

Voz sobre IP: uma alternativa econômica

Guilherme Barreto Carvalho

13 de novembro de 2007

Sumário

1	Introdução	p. 4
1.1	Histórico	p. 4
1.2	Contexto Atual	p. 5
2	Voz sobre IP	p. 6
2.1	Vantagens	p. 6
2.2	Modelos de negócio	p. 7
2.2.1	Substituição de Centrais Telefônicas	p. 7
2.2.2	Serviços	p. 8
2.2.3	Operadoras VoIP	p. 9
2.2.4	Dual Mode Terminals	p. 11
2.3	Tecnologias envolvidas	p. 11
2.3.1	O Protocolo UDP	p. 11
2.3.2	O Protocolo RTP	p. 11
2.3.3	O Protocolo SIP	p. 11
2.3.4	Os codecs de Audio	p. 12
3	Metodologia	p. 14
3.1	Pesquisa e documentação	p. 14
3.2	Soluções disponíveis	p. 14
3.2.1	Asterisk	p. 14
3.2.2	OpenSER	p. 15

3.2.3	Trade-off	p. 16
4	Implementação	p. 17
4.1	Ambiente de Teste	p. 17
4.2	OpenSER	p. 17
4.3	Asterisk	p. 18
4.4	Integração OpenSER e Asterisk	p. 22
5	Conclusão	p. 23
5.1	Resultados	p. 23
5.2	Dificuldades Encontradas	p. 23
5.3	Perspectivas Futuras	p. 23
	Referências Bibliográficas	p. 24

1 Introdução

1.1 Histórico

No início das telecomunicações, a informação era transmitida de forma analógica. O processo consistia basicamente de 3 etapas:

1. Transdução da grandeza física em sinal elétrico.
2. Filtragem e seleção das frequências de interesse do sinal.
3. Modulação do sinal para a frequência de transmissão.

No receptor, o processo acontecia de maneira inversa:

1. Demodulação do sinal para a frequência original do mesmo.
2. Filtragem e seleção das frequências de interesse do sinal.
3. Transdução do sinal elétrico em grandeza física.

Em seguida vieram as comunicações digitais. Basicamente foram inseridos entre os pontos 2 e 3 das etapas de transmissão, os seguintes procedimentos:

- Conversão Analógico-Digital
- Codificação de fonte.
- Codificação de canal.

No receptor, novamente, o processo acontece de maneira invertida (vide figura 1.1).

Inicialmente, ainda na era analógica, o principal tipo de informação transmitida era o áudio. Havia o telefone e o rádio. Com o passar do tempo, houve o interesse de trafegar outras mídias como imagem, vídeo e dados. Vieram então a Televisão e o Fax.

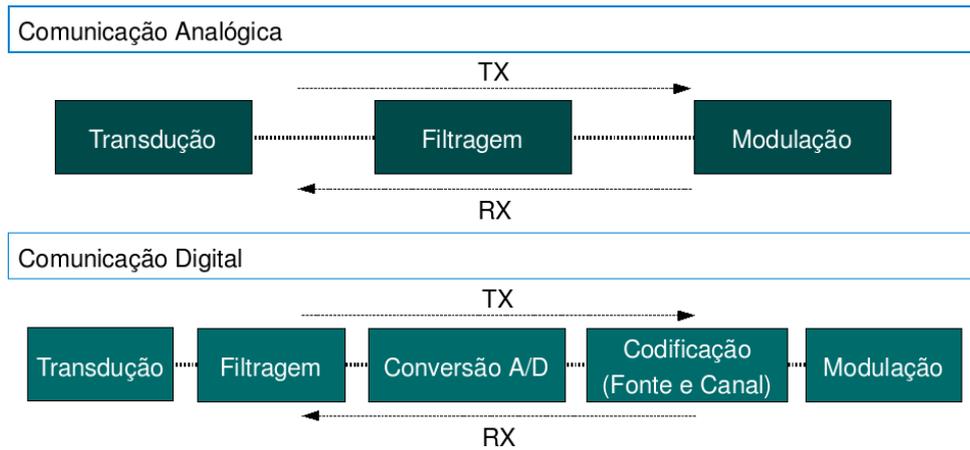


Figura 1.1: Troca de mensagens no SIP

Com o advento das comunicações digitais, nasceram as redes de computadores. Antigamente, as redes de telecomunicações e as redes de computadores eram dissociadas e complementares.

