de *Differentiated Services* (DiffServ) (BLAKE, 1998) e (NICHOLS, 1998);
- Em redes locais, utilizar na camada de enlace o padrão IEEE 802.1q associado ao 802.1p (IEEE, 1998) para priorização de quadros;
- Utilizar mecanismos de reserva de banda, através do *Resource Reservation Protocol* (RSVP) (BRADEN, 1977);
- Configurar todos os equipamentos de rede para suportarem esses mecanismos.

Atraso constante ou ausência de *jitter* é uma característica desejada, mas não fundamental, para se garantir a reprodução de amostras no instante correto. A maioria dos codificadores e das implementações possuem *jitter buffers*, isto é, possuem uma certa quantidade de memória alocada para armazenar os pacotes recebidos, eliminando os efeitos prejudiciais da variação do atraso e permitindo a decodificação dos pacotes armazenado em instantes regulares. A influência do *jitter* na decodificação e reconstrução do sinal só é sentida se o pacote chegar após o instante no qual ele deveria ser reproduzido. Nesse caso, o pacote seria descartado e ocorreria um descontinuidade na reprodução do áudio.

Garantir baixo atraso é fundamental para o sucesso de comunicações bidirecionais e interativa entre pessoas. Um *round-trip time* (RTT) acima de 300 ms já começa a dificultar comunicações com essas características (ITU-T, 2000), porque para se dar sequência a uma conversa é necessária uma confirmação do ouvinte.

Se o locutor achar que essa confirmação demorou a chegar, ele irá repetir sua locução e a conversa não avançará.

Uma situação em que pacotes sequênciais de mesma prioridade podem chegar fora da ordem de sua transmissão (era para seguir o esquema *First In First Out* – FIFO) ocorre quando os pacotes são transmitidos por enlaces diferentes. Os pacotes poderiam tomar caminhos diferentes em enlaces com balanceamento de carga sem identificação do fluxo, com balanceamento *round-robin* por pacote, ou em situações de congestionamento de rede, onde um roteador pode redifinir a melhor rota para um destino. Raramente há inversão na ordem dos pacotes, mas, se ocorrer, os pacotes são reordenados, contanto que cheguem antes do seu instante de reprodução. Se não chegarem a tempo, são descartados. Como não há retransmissão de pacotes, a perda deles prejudica a reconstrução dos sinais de áudio. Dependendo do codificador utilizado, uma perda de 5% dos pacotes já é suficiente para prejudicar sensivelmente a inteligibilidade dos sinal reconstruído.

2.2 PROTOCOLO H.323

O H.323 é uma especificação que abrange de maneira completa a arquitetura e a operação de um sistema de videoconferência sobre uma rede de pacotes. O H.323 pode ser utilizado sobre os protocolos *Internet Protocol* (IP), *Internetwork Packet Exchange/Sequenced Packet Exchange* (IPX/SPX) ou *Asynchronous Transfer Mode* (ATM), e sua estrutura aborda: (OLIVIER, 2002)

- terminais de videoconferência;
- *gateways* entre uma rede H.323 e outras redes de voz e vídeo;
- *gatekeepers* que realizam o registro de terminais e admissão de chamadas, entre outras funções;
- blocos funcionais *Multipoint Control Unit* (MCU), *Multipoint Controller* (MC) e *Multipoint Processor* (MP), usados para multiconferência.

Fazendo parte da abrangência de especificações do H.323, estão vários protocolos de comunicação, como:

- **canal de sinalização de chamadas**, usado durante as fases de estabelecimento e término da chamada, similar ao funcionamento de *Integrated Services Digital Network* (ISDN). Utiliza o formato de mensagens do Q.931 e o

estende usando o elemento de informação de usuário para usuário. Este canal de sinalização é descrito em detalhes na recomendação H.225.0; (OLIVIER, 2002)

- **canal *Registration Admission Status* (RAS)**, que são as requisições de registro, admissão e status da chamada; (OLIVIER, 2002)
- **canal de controle H.245**, que é aberto no início da chamada para negociar um conjunto comum de codificadores e permanece aberto durante toda a chamada para troca de mensagens de controle. (OLIVIER, 2002)

2.3 PROTOCOLO SIP

O *Session Initiation Protocol* (SIP) é um protocolo de sinalização para estabelecer chamadas e conferências através de redes via IP. A configuração da sessão, mudança ou término é independente do tipo de mídia ou aplicação que será usada na chamada; uma chamada pode utilizar diferentes tipos de dados, incluindo áudio, vídeo e muitos outros formatos. O SIP se originou em meados dos anos 90 para que fosse fácil convidar pessoas para assistir uma sessão *multicast*.

O SIP foi modelado depois de outros protocolos de Internet baseados em texto como o *Simple Mail Transfer Protocol* (SMTP) e o *Hyper Text Transfer Protocol* (HTTP) e foi desenvolvido para estabelecer, mudar e terminar chamadas com um ou mais usuários em uma rede IP de uma maneira totalmente independente do conteúdo de mídia da chamada. Como o HTTP, o SIP leva os controles da aplicação para o terminal, eliminando a necessidade de uma central de troca.

Os principais componentes da arquitetura do SIP são:

Agente do Usuário SIP

O Agente do Usuário é o terminal SIP ou o software de estação final. O Agente do Usuário funciona como um cliente no pedido de inicialização de sessão e também age como um servidor quando responde a um pedido de sessão. Dessa forma, a arquitetura básica é cliente/servidor. O Agente do Usuário é “inteligente”, com isso ele armazena e gerencia situações de chamada. O Agente do Usuário faz chamadas utilizando um endereço parecido com o de e-mail ou número de telefone (E.164). Como por exemplo: SIP:user@proxy.university.edu. Isso faz *Universal*

Resource Locator (URLs) SIP fáceis de associar com o endereço de e-mail do usuário. O Agente do Usuário pode aceitar e receber chamadas de outro Agente do Usuário sem requerer nenhum componente adicional do SIP. Esses componentes restantes fornecem gerenciamento e funcionalidades adicionais.

Servidor Proxy SIP

Um tipo de servidor intermediário do SIP é o Servidor *Proxy* SIP. O Servidor *Proxy* SIP passa requisições adiante do Agente do Usuário para o próximo servidor SIP e também retém informações com a finalidade de contabilidade/faturamento. Além disso, o Servidor *Proxy* SIP pode operar com comunicação *stateful* (por exemplo, como um circuito) ou *stateless* (como um TCP, por exemplo). O servidor SIP *stateful* pode enviar chamadas de um usuário para diferentes locais, desde que ele esteja ativo no sistema. Assim a conexão poderá ser completada em uma das várias extensões (*desktop* SIP, aplicações de videoconferência, etc.) ativas. A primeira conexão que for completada automaticamente desativará as chamadas para as outras conexões.

Essa capacidade significa que se pode especificar que um telefone de *desktop* SIP e aplicações de videoconferência SIP podem “TOCAR” (como uma chamada telefônica, por exemplo) ao mesmo tempo para uma mesma chamada, e ao atender a primeira dessas locações e começar a conversar a outra locação para de tocar. O Servidor *Proxy* SIP pode utilizar múltiplos métodos para tentar resolver o pedido de endereço de *host*, incluindo busca de DNS, busca em base de dados ou retransmitir o pedido para o “próximo” Servidor *Proxy*.

Servidor de Redirecionamento SIP

Um outro tipo de servidor intermediário do SIP é o Servidor de Redirecionamento SIP. A função do Servidor de Redirecionamento SIP é fornecer a resolução de nome e locação do usuário. O Servidor de Redirecionamento SIP responde ao pedido do Agente do Usuário fornecendo informações sobre o endereço do servidor para que o cliente possa contatar o endereço diretamente.

Registrador SIP

O Registrador SIP fornece um serviço de informação de localidades, ele recebe informações do Agente do Usuário e armazena essa informação de registro. A arquitetura do SIP faz uso do *Session Description Protocol* (SDP). O SDP é uma ferramenta de conferência *multicast* via IP desenvolvida para descrever sessões de áudio, vídeo e multimídia. Qualquer tipo de *Multipurpose Internet Mail Extension* (MIME) pode ser descrita, similar à habilidade do e-mail de suportar todos os tipos de anexos em mensagens. A descrição da sessão pode ser usada para negociar uma aceitação de um conjunto de tipos de mídias compatíveis.

Como resultado dessa arquitetura, o endereço do usuário SIP remoto sempre é o mesmo (ex.: `sip:user@proxy.univ.edu`), mas ao invés de estar amarrado a um endereço estático, ele se comporta como um endereço dinâmico que reflete o endereço de locação atual da pessoa remota. A combinação de *Proxy* e Servidor Redirecionador dá ao SIP grande flexibilidade de arquitetura; o usuário pode empregar vários esquemas simultaneamente para usuários localizados e é o que faz a arquitetura do SIP ser bem adaptada para suportar mobilidade. Mesmo quando o usuário remoto é móvel, o *Proxy* e o Redirecionador podem ser usados para passar adiante o pedido de conexão para o usuário da locação atual. As sessões podem envolver múltiplos participantes, similar a uma chamada multiponto H.323. Comunicações dentro de uma sessão em grupo podem ser via *multicast* ou uma rede de chamadas *unicast*, ou até mesmo uma combinação dos dois.

Um outro resultado da arquitetura do SIP é a sua adequação natural como um ambiente de colaboração devido a suas habilidades de apresentar múltiplos tipos de dados, aplicações, multimídia, etc. com uma ou mais pessoas.

3 ARQUITETURAS VoIP

Existem basicamente três tipos de arquitetura VoIP: arquitetura com sinalização H323, arquitetura com sinalização SIP e arquitetura em que os dois tipos de sinalização são utilizados.

3.1 ARQUITETURA VoIP COM SINALIZAÇÃO H.323

A recomendação H.323 da ITU-T é um conjunto de especificações (H.323, H.225, H.245, H.235, H322, etc) para conferências multimídia em redes baseada em pacotes que não garantem qualidade de serviço.

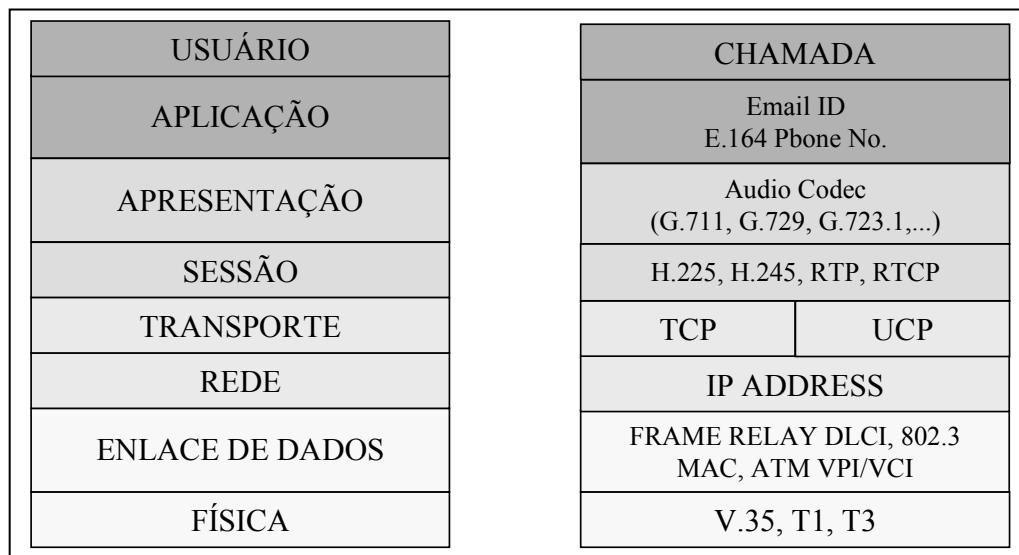


Figura 3.1 – Camadas TCP/IP H.323

A comunicação utilizando a sinalização H.323, segundo OLIVER (2002), se dá em quatro fases: inicialização da chamada, estabelecimento do canal de controle, início da chamada e diálogo.

Primeira fase: inicializando a chamada

Nesta fase é utilizada a recomendação H.225 com o emprego de mensagens como: *setup*, *alerting*, *connect*, *release complete*, *status facility*, *call proceeding*, *status* e *status enquiry*, que são mensagens de controle de chamada na interface usuário-rede.

Segunda fase: estabelecendo o canal de controle

Neste momento inicia o controle da chamada e a negociação da capacidades, como, por exemplo, que codecs podem ser empregados na comunicação, utilizando as recomendações H.245. A determinação dos papéis de mestre e escravo, que é útil para assinalar uma ação que pode ser executada por um dos terminais durante a conversação, como, por exemplo, à abertura de canais lógicos, também é executada nesta fase.