1.2 Contexto Atual

Com o auxílio dos modems (acrônimo para modulator-demodulator), as redes digitais de computadores começaram a interagir com as redes de telecomunicação. Esse foi apenas o início de uma aproximação cada vez mais evidente e irreversível dada a demanda da economia globalizada.

Hoje, a grande tendência do universo das telecomunicações pode ser resumida em uma palavra: **Convergência**. É mais barato trafegar todos os tipos de mídia em uma única infraestrutura de rede.

A Internet foi o fenômeno que massificou definitivamente o uso da transmissão de dados digitais através da pilha de protocolos TCP/IP que permitiu uma grande interoperabilidade entre os dispositivos e o surgimento de inúmeras aplicações comerciais.

2 *Voz sobre IP*

A telefonia IP, também conhecida por VoIP (Voice over IP), pode ser definida como qualquer aplicação telefônica usada em uma rede de dados que utiliza o protocolo Internet (Internet Protocol – IP).

A utilização do VoIP racionaliza o uso da infra-estrutura de comunicação, possibilitando a convergência de dados e voz pela Internet, com diminuição dos custos tradicionais de telefonia, principalmente quando as chamadas completadas são de longa distância. A tecnologia VoIP permite estender o acesso telefônico a locais onde existe a rede de dados, mas inexistente a disponibilidade de ramais telefônicos, além de incorporar o suporte à mobilidade do usuário. O suporte à mobilidade irá permitir que os usuários da instituição possam estar localizados em qualquer ponto do globo, e ainda assim utilizem o serviço, bastando para tal ter acesso à Internet (banda larga) e um telefone IP configurado.

2.1 **Vantagens**

- **Amplie os terminais de telefonia de sua instituição**

Com um servidor de VoIP, praticamente qualquer computador pode se transformar em um terminal de telefonia IP, desde que esteja conectado à rede. Assim, você poderá ampliar o número de ramais telefônicos existentes em sua instituição.

- **Leve seu ramal para onde quiser**

Imagine poder levar seu ramal telefônico com você para onde você quiser. Uma das vantagens do serviço é a mobilidade. Mesmo fora de sua instituição, você poderá ser encontrado, usando seu laptop, um telefone IP ou um aparelho comum acoplado a um adaptador para conexão à Internet.

- **Fale mais barato**

Outro grande benefício é a redução significativa dos custos com ligações, especialmente as de longa distância. Com o serviço implantado em sua instituição, é possível fazer

ligações interurbanas sem custos de telefonia (no caso de um telefonema para outro aparelho na rede do serviço) ou ao custo de uma ligação local (no caso de um telefonema para outro aparelho na rede pública, em cidade onde haja uma instituição na rede do serviço).

2.2 Modelos de negócio

2.2.1 Substituição de Centrais Telefônicas

Grande parte das empresas de médio e grande porte possui sistemas de centrais telefônicas. O custo envolvido na aquisição e implementação de centrais analógicas é bastante alto como podemos ver abaixo:

Centrais Analógicas	Central Digital
Central PABX Multitoc 208 2 linhas e 8 ramais R\$ 275,00	Central PABX Corp 16000 Intelbrás* 4 Linhas 8 ramais R\$ 1.909,05
PABX Modulare I 2x4 Intelbrás 2 linhas e 4 ramais R\$ 729,00	

* Acessórios: Bilhetagem, Correio de voz, Programação via PC, Atendimento automático, Acionamento externo, Hora certa, Porteiro eletrônico, Discagem direta a ramal (DDR), Identificador de chamadas.

Portanto as empresas vêem a possibilidade de mudar para a telefonia IP com bons olhos, pois os computadores são utilizados como terminais telefônicos, a rede de computadores é aproveitada como infraestrutura e o servidor também pode ser aproveitado.