Terceira fase: início da chamada

A abertura de canais de mídia para voz e áudio é efetuada nesta etapa.

Quarta fase: diálogo

Durante o diálogo, portas RTP/RTCP são utilizadas para sessões de áudio, vídeo e dados.

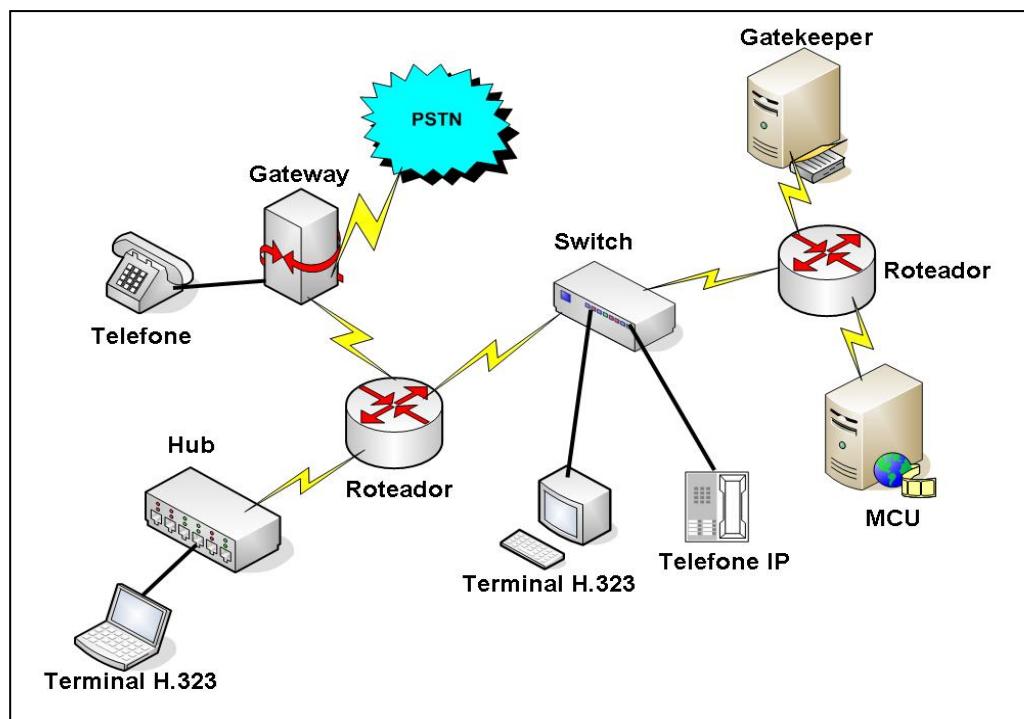


Figura 3.2 – Ambiente H.323 típico.

Pode existir ainda uma quinta fase que não é explicitamente citada por OLIVER (2002), que é o término da chamada, quando qualquer das duas pontas envolvidas na comunicação pode encerrar a chamada.

A Figura 3.3 mostra os componentes da sinalização H.323.

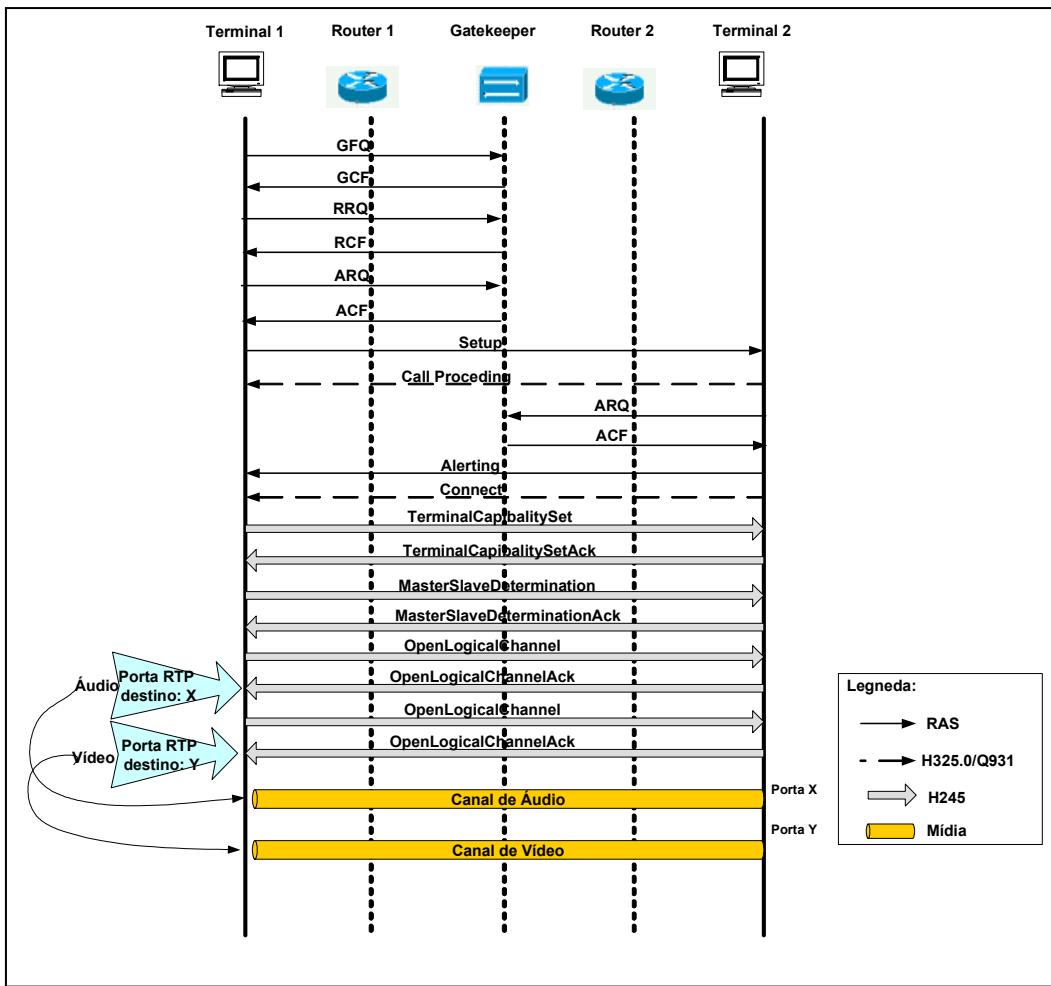


Figura 3.3 – Sinalização H.323.

Abaixo estão discriminadas as requisições utilizadas na Figura 3.3 COSTA (2003), LUSTOSA (2004), OLIVER (2002), :

GRQ (*GatekeeperRequest*) – mensagem *multicast* enviada para o endereço de grupo 224.0.1.41 na porta 1718 para descobrir o *gatekeeper*;

GCF (*GatekeeperConfirm*) – mensagem devolvida pelo *gatekeeper* para o Terminal 1 informando o seu nome, endereço *unicast* e a porta que usa para mensagens RAS;

RRQ (*RegistrationRequest*) – depois de descoberto o *gatekeeper*, o Terminal 1 emite uma mensagem RRQ para se registrar;

RCF (*RegistrationConfirm*) – como o *gatekeeper* aceitou o registro, ele envia uma mensagem RCF para o Terminal 1. Caso o *gatekeeper* não aceite o registro, ele envia uma mensagem RRJ (*RegistrationReject*);

ARQ (*Admission Request*) – mensagem em que o Terminal 1 solicita permissão ao *gatekeeper* para estabelecer uma chamada para o Terminal 2;

ACF (*Admission Confirm*) – mensagem de retorno do *gatekeeper* ao Terminal 1 aceitando o estabelecimento da chamada se o usuário for válido e houver recursos disponíveis;

Setup – mensagem de início de uma chamada, que contém informações importantes para a manutenção da comunicação, como descrição do equipamento que está chamando (PC, *gatetway*, MCU), identificador da chamada (*Call Identifier*), entre outros;

CallProceeding – resposta do Terminal 1 para o Terminal 2 onde consta que informações para o estabelecimento da chamada foram recebidas e que informações adicionais não serão mais aceitas;

ARQ – mensagem em que o Terminal 2 solicita permissão ao *gatekeeper* para responder uma chamada do Terminal 1;

ACF – mensagem de retorno do *gatekeeper* ao Terminal 2 informando que aceita a resposta a chamada;

Alerting – aviso para o Terminal 1 que existe uma chamada;

Connect – informação que o Terminal 2 aceitou a chamada;

TerminalCapabilitySet – mensagem que carrega uma tabela de capacidades do Terminal 1, como por exemplo, *codecs* suportados;

TerminalCapabilitySetAck – mensagem em que o Terminal 2 confirma ao Terminal 1 as capacidades que ele aceita, ou seja, são comuns ao dois;

MasterSlaveDetermination – mensagem que contém um número aleatório que reflete as capacidades do Terminal 1, então o Terminal 2 compara com as suas capacidades para decidir quem é mestre ou escravo (o H.323 prioriza na escolha para *master* os MCUs em relação aos *gatekeepers*, *gatekeepers* em relação aos *gateways* e *gateways* em relação aos terminais);

MasterSlaveDeterminationAck – confirmação do Terminal 2 da mensagem *MasterSlaveDetermination* recebida;

OpenLogicalChannel – informação da porta de áudio ou vídeo que o Terminal 1 trabalha;

OpenLogicalChannelAck – confirmação da informação da porta de áudio ou vídeo que o Terminal 1 trabalha;

OpenLogicalChannel – informação da porta de áudio ou vídeo que o Terminal 2 trabalha;

OpenLogicalChannelAck – confirmação da informação da porta de áudio ou vídeo que o Terminal 2 trabalha.

3.2 ARQUITETURA VoIP COM SINALIZAÇÃO SIP

Segundo HANDLEY (1999), SIP é um protocolo que pode estabelecer, modificar ou terminar sessões ou chamadas multimídia. Essas sessões multimídia incluem ensino a distância, telefonia IP e aplicações similares.

O SIP possui como características: seguir a arquitetura cliente servidor, executar redirecionamento de chamadas, ser flexível, codificado em texto, trabalha em conjunto com outros protocolos Internet (HTTP, RTSP, SNMP, SMTP) e suas sessões podem incluir vídeo, voz, chat, mensagens instantâneas, jogos interativos e realidade virtual, COSTA (2003).

Como descrito anteriormente, os componentes da arquitetura são: Agente do Usuário SIP (cliente SIP), Servidor Proxy, Servidor de Redirecionamento e Registrador SIP, conforme pode ser visto nas Figura 3.4.

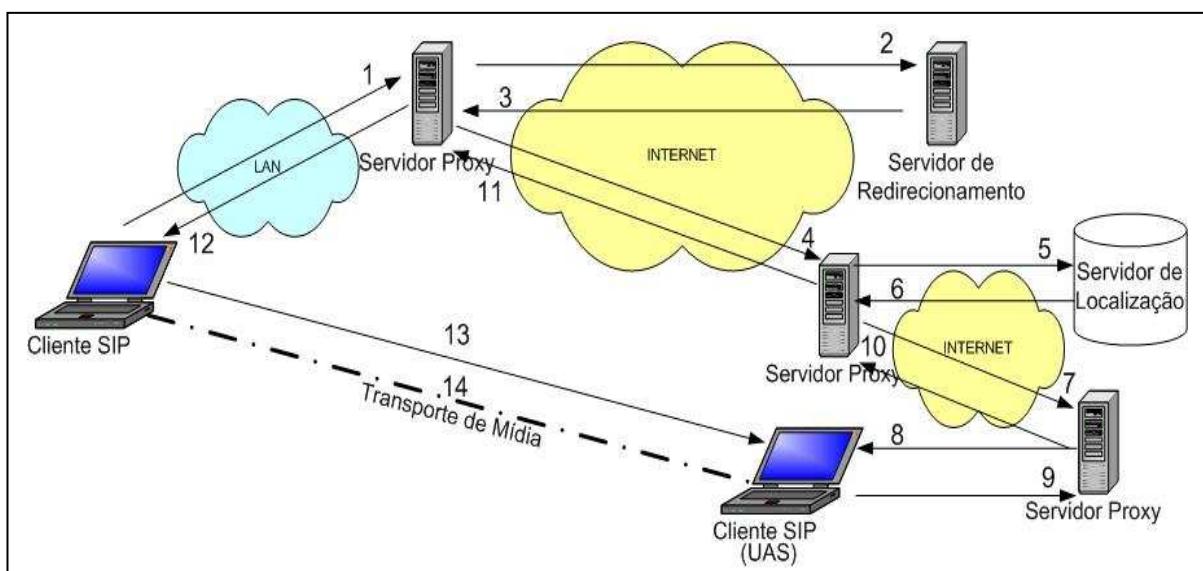


Figura 3.4 – Ambiente SIP típico.

Abaixo estão discriminadas as requisições utilizadas na Figura 3.5 HANDLEY (1999), OLIVER (2002), ROSENBERG (2002):

- 1 *INVITE* – Convite do usuário Alice ao Servidor *Proxy* para que ele verifique o domínio biloxi.com;
- 2 *Trying* – Como não foi recebida resposta final para a requisição *INVITE*, o Servidor *Proxy* emite uma requisição *Trying* para o usuário Alice informando que ainda não obteve a resposta da localização do usuário Roberto;
- 3 *DNS Query* – Consulta do Servidor *Proxy* ao Servidor de DNS sobre o domínio biloxi.com;
- 4 *Response* – Reposta do Servidor de DNS para o Servidor *Proxy* sobre a consulta;
- 5 *INVITE* – Após o Servidor *Proxy* (15.16.17.18) receber a resposta da localização do domínio biloxi.com do Servidor de DNS, ele envia a requisição de *INVITE* ao Servidor *Proxy* (192.0.2.4) responsável pelo domínio;
- 6 *Trying* – Como não foi recebida resposta final para a requisição *INVITE*, o Servidor *Proxy* (192.0.2.4) emite uma requisição *Trying* para o Servidor *Proxy* (15.16.17.18) informando que ainda não obteve a resposta da localização do usuário Roberto;
- 7 *LS Query* – O Servidor *Proxy* (192.0.2.4) solicita ao Servidor de Localização o endereço do usuário Roberto;
- 8 *Response* – Resposta do Servidor de Localização para o Servidor *Proxy* (192.0.2.4) sobre o endereço de Roberto (roberto@1.2.3.4);
- 9 *INVITE* – Agora com a localização do usuário Roberto o Servidor *Proxy* (192.0.2.4) envia a requisição para o usuário final;
- 10, 11, 12 *Ringing* – Informação que o usuário Roberto recebeu a requisição *INVITE* do usuário Alice;
- 13, 14, 15 *OK* – Requisição do usuário Roberto para o usuário Alice informando que a chamada foi recebida, entendida e aceita com sucesso;
- 16 *ACK* – Confirmação do usuário Alice para o usuário Roberto do *OK* recebido;
- 17 *Media* – Informação do usuário Roberto para o usuário Alice sobre a mídia que ele vai usar na chamada.

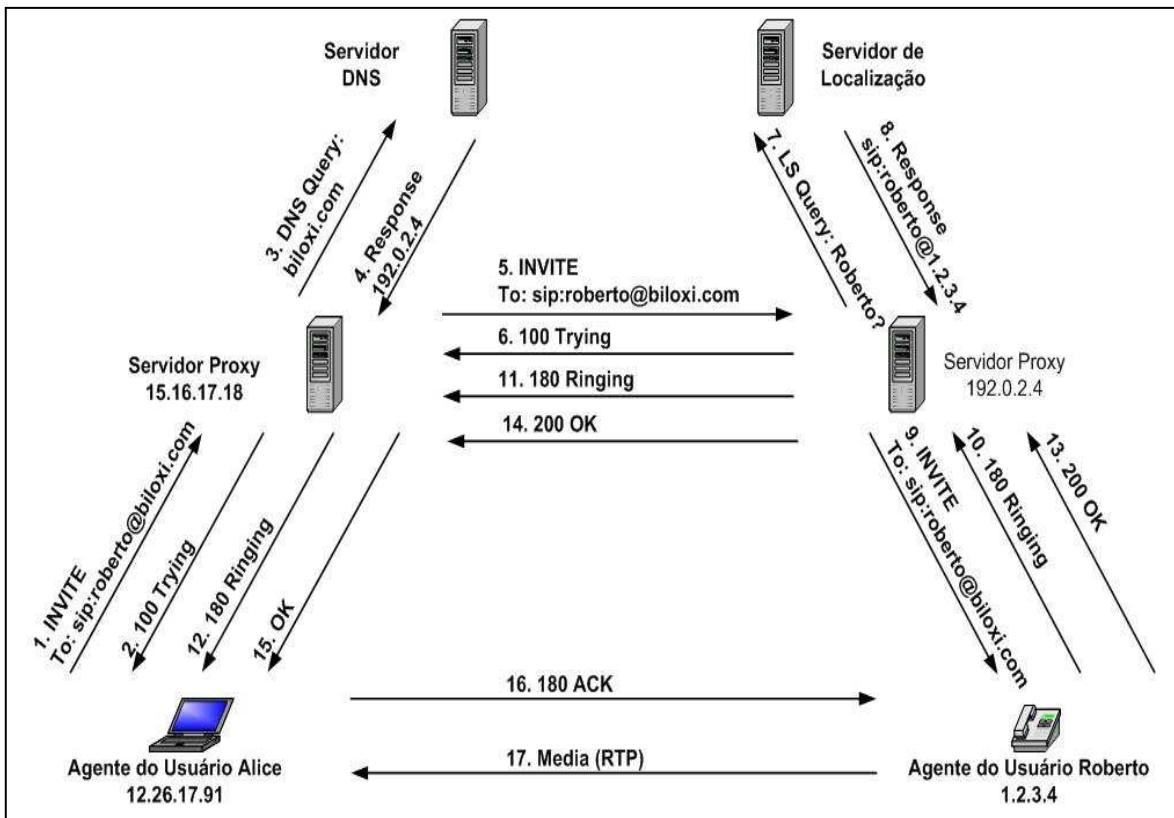


Figura 3.5 – Sinalização SIP

3.3 INTEROPERAÇÃO SIP H.323

Como os protocolos SIP e H.323 trabalham com requisições diferentes existem problemas na interoperação, como LUSTOSA (2004), OLIVER (2002):

- diferenças de descrição de mídia;

O protocolo SIP escolhe dinamicamente a mídia a partir de uma lista de modos suportados e o protocolo H.323 declara a mídia com mais exatidão.

- diferenças de serviço e segurança;

Algumas diferenças básicas entre H.323 e SIP quanto à segurança e serviço são: na execução de uma conferência o H.323 controla a sinalização de modo centralizado através do MC, e o SIP descentraliza o controle através do uso de *multicast*; em termos de segurança o H.323 utiliza a recomendação H.235, e o SIP usa métodos como *Basic*, *Digest* e PGP.

- diferença das chamadas do H.323 e do SIP;

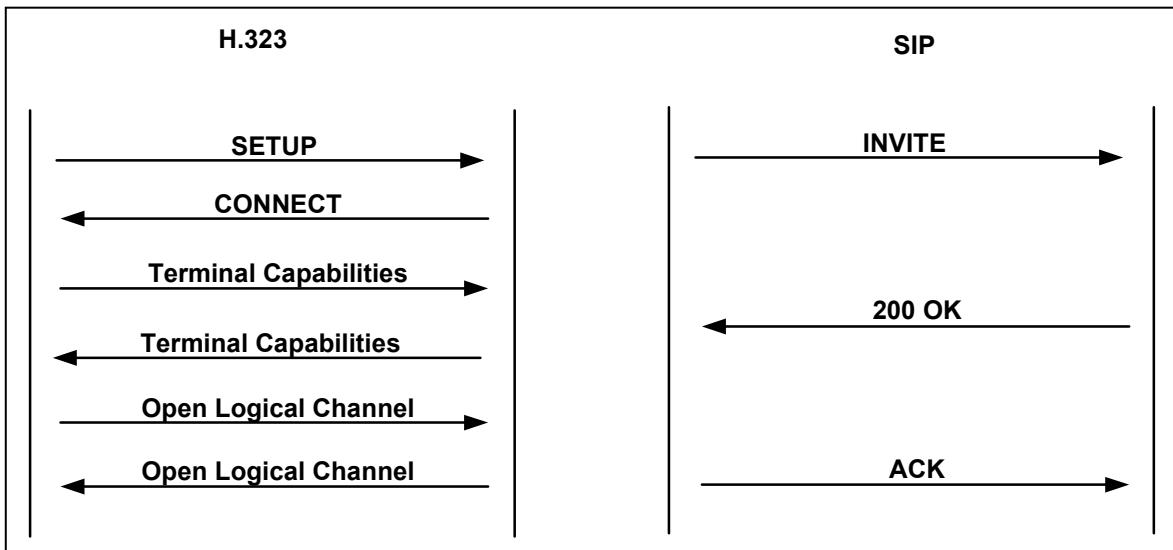


Figura 3.6 – Diferença de sinalização entre uma chamada H.323 e uma chamada SIP

- diferentes formas de localização do usuário;

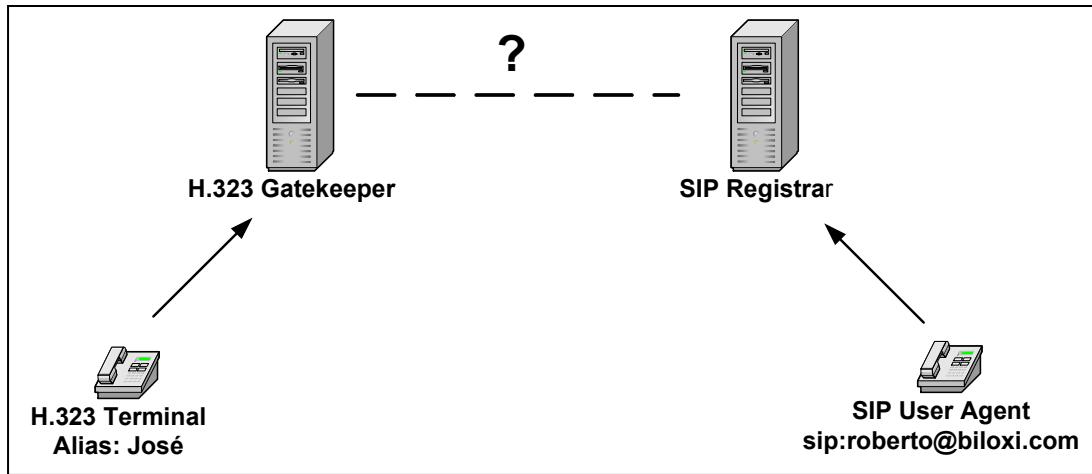


Figura 3.7 – Diferença de localização de usuário entre H.323 e SIP

Para integrar H.323 e SIP, já que trabalham de maneiras bem distintas, é necessário à utilização de um *Signaling Gateway* (SGW). Como o transporte da mídia é o mesmo nos dois protocolos (RTP/UDP/IP), a transferência de áudio e vídeo fica sempre transparente para o SGW. A tarefa de interoperação envolve apenas sinalização e descrições de sessões, sendo possível que um único servidor SGW possa atender a grandes cargas de requisições e respostas, sem comprometer os protocolos SIP/H323 RIBEIRO (2001) .