Além do pequeno custo de implantação, a tecnologia oferece grande economia nos seguintes setores:

- Comunicação interna sem custos
- Comunicação à longa distância
- Organização de bilhetagem
- Versatilidade na Manutenção

Embora a tecnologia possa ser implementada praticamente a custo zero, existem equipamentos que podem vir a ser necessários caso não haja a infraestrutura mencionada acima na

empresa.

- ATAs (Analog Terminal Adapters)
 - **VoIP p/ telefone e PABX GKM2000 Intelbrás** - permite a ligação de 2 ramais VoIP em telefones convencionais.
 - R\$ 350,00
- Fone VoIP
 - **Telefone Intelbrás Voiper** - permite ligação de até 3 ramais VoIP no mesmo aparelho.
 - R\$ 300,00
- Roteador Wifi
 - **Internet Server Wireless LinkSys WRT54G (54Mbps)**
 - R\$ 247,16
- Servidor
 - **Dell PowerEdge SC440** - Processador Intel® Pentium® Dual-Core E2160, 1.8 GHz, Cache L2 de 1MB, 1GB de Memória RAM e 160GB de HD.
 - R\$ 1800,00
- Placa para conectividade com Rede telefônica tradicional
 - **Placa Digium TDM01B** - Placa com um módulo FXO (Foreign eXchange Office), que recebe sinalização da operadora(STFC) ou de uma central telefônica PABX.
 - R\$ 527,12

2.2.2 Serviços

Na área acadêmica, existem duas iniciativas que se destacam: o fone@RNP em âmbito nacional e o SIP.edu em âmbito internacional. As duas iniciativas tem como intuito interligar instituições de ensino.

Na área comercial, temos as operadoras de VoIP (discutidas na próxima seção) e os serviços inovadores como o Adobe® Connect™. Este último é um sistema de comunicação via Web, derivado do produto anteriormente conhecido como Macromedia Breeze. A principal motivação



Figura 2.1: Software Adobe Connect

é fornecer soluções de comunicação empresariais via Web para treinamentos, marketing, conferência empresarial na Web e colaboração on-line. Esta aplicação é interessante porque mostra o potencial das aplicações multimedia. Ela permite chat, voz, video, apresentações e compartilhamento de Desktop em uma interface web integrada(vide figura 2.1). Existe ainda a possibilidade de rever reuniões, ou seja, embora não seja mais possível interagir, é possível ver o que aconteceu como se estivesse participando da apresentação com voz, vídeo e mensagens de texto.

2.2.3 Operadoras VoIP

Segundo o site www.voipcenter.com.br existem no mercado brasileiro mais de 230 operadoras de VoIP (dentre as quais o Skype se destaca por ter sido o pioneiro). São empresas que oferecem o serviço de telefonia cobrando geralmente mais barato do que as operadoras de telefonia convencionais em ligações de longa distância. O site www.comparatel.com.br fornece uma ferramenta que auxilia na comparação de tarifas telefônicas. Segue uma breve comparação de ligações e seu custo.

Dados utilizados para comparação:

- Destino: São Paulo

- Duração: 10 minutos
- Hora: 12:00
- Data: 08.11.2007

Utilizando telefonia VoIP e comparando as tarifas, obtemos o seguinte resultado:

- Custo de ligação mais barato: R\$ 0,45
- Custo de ligação mais caro: R\$ 3,00
- Custo Médio: R\$ 1,33

Utilizando telefonia convencional e comparando as tarifas, obtemos o seguinte resultado:

- Custo de ligação mais barato: R\$ 0,51
- Custo de ligação mais caro: R\$ 1,68
- Custo Médio: R\$ 0,99

Embora tenhamos custos equivalentes nas ligações locais, se fizermos a ligação de Fortaleza para São Paulo utilizando telefonia convencional, obtemos os seguintes custos:

- Custo de ligação mais barato: R\$ 3,36
- Custo de ligação mais caro: R\$ 12,50
- Custo Médio: R\$ 5,73

Existem 2 mecanismos básicos utilizados para conseguir esta vantagem de preço:

1. Negociam grandes quantidades de minutos com as operadoras de telefonia convencional a um baixo custo e os oferecem aos seus clientes com uma pequena margem de lucro.
2. Utilizam rotas de menor custo, ou seja, se a operadora VoIP possui servidores em São Paulo e Fortaleza, a ligação entre um terminal VoIP e um terminal ligado à rede PSTN (Public Switched Telephone Network) é apenas de uma ligação local.