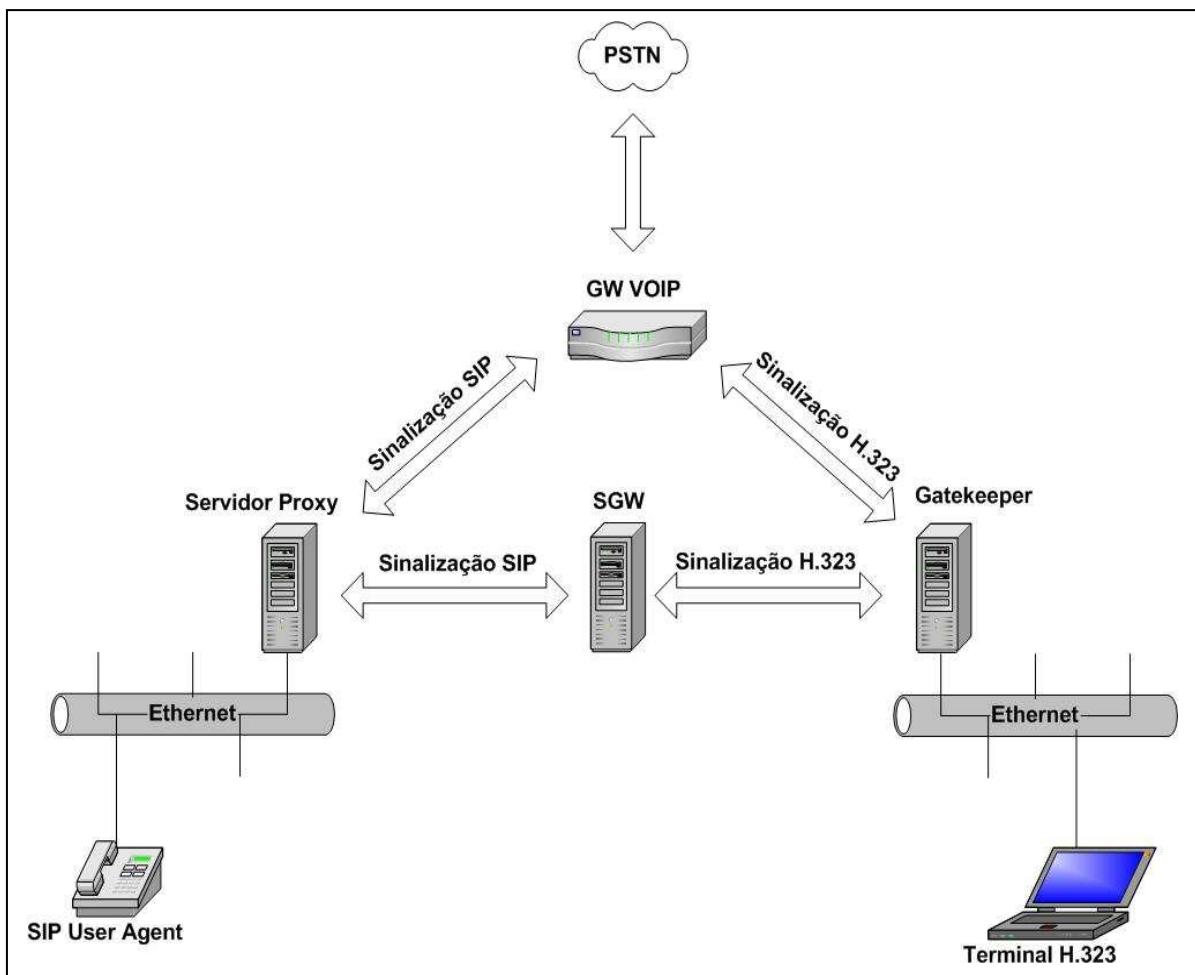


Figura 3.8 – Arquitetura SIP/H323

4 SOFTWARE LIVRE VOIP

4.1 OPENH.323

O OpenH.323 desenvolveu uma implementação aberta do protocolo H.323 e é composto por uma família de aplicativos, abaixo discriminados (OPENH323, 2003):

- *OhPhone – command line H.323;*
- *OpenMCU – H.323 conferencing server;*
- *OpenAM – H.323 answering machine;*
- *OpenIVR – interactive voice response;*
- *OpenGK – H.323 gatekeeper;;*
- *PSTNGw – H.323 to PSTN gateway;*
- *CallGen323 – H.323 call generator;*
- *T38 Modem – Fax modem to T.38 modem.*

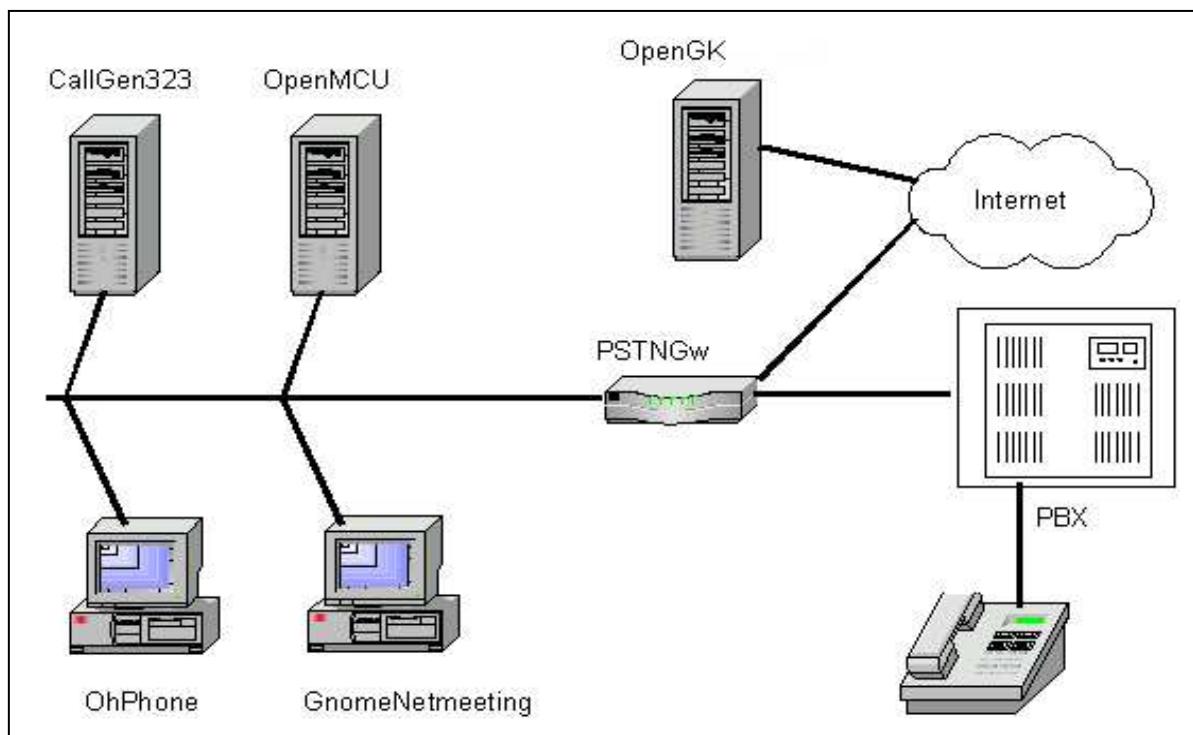


Figura 4.1 – Funcionamento do OpenH323

4.2 SER

O SIP *Express Router* (SER) é um servidor VoIP baseado em SIP extremamente configurável, que permite criar várias políticas de roteamento e admissão, assim como a configuração de serviços novos e personalizados. Inclui

suporte para atuar como o servidor registrar, *proxy* e redirecionamento. É suportado pelas arquiteturas Linux e Unix.

4.3 ASTERISK

O Asterisk é um software livre de PABX (Private Automated Branch Exchange) que pode rodar em plataforma Linux e outras plataformas Unix com ou sem hardware conectando a rede pública de telefonia, *Public Service Telephony Network* (PSTN) GONÇALVES (2005).

O Asterisk permite conectividade em tempo real entre redes PSTN e redes VoIP.

Este software permite não apenas uma excelente opção de troca do PABX, mas também possibilita a criação de novas abordagens em telefonia, como:

- conectar empregados trabalhando de casa para o PABX da empresa sobre conexões de banda larga;
- conectar empresas em vários estados sobre IP através da Internet ou por rede IP privada;
- dar aos funcionários correio de voz integrado com a “web” e seu e-mail;
- construir aplicações de resposta automática por voz, que podem conectar o usuário ao sistema de pedidos, por exemplo, ou ainda outras aplicações;
- dar acesso ao PABX da empresa para usuários que viajam, conectando sobre VPN de um aeroporto ou hotel.

Recursos suportados pelo Asterisk:

- música em espera para usuários esperando em filas, suportando *streaming* de mídia assim como música em MP3;
- filas de chamada onde agentes de forma conjunta atendem as chamadas e monitoram as filas;
- integração para sintetização da fala;
- registro detalhado de chamadas para integração com sistemas de tarifação;
- integração com reconhecimento de voz; e
- a habilidade de interfacear com linhas telefônicas normais, ISDN em acesso básico (2B + D) e primário (30B + D).

4.4 HARDWARE E SOFTWARE CLIENTE

O mundo da telefonia por Internet pode ser acessado por *hardware* específico ou por *softphones*, que são pequenos programas que permitem conversas VoIP e funcionam com placas de som, microfone e caixas de som externas. O Anexo I discrimina alguns *softphones* com as suas características e o Anexo II mostra os *hardwares* cliente para VoIP.

5 AMBIENTE DO CENTRO DE ESTUDOS DE PESSOAL

5.1 REDE INSTALADA

A LAN do CEP conta com aproximadamente 250 estações de trabalho; 3 roteadores Cisco, dois 2522 e um 1700, e um roteador Huawei Quidway 1600; 14 Switchs, sendo 4 gerenciáveis; 12 Hubs e 3 equipamentos de videoconferência *Polycom View Station* que funcionam utilizando somente o protocolo H.323. O IP da rede é 10.1.44.0/22 e não há segmentação da rede nem VPNs estabelecidas. Existem 5 Estabelecimentos de Ensino do Exército Brasileiro localizados nos bairros de Deodoro e Realengo ligados ao CEP através de conexões de Serviço por Linha Dedicada para Sinais Digitais (SLDD) de 128 kbps e 64 kbps, todos compartilhando uma saída de 2Mbps para a Internet através da Rede Rio. O roteador Cisco 1700 está conectado a uma VPN dos Estabelecimentos de Ensino e o Quidway 1600 a Intranet do Exército, ambos a 128 Kbps, conforme a Figura 5.1.

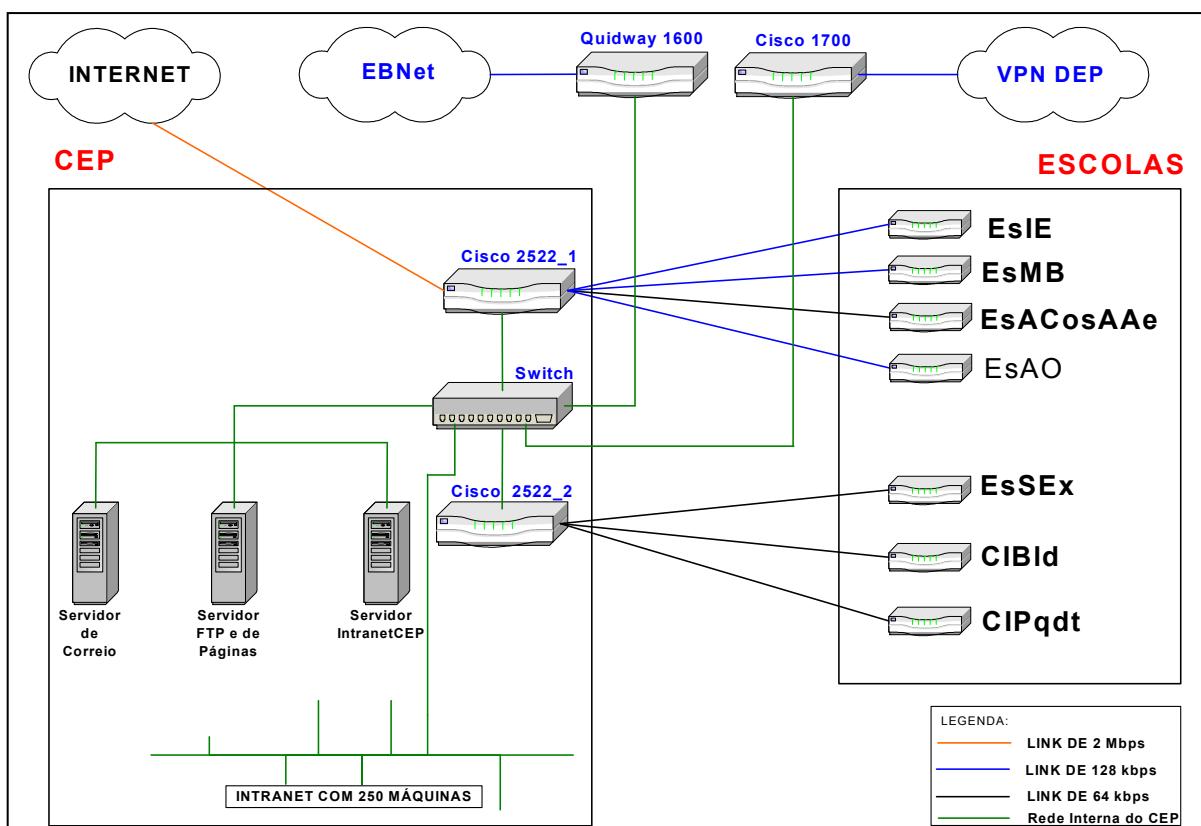


Figura 5.1– Rede do Centro de Estudos de Pessoal

5.2 PABX

O CEP possui uma central telefônica modelo SOPHOS S-1000 que aceita telefones digitais e analógicos. Atualmente dos 106 (cento e seis) ramais analógicos e 03 (três) ramais digitais que poderiam estar em pleno funcionamento, apenas 20% deste total está ativo, em função do precário estado da fiação. Em função desta situação, quando se deseja falar com uma dependência em que existe ramal distribuído e este se encontra inoperante, é preciso utilizar uma linha externa.

Este modelo de central é muito antiga (atualmente só existem duas unidades no estado do Rio de Janeiro), característica que eleva o custo de manutenção e dificulta a reposição de peças danificadas. No ano de 2004 esta central ficou indisponível por cerca de seis meses.

Atualmente não existe aplicativo de tarifação e como consequência não há qualquer controle estatístico dos gastos telefônicos. Para executar uma estimativa de custos telefônicos é necessário fazer o levantamento consultando a contas das diversas operadoras.

5.3 PER FIL DOS GASTOS TELEFÔNICOS

O CEP possui 47 (quarenta e sete) linhas telefônicas todas digitais.

Foram analisadas 35 (trinta e cinco) contas telefônicas referentes ao período de janeiro a maio de 2005, num total de R\$ 38.989,97 (trinta e oito mil novecentos e oitenta e nove reais e noventa e sete centavos) assim discriminados:

- R\$ 16.662,80 (dezesseis mil seiscientos e sessenta e dois reais e oitenta centavos), são ligações locais, serviços e impostos. Como exemplo de tarifação de serviços, podem ser citados a cobrança de tarifas de bloqueio de ligação para telefones celulares e bloqueio de interurbanos, que são discriminados por linha telefônica;
- R\$ 11.890,23 (onze mil oitocentos e noventa reais e vinte e três centavos) foram gastos com ligações para telefones celulares na área da cidade do Rio de Janeiro, com aproximadamente 7.454 (sete mil quatrocentos e cinqüenta e quatro) ligações; e

- R\$ 10.436,94 (dez mil quatrocentos e trinta e seis e noventa e quatro centavos) foram gastos em ligações interurbanas, com aproximadamente 2.697 (dois mil seiscentos e noventa e sete) ligações, como pode ser verificado na Figura 5.2.

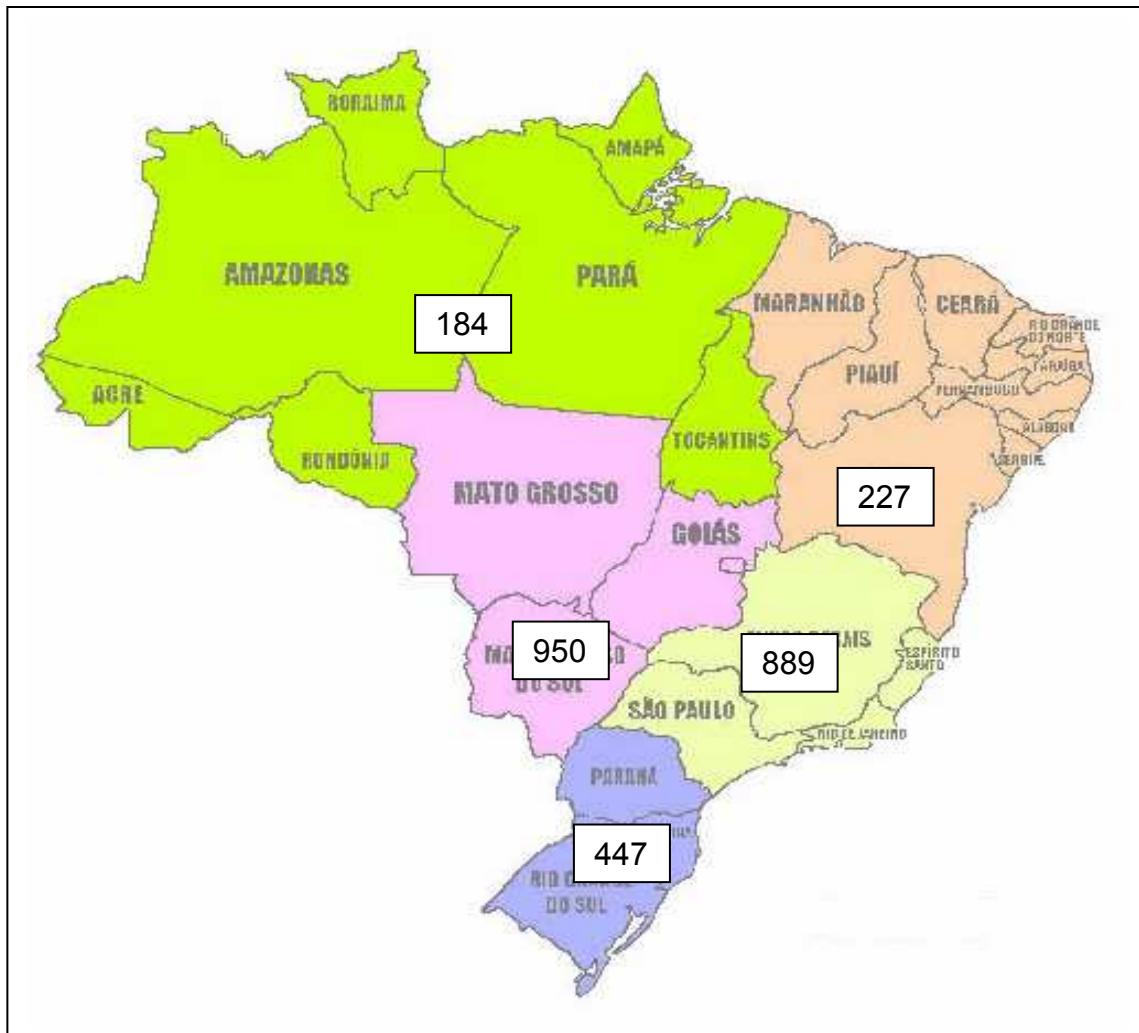


Figura 5.2 – Quantidade de ligações telefônicas interurbanas do CEP para as Regiões do Brasil

5.4 ENSINO A DISTÂNCIA

O CEP possui atualmente cerca de 2.133 (dois mil cento e trinta e três) alunos nos seguintes Cursos a Distância:

- Cursos destinado a militares e gerenciado pelo CEP - intensivo de Idiomas, nos idiomas: alemão, espanhol, francês, inglês e russo, num total de 384 (trezentos e oitenta e quatro) alunos;
- Cursos destinado a militares e civis e realizados em convênio do CEP com Universidades Federais - Coordenação Pedagógica, Psicopedagogia e

Orientação Educacional, Gestão Estratégica de Recursos Humanos, em convênio com a Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, num total de 940 (novecentos e quarenta) alunos; Sistemas Modernos de Telecomunicações, Instrumentação para o Ensino de Matemática e Criptografia e Segurança em Redes, em convênio com a Universidade Federal Fluminense, num total de 809 (oitocentos e nove) alunos.

Conforme pode ser visto na Figura 5.2, os alunos dos Cursos a Distância do CEP são encontrados em todas as Regiões do Brasil e em três países (Angola, Argentina e Paraguai), o que de certo modo dificulta a comunicação mútua. Atualmente existem duas formas de comunicação com os alunos: através de e-mail ou através de ligação telefônica. A utilização do e-mail apresenta como grande vantagem o baixo custo, porém não garante a interatividade da comunicação em tempo real. Já o telefone é interativo, porém o seu custo é muito elevado.

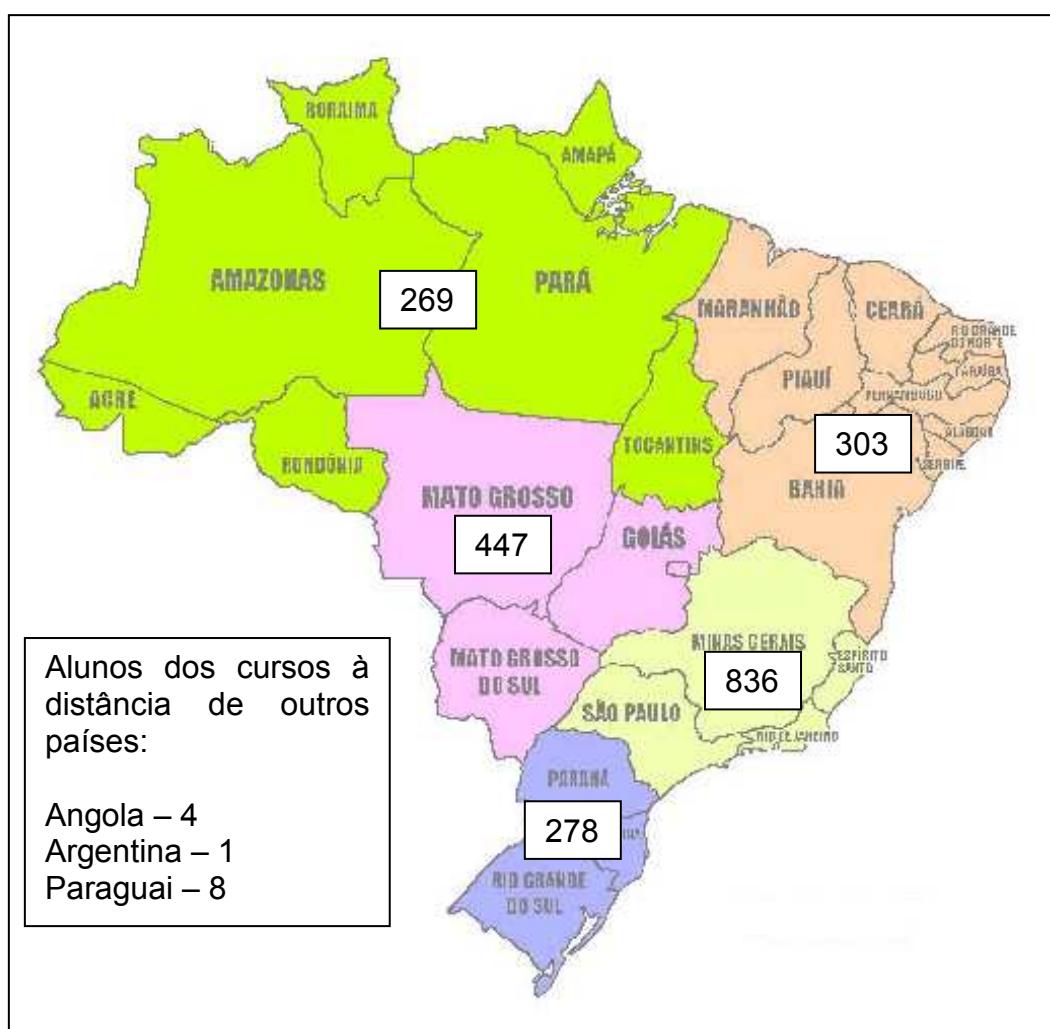


Figura 5.3 – Distribuição dos alunos dos cursos à distância pelas Regiões do Brasil

6 PROPOSTA DE IMPLEMENTAÇÃO DE VOIP NO CEP

A situação atual do sistema de telefonia onde para ser efetivada uma ligação para uma dependência onde o ramal do PABX não esteja funcionando é necessário à utilização de uma linha externa, permite sugerir algumas medidas para solucionar o problema, tais como: implantação do Asterisk para ser utilizado como PABX através da rede de dados sem integrá-lo à telefonia convencional e implantação do Asterisk para ser utilizado como PABX através da rede de dados integrado à telefonia convencional.

No caso de utilização do Asterisk existem diferentes maneiras de empregá-lo com diferentes custos. Conforme já citado, o CEP possui três equipamentos de videoconferência que só utilizam o protocolo H.323 para transmissões VoIP. Existem duas possibilidade de implementação: emprego de equipamentos e softwares que utilizam somente o protocolo H.323 nas transmissões VoIP, desta maneira procura-se aproveitar as características do hardware disponível, e emprego de equipamentos e softwares que podem utilizar os protocolos H.323 e SIP. Nos dois casos, por motivo de segurança, também existem duas possibilidades de arquitetura: utilização de um servidor de autenticação para que somente usuário cadastrados possam fazer uso dos serviços, e utilização de VPN nas transmissões VoIP, que em relação à primeira possibilidade é mais seguro.

Cabe ressaltar nas implementações até este ponto citadas levam em consideração somente à utilização de telefones IPs ou *softphones*, os telefones analógicos com os equipamentos citados não podem ser utilizados. Para que os telefones analógicos possam ser utilizados é necessário o uso de adaptadores ou placas FXS (Foreign Exchange Subscriber) integradas aos PCs.

6.1 LEVANTAMENTO CUSTOS PARA IMPLEMENTAÇÃO DE VOIP NO CEP

6.1.1 Uso de Asterisk como PABX sem integrá-lo à telefonia convencional

Neste tipo de solução poderão ser utilizados quatro PCs como servidores, no caso da utilização de softwares que utilizem os protocolos H.323 e SIP (SER,

Asterisk e GnuGK), e dois PCs como servidores se os softwares utilizarem somente H.323 (Asterisk e GnuGK) ou somente SIP (Asterisk e SER).