2.2.4 Dual Mode Terminals

Os três maiores provedores franceses de serviços de banda larga, France Telecom, agora conhecida como Orange, Neuf Cegetel, empresa candidata a uma oferta pública inicial de ações, e Iliad começaram a lançar serviços que permitirão aos usuários de celulares o uso de conexões WiFi e de telefonia móvel com o mesmo aparelho.

Esforços como esses transformaram a França em um dos mais avançados mercados mundiais de serviços WiFi, os quais, prevêem alguns analistas, podem mudar profundamente o modelo de negócios das operadoras nos próximos meses.

2.3 Tecnologias envolvidas

2.3.1 O Protocolo UDP

Conforme citado em [1], o UDP (User Datagram Protocol) é um protocolo de transporte não orientado à conexões. O cabeçalho consiste de 8 bytes e não há controle de fluxo, de erros ou congestionamento.

Tamanho simplicidade se faz necessária, pois protocolos como o TCP oferecem muitas opções e mecanismos que não atendem às necessidades de tempo real, como: 20 a 24 bytes de cabeçalho do TCP (Excesso de informação) ou mecanismos de retransmissão.

2.3.2 O Protocolo RTP

Este é um protocolo de transporte complementar ao UDP. Consiste em um cabeçalho de 12 bytes que tem como principal função prover um formato padrão de pacotes para a entrega de áudio e vídeo em tempo real através da internet. Entre suas atribuições estão:

- Atribuir referência temporal aos fluxos.
- Sincronizar fluxos de dados.
- Multiplexar fluxos de dados em tempo real.

2.3.3 O Protocolo SIP

O SIP (Session Initiation Protocol) é um protocolo da camada de aplicação (considerando o modelo TCP/IP) para sinalização, ou seja, gerencia a criação, manutenção e encerramento de

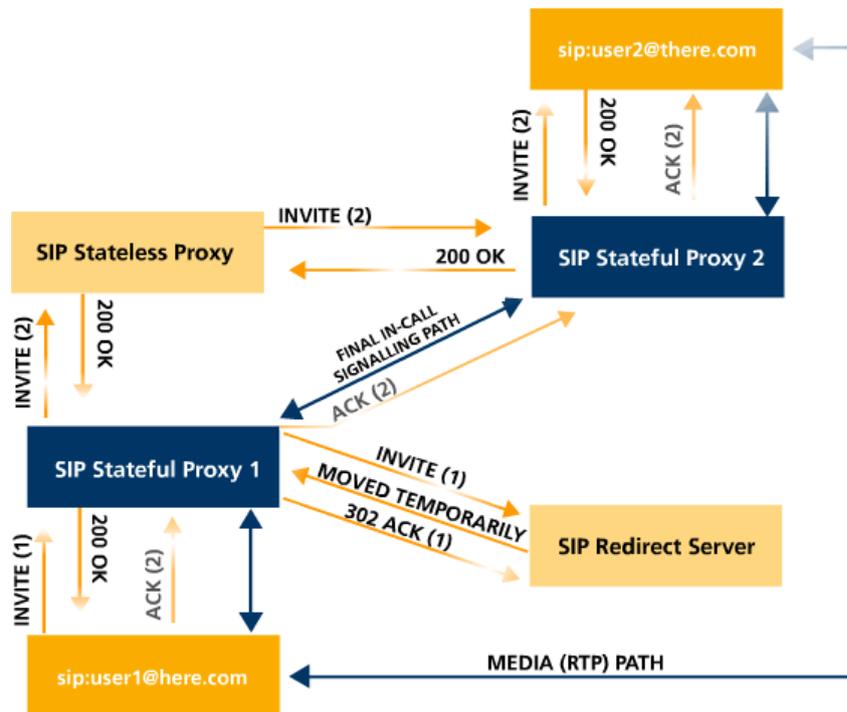


Figura 2.2: Troca de mensagens no SIP

sessões com um ou mais participantes. Tais sessões incluem desde ligações telefônicas através da Internet até conferências multimedia. A última especificação do IETF (Internet Engineering Task Force) é a RFC 3261.

Seguem algumas das suas principais características:

- Independente da camada de transporte (Roda sobre TCP, UDP e até em redes ATM).
- É um protocolo baseado em texto muito similar ao HTTP (inclusive compartilha vários códigos de Status como o 404 - not found).
- Possui mensagens legíveis e é baseado em trocas de mensagens de confirmação (vide figura 2.2).

Existe também o protocolo H.323 especificado pelo ITU. Este protocolo é bastante utilizado para sessões de comunicação de áudio e vídeo em redes de pacotes. O projeto GnuGk implementa este protocolo.

Codec	Taxa (Kbps)	Amostra (ms)	MOS
G.711 PCM	64	0.125	4.1
G.726 ADPCM	32	0.125	3.85
G.728 (LD-CELP)	15	0.625	3.61
G.729 (CS-ACELP)	8	10	3.92
G.729a CS-ACELP	8	10	3.7
G.723.1 MP-MLQ	6.3	30	3.9
G.723.1 ACELP	5.3	30	3.65
iLBC Freeware	15.2	20	3.9

Tabela 2.1: Lista de codecs e suas propriedades

2.3.4 Os codecs de Audio

Estes são os responsáveis por codificar/comprimir e decodificar/descomprimir a voz humana. Esta é primeiramente separada em quadros e então é processada.

Seguem a abaixo a tabela 2.1 com os principais CODECs existentes. Maiores detalhes sobre o seu funcionamento em [2] e [3].

3 Metodologia

Aqui iremos mostrar como foi desenvolvido este projeto.

3.1 Pesquisa e documentação

Inicialmente, fizemos uma extensa pesquisa nos seguintes tópicos:

1. Estudo dos protocolos e tecnologias envolvidas.
2. Estudo do cenário atual da tecnologia
 - Âmbito Nacional
 - Âmbito Internacional
3. Soluções disponíveis e estado da arte na área
 - Comerciais
 - OpenSource
 - Asterisk
 - OpenSER
4. Implementação de uma Solução OpenSource
5. Teste e validação da Solução adotada

3.2 Soluções disponíveis

3.2.1 Asterisk

É um software PBX que pode ser executado em várias plataformas, tais como Linux, Mac OS X e OpenBSD.

O Asterisk consiste de APIs (Application Program Interfaces) específicas que suportam a parte básica e avançada da funcionalidade (a avançada consiste em interconexão interna da PBX). A abstração de protocolos específicos, codificadores e interfaces para aplicações de telefonia, permite que Asterisk seja compatível com qualquer os atuais hardwares e novas tecnologias.

Entre as APIs básicas temos as seguintes:

- Módulo carregável (Loadable Module): consiste de 4 APIs que facilitam a abstração de hardware e protocolos. O Asterisk não precisa ser informado de como o usuário está conectado, de que codificadores são utilizados, etc;
- Canal (Channel): Estabelece as conexões quando uma ligação é recebida. Pode ser uma conexão VoIP, ISDN ou qualquer outro tipo de tecnologia;
- Aplicação (Application): Permite a execução de vários serviços, tais como conferência, paginação, lista de diretórios, voz mail, bate-papo e outros serviços;
- Codificação (Codec Translator): Suporta vários tipos de formatação codificação e decodificação de áudio, como por exemplo, formatação GSM, lei A, lei U e MP3;
- Formatação de arquivo (File Format): Permite a leitura e escrita em várias formatações de arquivos, quando do armazenamento de dados.

3.2.2 OpenSER

Este é um fork do SER (SIP Express Router) desenvolvido pela IPTel. Desenvolvido em C, este software é mais eficiente que o Asterisk, porém concentra-se apenas na implementação do protocolo SIP e não fornece funcionalidades como VoiceMail.