As máquinas podem ter as seguintes características: Pentium IV ou AMD Athlon, 512 MB de memória, dois HDs (o segundo HD para ser utilizado com *bacup* do primeiro), os demais componentes e periféricos do PC, como placa de rede, mouse, teclado, monitor, leitor ou gravador de CDROM ou DVD e um dispositivo de *nobreak*. Com estas especificações cada PC custa atualmente cerca de R\$ 2.000,00 (dois mil reais) a R\$ 3.500,00 (três e quinhentos reais), já considerando o dispositivo de *nobreak*, o que custará na pior alternativa que é o emprego de quatro máquinas, R\$ 14.000,00 (quatorze mil reais).

Conforme já citado, existe também a possibilidade de utilização dos telefones analógicos juntamente com esta solução, basta acrescentar uma placa FXS aos PCs em que se queira ligar os telefones (Figura 6.1), ou utilizar adaptadores. O custo médio das placas FXS é de R\$ 300,00 (trezentos reais) e dos adaptadores é R\$ 700,00 (setecentos reais). Os diferentes tipos e valores das placas FXS e dos adaptadores podem ser observados no Anexo III.

Neste trabalho só foram analisadas softwares GPL para os servidores (SER, Asterisk e GnuGK) e por esta razão não apresentam custos. Para os clientes também podem ser utilizados softwares GPL, softwares proprietários ou telefones IP, conforme pode ser verificado nos Anexos I e II.

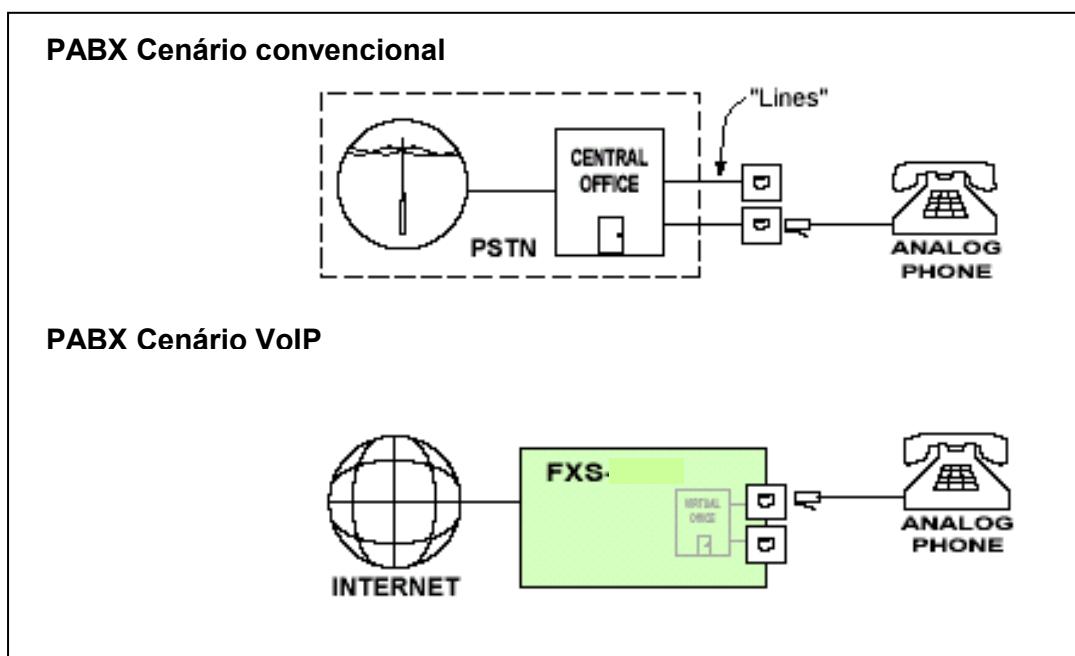


Figura 6.1 – Utilização da interface FXS

6.1.2 Uso do Asterisk como PABX integrado à telefonia convencional

Se houver necessidade de integração entre PABX e telefonia convencional poderão ser utilizados 3 PCs como servidores idênticos aos da solução anterior (mesmas características e custos), e mais uma máquina com maior capacidade de processamento que poderá receber o acréscimo de uma interface chamada de Foreign Exchange Office (FXO), como pode ser visto na Figura 6.2. É necessário uma máquina com maior capacidade de processamento porque a interface FXO poderá ter como característica, por exemplo, ser compatível com troncos E1 ou T1 na ligação com o PABX. Esta máquina poderá ter como características: bi-processada, fonte redundante, capacidade para RAID via hardware e HDs hot-swap SCSI, o que eleva o seu custo para aproximadamente R\$ 15.000,00 (quinze mil reais), que somado as outras três máquinas mais a interface FXO pode chegar a R\$ 26.000,00 (vinte e seis mil reais).

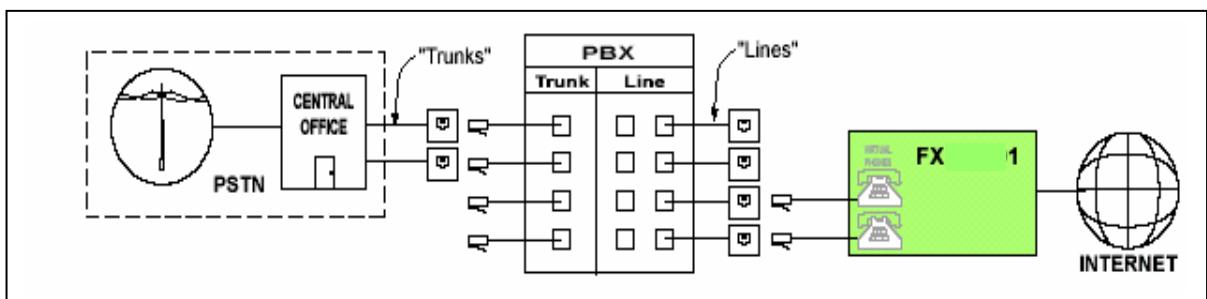


Figura 6.2 – Utilização da interface FXO

O custo médio de uma interface FXO é de R\$ 500,00 (quinhentos reais).

Como no caso anterior se houver necessidade da utilização dos telefones analógicos, basta utilizar as interfaces FXS ou adaptadores.

6.2 ARQUITETURA QUE UTILIZA SOMENTE O PROTOCOLO H.323

Como pode ser visto nos Anexos I e II, talvez pela simplicidade do protocolo SIP e sua similaridade com os protocolos utilizados na Internet como o HTTP e SNMP, ele está tornando-se o protocolo padrão para transmissões VoIP. Em contrapartida ao empregar uma arquitetura que somente utilize o protocolo H.323,

tem-se a vantagem de que a uniformização de equipamentos simplifica a arquitetura, porém dificulta a escalonabilidade, pois há a tendência do H.323 ser completamente substituído pelo SIP. Porque então o CEP adotaria uma arquitetura que utilize somente o protocolo H.323? Como o CEP já possui três equipamentos de videoconferência que trabalham somente com o protocolo H.323, uma perspectiva é que somente sejam utilizados equipamentos que suportem este protocolo.

Um tipo de arquitetura que poderá ser utilizado é com o emprego de um servidor de autenticação para que somente usuários cadastrados possam acessar os serviços (neste caso seria feita a implantação prévia e individualizada de todos os alunos dos cursos à distância). Assim o usuário, de qualquer ponto do Brasil, ao utilizar um acesso por linha discada ou preferencialmente um acesso por banda larga, através de um *softphone* ou telefone IP, autenticar-se-á com o uso de uma senha, de um identificador do terminal, ou com o uso do endereço IP, e sendo autorizado, poderá utilizar os serviços. A Figura 6.3 ilustra este tipo de arquitetura.

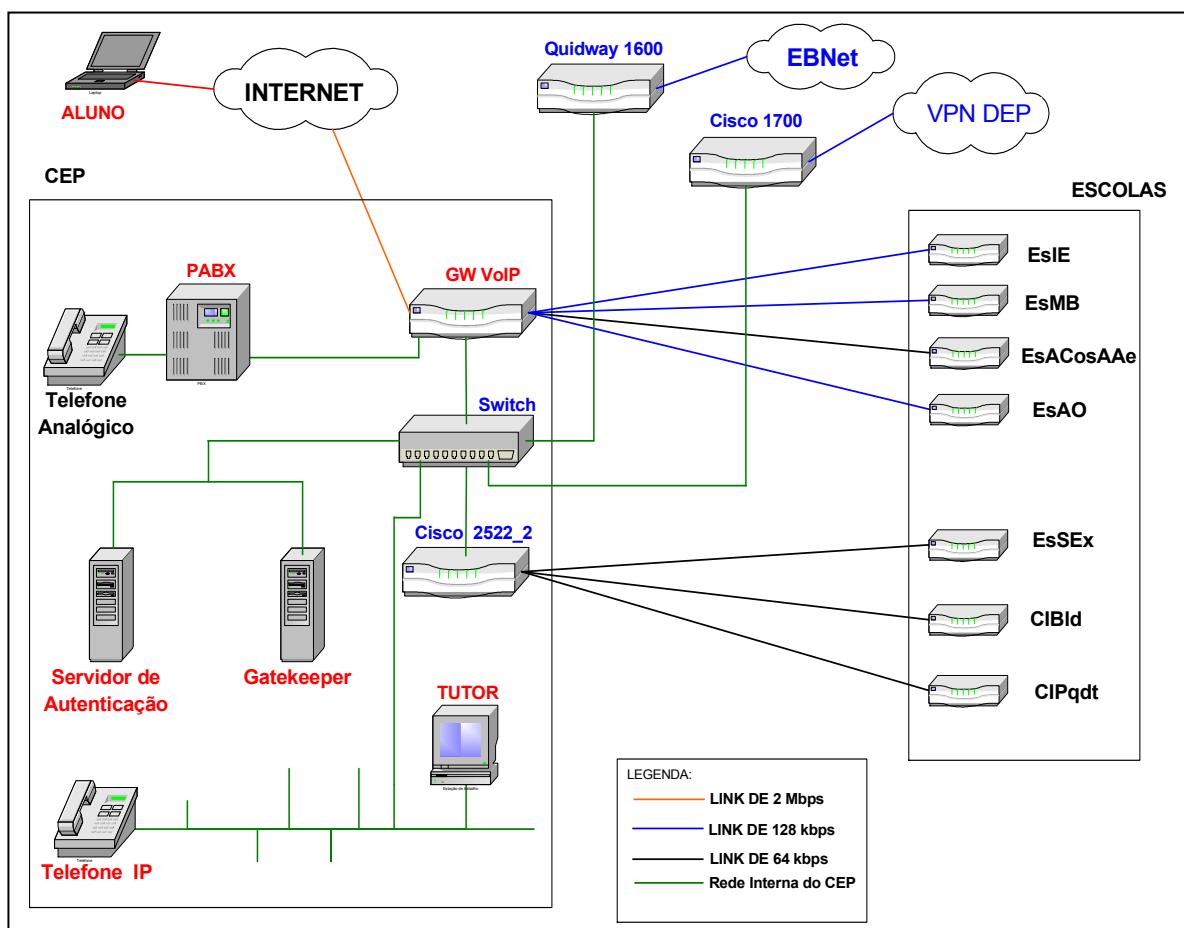


Figura 6.3 – Proposta de arquitetura VoIP utilizando protocolo H.323 e servidor de autenticação

Havendo necessidade de maior segurança pode-se acrescentar à arquitetura da Figura 6.3 um servidor de VPN, assim, é criado um túnel entre a conexão remota (aluno) e o servidor de VPN, onde as mensagens trafegam criptografadas. Após passar o servidor de VPN a tráfego flui para ser autenticado. A Figura 6.4 mostra a arquitetura VoIP utilizando servidor de VPN.