Segue a lista de características do OpenSER:

- Implementa o SIP proxy/registrar/redirect server (RFC3261, RFC3263)
- Funcionalidade de Gateway para sms(Short Message Service) ou xmpp(eXtensible Messaging and Presence Protocol)
- Autenticação via Radius(Remote Authentication Dial In User Service) ou base de dados
- Suporte a várias bases de dados: MySQL, Postgres or arquivos de texto

- Implementa roteamento de ligações visando o menor custo
- Suporta ENUM (TElephone NUmber Mapping)
- Suporta UDP/TCP/TLS
- Possui configuração programável
- Tem arquitetura modular

3.2.3 Trade-off

É possível a integração OpenSER-Asterisk. Esta é uma boa alternativa pois aproveita a eficácia e desempenho do OpenSER ao mesmo tempo que supre sua dificuldade de prover serviços como de URA(Unidade de Resposta Audível) e VoiceMail.

4 *Implementação*

4.1 **Ambiente de Teste**

Escolhemos o sistema operacional Linux Ubuntu Server Edition 7.10 para realizar os testes. Este sistema conta com o kernel 2.6.22-14 e possui diversos recursos prontos para serem instalados 'out-of-the-box' como Web (LAMP - Linux, Apache, MySQL and PHP), Mail, DNS, FTP, LTSP (suporte a thin clients) e várias bases de dados. Tudo em um live CD de 500Mb. O mesmo também roda sobre diversas arquiteturas como x86, AMD64 e SPARC e conta com suporte até 2009 da Canonical Ltd.

O hardware utilizado para teste é um Notebook Sony Vaio com processador Centrino Duo, 1Gb de RAM e 100Gb de HD. Embora o sistema tenha sido implementado em hardwares mais modestos, como o roteador Linksys WRT54G que possui apenas CPU com 200MHz de clock, 4MB Flash and 16 MB RAM (foram utilizados os softwares Open SIP Express Router e OpenWrt embedded Linux)[4]. Ainda na linha de projetos de sistemas VoIP embarcados temos o projeto Milkfish (www.milkfish.org) que também implementa o OpenSER sobre o OpenWRT e permite até chamadas de video over IP.

O cenário de testes está mostrado na figura 4.1. O notebook foi escolhido para ser o servidor por possuir duas interfaces de rede (uma com fio e uma wireless). Desta forma, haverá dois IP clientes e um IP servidor.

4.2 **OpenSER**

Após esta instalação, descrita em [5], o servidor OpenSER estará pronto para uso, mas precisará ser configurado caso seja desejada as funções de autenticação e persistência de usuários. No momento, este servidor funciona aceitando todos os pedidos de registro indistintamente.

1. Instalar o Ubuntu Server Edition 7.10.

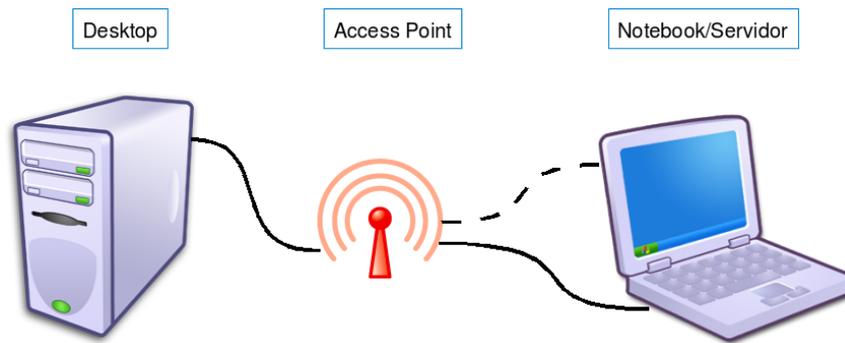


Figura 4.1: Cenário de implementação

- Fazer download da imagem do software (aproximadamente 500Mb) no site www.ubuntu.com e gravá-la em um CD.
- Iniciar e habilitar o boot da máquina Servidora através do CD do Ubuntu.
- Escolher as opções e configurações desejadas para o Servidor.