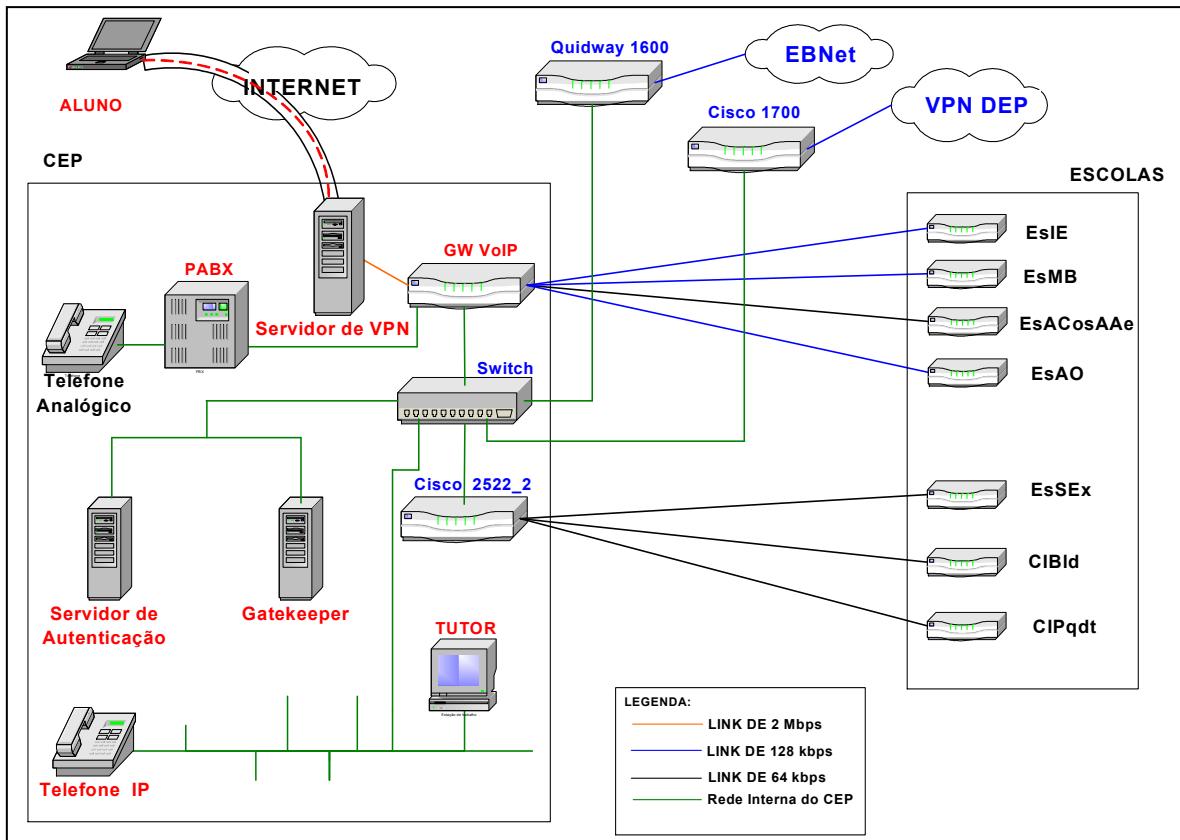


Figura 6.4 – Proposta de arquitetura VoIP utilizando protocolo H.323 e servidor de VPN

6.3 ARQUITETURA QUE UTILIZE OS PROTOCOLOS H.323 E SIP

Apesar do CEP já possuir equipamentos que admitem o protocolo H.323, surge a tendência do SIP se tornar padrão de mercado. Seguindo esta perspectiva é natural que sejam incorporados a intranet equipamentos que suportem este protocolo. Assim sendo, uma opção de arquitetura é utilizar um gateway para fazer a interoperabilidade entre os dois protocolos e ainda usar um servidor de autenticação para que somente usuários autorizados possam acessar os serviços VoIP disponíveis, com mostra a Figura 6.5.

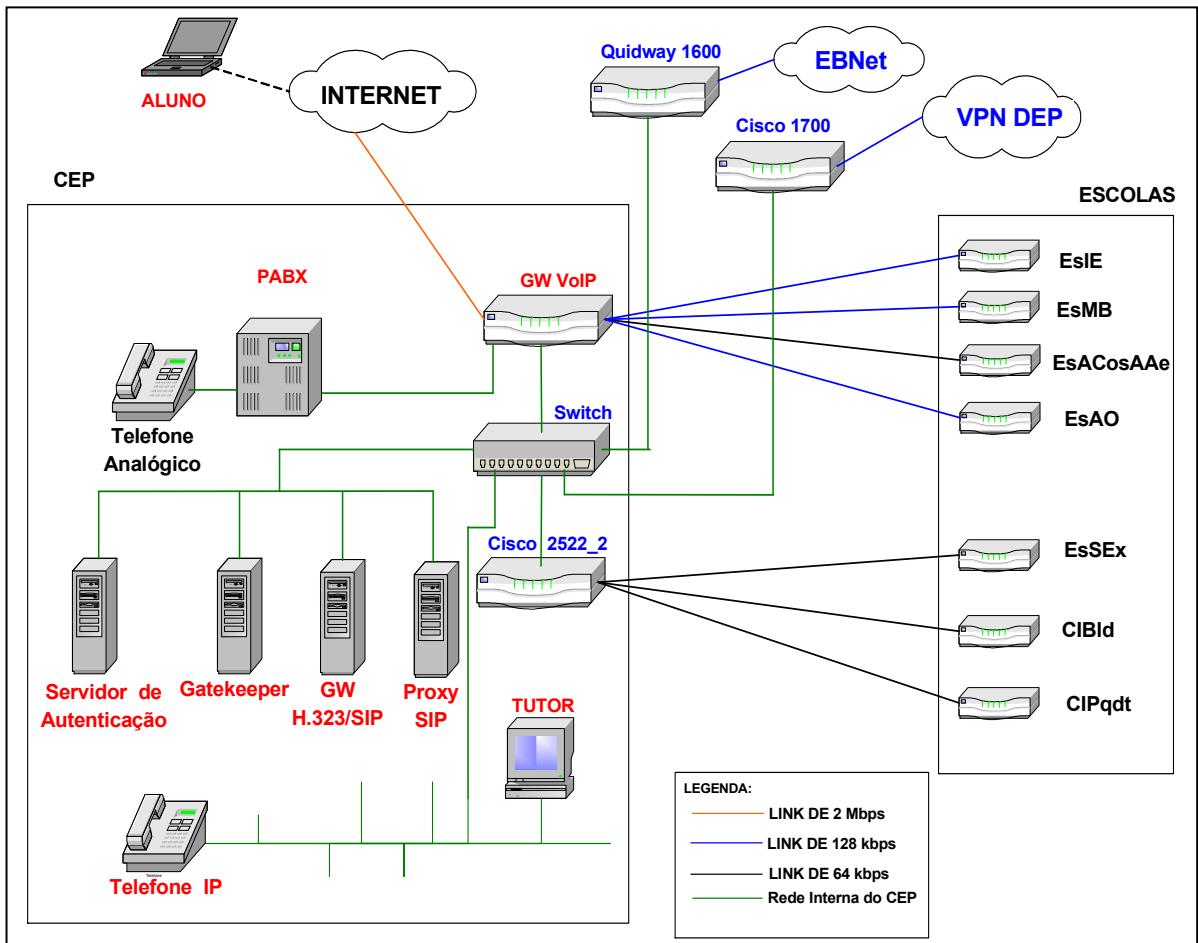


Figura 6.5 – Proposta de arquitetura VoIP utilizando protocolos H.323, SIP e servidor de autenticação

De maneira similar que a utilização de VPN na arquitetura que somente utiliza o protocolo H.323 quando se quer segurança, pode-se também utilizar servidor de VPN por motivos de segurança em um ambiente que trabalha com os protocolos H.323 e SIP, como pode ser visto na Figura 6.6.

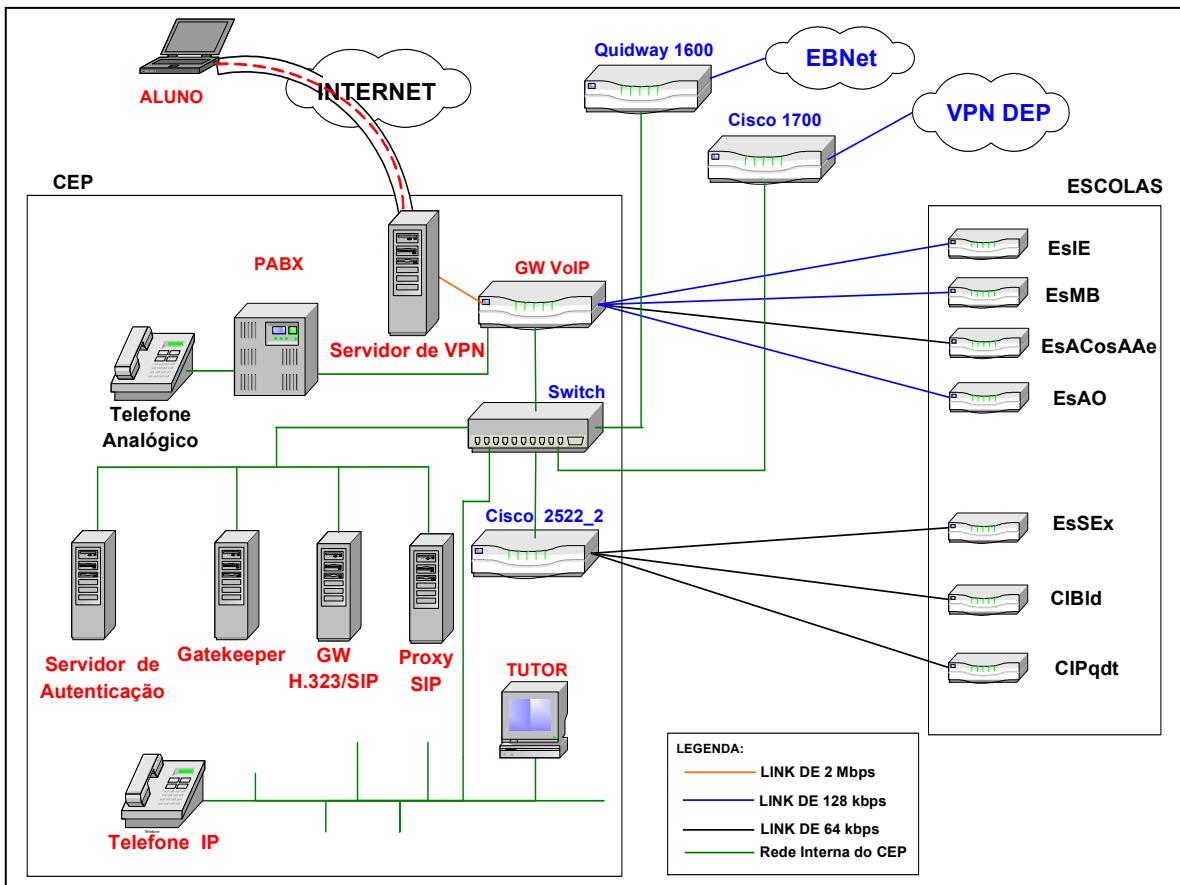


Figura 6.6 – Proposta de arquitetura VoIP utilizando protocolos H.323, SIP e servidor de VPN

6.7 BENEFÍCIOS DA ADOÇÃO DA TECNOLOGIA VoIP

Com a entrada em operação da tecnologia de voz sobre IP, devido a grande variedade de recursos, todos os setores do CEP poderão obter vantagens, porém o maior ganho deverá ser em relação aos alunos dos cursos à distância. Hoje a comunicação com os alunos é realizada através de e-mail e de ligações telefônicas para telefones convencionais. Com VoIP, a partir de uma base em que todos os envolvidos no sistema estejam cadastrados, será possível a realização de múltiplas ligações simultâneas, chamada automática, chamada em espera, videoconferência, e vários outros serviços que não precisarão ser solicitados para as companhias telefônicas e não terão custo. Tais serviços com bloqueio de ligações para telefones celulares e bloqueio de ligações interurbanas além de necessitarem da solicitação do cliente da companhia telefônica ainda são cobrados individualmente por linha telefônica através do que as companhias chamam de taxas de serviço.

7 CONCLUSÕES

Nesta monografia, entre as condicionantes inerentes a implantação da tecnologia de voz sobre IP como: recursos humanos qualificados, *hardware* e *software* capazes de suportar a tecnologia, requisitos de qualidade de serviço, requisitos financeiros, requisitos de segurança, requisitos de gerenciamento e possível impacto do paradigma da adoção de uma nova tecnologia para os usuários, somente *software*, *hardware* e requisitos financeiros foram abordados.

A apresentação da tecnologia VoIP bem como a descrição dos protocolos H.323 e SIP foram feitas no Capítulo 2.

O Capítulo 3 foi dedicado para as Arquiteturas VoIP devido às diferenças dos dois protocolos apresentados, H.323 e SIP. De acordo com o emprego de cada um deles o tipo de *software* que suporta suas sinalizações é diferente, e se os dois protocolos forem utilizados juntos ainda é necessário um *gateway* que faça a interoperação entre eles.

No Capítulo 4 foram apresentados *softwares* livres que utilizam os protocolos H.323 e SIP e mais um que, além de ser um *gateway* de sinalização para a interoperação entre os dois protocolos, também é um PABX. Este Capítulo também apresentou uma relação de alguns *softwares* e *hardwares* clientes VoIP com características e custos.

O ambiente do Centro de Estudos de Pessoal com as características de interesse para a implantação do VoIP foi mostrado no Capítulo 5. Foram abordados tópicos como: os equipamentos de rede, quantidades de máquinas na rede, a topologia, os links de saída para a Internet e para a Intranet do Exército, a central telefônica que é muito antiga o que dificulta a manutenção e não possui aplicativo que gere estatísticas de utilização, o perfil das ligações telefônicas e as características do Ensino a Distância com os pontos de interesse para esta monografia. Cabe ressaltar um aspecto interessante observado: o perfil das ligações telefônicas mostra que aproximadamente um terço do total gasto com telefone é referente ao pagamento de impostos e serviços e o restante fica dividido entre ligações interurbanas e ligações para celulares na área do Rio de Janeiro. Com a utilização da tecnologia VoIP não haveria ou seriam muito reduzidos os gastos com ligações interurbanas e como consequência haveria menos gastos com impostos.

Como atualmente a comunicação entre os coordenadores e tutores com os alunos é feita através de e-mail e ligação telefônica que apresentam como desvantagens à falta de interatividade e o custo elevado, respectivamente, a adoção da tecnologia de voz sobre IP poderá otimizar o processo ensino aprendizagem, pois a interação entre alunos, conferencistas e palestrantes será em muito facilitada, como por exemplo, através de conferência em tempo real e outras facilidades proporcionada por software tais como: controle da qualidade das ligações, melhor sistema de tarifação, livro de endereços, múltiplas ligações simultâneas, chamada automática e chamada em espera, entre outras.

Alguns exemplos de topologia que levam em consideração as peculiaridades do Centro de Estudos de Pessoal foram mostrados no Capítulo 6. Neste capítulo também foram citados hardwares com os respectivos custos que podem ser aplicados nas topologias citadas. Tomando por base os gastos telefônicos no período considerado (cinco meses a R\$ 38.989,97 (trinta e oito mil novecentos e oitenta e nove reais e noventa e sete centavos)); e a topologias de maior custo (R\$ 26.000,00 (vinte e seis mil reais)), pode-se considerar seria vantajosa a utilização da tecnologia VoIP.

Pelo estudo apresentado, pode-se verificar que a tecnologia VoIP é bastante flexível, integra-se com relativa facilidade ao serviço de telefonia convencional e proporciona bom controle tarifário. Tais características ajudariam o Centro Estudos de Pessoal na melhoria de qualidade na prestação do serviço e redução de custos das contas telefônicas.

As condicionantes inerentes à tecnologia VoIP estudadas, *software*, *hardware* e requisitos financeiros apresentam aspectos favoráveis a implantação de VoIP no Centro de Estudos de Pessoal, pois é grande a perspectiva de redução de custos e podem ser utilizados softwares livres como o OpenH323, o SER e o Asterisk, além de também existirem softwares livre clientes para a utilização nas máquinas dos usuários.

Como trabalho futuro, quando voz sobre IP estiver em pleno funcionamento do Centro de Estudos de Pessoal poder-se-á iniciar o planejamento para ampliação de sua utilização através dos links para a Intranet do Exército.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Alves, M., *Como Escrever Teses e Monografias*: um roteiro passo a passo, Rio de Janeiro: Elsevier, 2003.
2. Blake, S., *An Architecture for Differentiated Services*. RFC 2475, IETF Network Working Group, Dez. 1998. Disponível em: [<http://www.ietf.org/rfc/rfc2475.txt>]. Acesso em: 20 abr. 2005.
3. Braden, R., *Resource Reservation Protocol (RSVP) – Version 1 Functional Specification*. RFC 2205. set. 1997. Disponível em: [<http://www.ietf.org/rfc/rfc2205.txt>]. Acesso em: 22 abr. 2005.
4. Centro de Estudos de Pessoal. 2005. Disponível em: [<http://www.cep.ensino.eb.br>]. Acesso em: 9 abr. 2005.
5. Costa, J. C. P. A., Implementação e Gerência de uma Arquitetura de Voz sobre IP, 2003. Tese de Mestrado apresentada ao Núcleo de Computação Eletrônica da Universidade Federal do Rio de Janeiro;
6. Gonçalves, F. E. A., Asterisk PBX – Guia de Configuração, V. Office, Florianópolis. 2005
7. Handley, M., SIP: Session Initiation Protocol. RFC 2543. mar. 1999. Disponível em: [<http://www.ietf.org/rfc/rfc2543.txt>]. Acesso em: 6 abr. 2005.
8. Institute of Electrical and Electronics Engineers. *Media Access Control (Bridges)*. Jul. 1998. Padrão 802.1D O padrão 802.1p, Traffic Class Expediting and Dynamic Multicast Filtering, está contido no padrão 802.1D. Disponível em: [<http://grouper.ieee.org/groups/802/1/index.html>]. Acesso em: 22 abr. 2005.
9. International Telecommunications Union Telecommunications Standardization Sector (ITU-T), One-way Transmission Time. ITU-T, G.114. Genebra, 2000. Disponível em: [<http://www.itu.int/ITU-T/>]. Acesso em: 5 mai. 2005.
10. Lustosa, L. C. G., *Telefonia IP – Codificadores de Voz, Dejitter Buffers, Supressão de Silêncio, FEC e Pilha RTP/RTCP*. Disponível em [http://www.voip.nce.ufrj.br/courses/graduacao2005/graduacao2005_leandro_aul_a2_2pp.pdf], 2004. Acesso em: 03 mai. 2005.
11. Nichols, K., *Definition of the for Differentiated Services Field (DS Field) in the IPv4 and IPv6 Headers*. RFC 2474, IETF Network Working Group, Dez. 1998. Disponível em: [<http://www.ietf.org/rfc/rfc2474.txt>]. Acesso em: 21 abr. 2005.
12. Olivier, H., David, G., Jean-Pierre, P., *Telefonia IP*, São Paulo: ADR, 2002.
13. OpenH.323, 2005. Disponível em [<http://www.openh323.org/code.html>], 2003. Acesso em: 22 jun. 2005.

14. Postel, J., *Internet Protocol – DARPA Internet Program Protocol Specification*. RFC 791, IETF. Set. 1981. Disponível em: [<http://www.ietf.org/rfc/rfc791.txt>]. Acesso em: 27 abr. 2005.
15. Postel, J., *Transmission Control Protocol – DARPA Internet Program Protocol Specification*. RFC 793, IETF. Set. 1981. Disponível em: [<http://www.ietf.org/rfc/rfc793.txt>]. Acesso em: 27 abr. 2005.
16. Postel, J., *User Datagram Protocol*. RFC 768, IETF. ago. 1980. Disponível em: [<http://www.ietf.org/rfc/rfc768.txt>]. Acesso em: 27 abr. 2005.
17. Ribeiro, B. F. M, Rodrigues, P. H. A., Marcondes, C. A. C, Implementação de Gateway de Sinalização entre Protocolos de Telefonia IP SIP/H.323, 2001. Disponível em: [www.voip.nce.ufrj.br/courses/graduacao/lc7/sbrc2001_sip_h323.pdf] . Acesso em 22 jun. 2005.
18. Rodrigues, P. H. A., Lustosa, L. C. G., Costa, C. P. A., David, F., *GT-VoIP Relatório P5.1a: Projeto Piloto VoIP: requisitos de produção*. Disponível em [<http://www.voip.nce.ufrj.br/publication/2004/gt-voip-p51av2.pdf>], 2004. Acesso em: 26 abr. 2005.
19. Rosenberg, J, SIP: Session Initiation Protocol. RFC 3261. jun. 2002. Disponível em: [<http://www.faqs.org/rfcs/rfc3261.html>]. Acesso em: 6 abr. 2005.
20. Staton, Michael., *A Convergência das Redes de Comunicação*, Disponível em: [www.sit.com.br/SeparataNET047.htm], 2000. Acesso em: 03 mai. 2005.
21. Schulzrinne, H.. *RTP: A Transport Protocol for Real-Time Applications*. RFC 1889, IETF Audio-Video Transport Working Group. Jan. 1996. Disponível em [<http://www.ietf.org/rfc/rfc1889.txt>]. Acesso em: 02 mai. 2005.

ANEXO I – SOFTPHONES – LISTA DE RECURSOS

Programa	Bonophone	Cornfed	GnomeMeeting	iaxComm	KPhone	SIPset	TkPhone
Versão	0.8.9d	0.3.0	1.0.2	20040228	4.0.2	1.5.0	1.0.5
Internet	www.iptel.org/products/bonehopne	www.cornfed.com/products/index.html	www.gnomemeeing.org/	iaxclient.sourceforge.net/iax-comm	www.wirlab.net/kphone/index.html	www.vovida.org/applications/downloads/sipset/	www.thekompanky.com/products/tkphone/
Sist. Operacional	Linux	Linux	Linux/Windows	Linux/Windows	Linux	Linux	Linux
Preço	grátis	Grátis	grátis	grátis	grátis	grátis	10 dólares
Funções							
Protocolo VoIP	SIP	SIP	H.323	IAX2	SIP	SIP	SIP
Codecs de Áudio	PCMU, L16	G.711	ILBC, GSM-06.10, MS-GSM, G.711, G.726, G.723.1	G.723.1, G.726, GSM, G.711, ILBC, LPC-10, Speex, u.a.	G.711, GSM, iLBC	PCMU	PCMU, GSM, G.729, Speex
Suporte a IPv6	sim	Não	sim	não	sim	sim	não
Largura de Banda	33.6Kbit/s bis 1Mbit/s	Não	não	não	não	Não	não
Funções de Usuário							
GUI	sim	Sim	sim	sim	sim	sim	sim
Teclado para discagem	sim	Sim	sim	sim	sim	não	sim
Livro de endereços	sim	Não	sim	sim	sim	não	Sim
Múltiplas ligações simultâneas	sim	Não	sim	sim	sim	não	Não
Chamada automática	sim	Não	sim	sim	sim	sim	sim
Chamada em espera	sim	Não	sim	sim	sim	não	não
Videocreferência	não	Não	sim	não	sim	sim	não

ANEXO II – TELEFONES IP

Telefone	Snom105	Anom200b	Budge Tone 101	Avaya 4610	SI-160	Max IP10	Cisco 7940
Fabricante	SNOM	SNOM	Grandstream	Avaya	AdTech	NetPhone	Cisco
Internet	www.snom.co m	www.snom.co m	www.grandstre am.com	www.avaya.co m	www.adtech.b e	web.net2phon e.com	www.dealtim e.com
Switch Ethernet	10/100	10/100	10	10/100	10/100	10/100	10/100
Protocolo VoIP	SIP, H.323	SIP, H.323	SIP	H.323	SIP, H.323	SIP	MGCP, H.323, SIP, SCCP
Codecs	G.711, G.729.A, GSM, GIPS	G.711, G.729.A, GSM, GIPS	G.711, G.722, G.723.1, G.726, G.728, G.729A/B	G.711, G.723.1A, G.729A/B	G.711, G.722, G.723.1, G.729A	G.723.1	G.723, G.729A
Preço	R\$ 1.647,00	R\$ 1.976,40	R\$ 595,97	U\$ 312,00	U\$ 470,00	U\$ 200,00	U\$ 446,00

ANEXO III – INTERFACES FXS E FXO

Tipo	TDM FXO	TDM FXS	TDM01B	TDM02B	TDM03B	TDM04B	TDM10B	TDM11B
Fabricante	Digium							
Internet								
FXS	x	1	x	x	x	x	x	1
FXO	1	x	1	2	3	4	1	1
Protocolo VoIP	SIP, IAX, H.323							
Preço	U\$ 83.95	U\$ 73.95	U\$ 132.25	U\$ 199.95	U\$ 268.95	U\$ 329.95	U\$ 123.95	U\$ 192.95

Tipo	TDM 12B	TDM 20B	TDM 21B	TDM 22B	TDM 31B	TDM 40B	Wilcard E100P	Wilcard T100P
Fabricante	Digium							
Internet								
FXS	1	2	2	2	3	4	x	x
FXO	2	x	1	2	1	x	x	x
E1	x	x	x	x	x	x	1	x
T1	x	x	x	x	x	x	1	1
Protocolo VoIP	SIP, IAX, H.323							
Preço	U\$ 192.95	U\$ 259.95	U\$ 249.95	U\$ 319.95	U\$ 244.95	U\$ 329.95	U\$ 579.95	U\$ 479.95

Tipo	Wilcard TE405P
Fabricante	Digium
Internet	www.voip-news.com/sp/vs/pcicards.htm
FXS	x
FXO	x
E1	1
T1	1
Protocolo VoIP	SIP, IAX, H.323
Preço	U\$ 1,479.95