2. Instalar o openSER.

- No sistema instalado, iniciar o gerenciador de pacotes Synaptic(vide figura 4.2).
- Habilitar o repositório de pacotes Universe (repositório de softwares OpenSource mantidos por comunidades de Desenvolvedores).
- Recarregar informações referentes aos pacotes disponíveis para instalação.
- Selecionar os pacotes referentes ao OpenSER.
- Instalar os pacotes

4.3 Asterisk

Os requerimentos de hardware são mínimos: um processador compatível com i386 que seja melhor que um Pentium 300Mhz com 256 MB RAM é o suficiente. O Asterisk não requer muito espaço em disco, cerca de 100 MB com o Asterisk compilado, mais o código fonte, o correio de voz e possivelmente alguns prompts customizados.

Segue abaixo o procedimento de instalação do Asterisk[6]:

- Preparando o sistema para instalação do Asterisk

```
apt-get install kernel-headers-'uname -r'
```

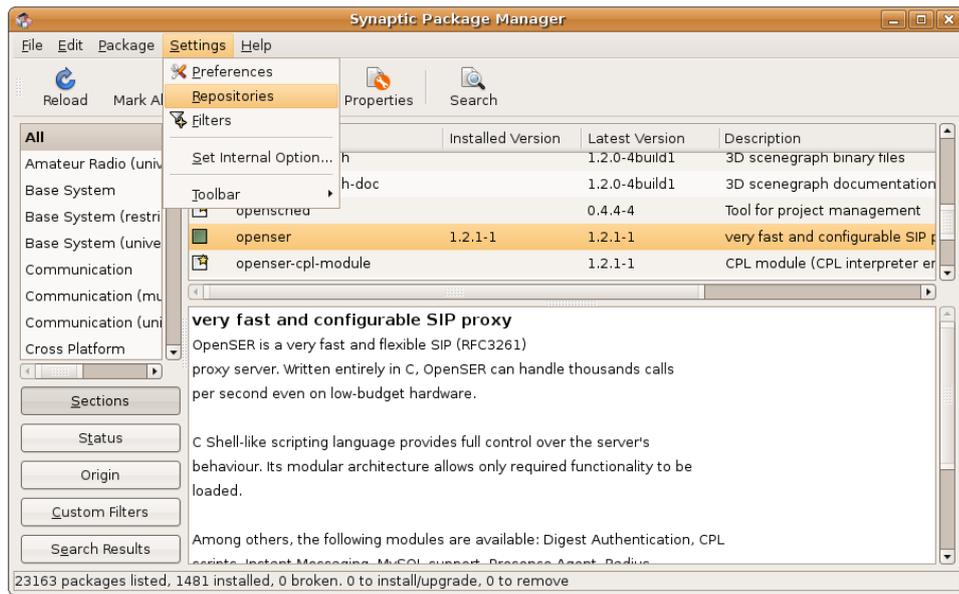


Figura 4.2: Software de gerenciamento de pacotes no Ubuntu

```
ln -s /usr/src/kernel-headers-`uname -r` /usr/src/linux
```

```
apt-get install bison openssl libssl-dev libasound2-dev libc6-dev libnewt-dev libncurses5-  
dev zlib1g-dev gcc g++ make
```

- Fazendo o download do Asterisk

```
wget http://downloads.digium.com/pub/asterisk/asterisk-1.4-current.tar.gz
```

```
wget http://ftp.DIGIUM.com/pub/asterisk/asterisk-addons-1.4-current.tar.gz
```

```
wget http://ftp.DIGIUM.com/pub/zaptel/zaptel-1.4-current.tar.gz
```

```
wget http://ftp.DIGIUM.com/pub/libpri/libpri-1.4-current.tar.gz
```

- Descompactando o Asterisk

```
tar xzvf asterisk-addons-1.4-current.tar.gz
```

```
tar xzvf zaptel-1.4-current.tar.gz
```

```
tar xzvf libpri-1.4-current.tar.gz
```

```
tar xzvf asterisk-1.4-current.tar.gz
```

- Compilando o Asterisk:

```
cd /usr/src/libpri-1.4.2
```

```
make clean
```

```
make
```

```
make install
```

```
cd /usr/src/asterisk-1.4.13
```

```
make clean
```

```
./configure
```

```
make
```

```
make install
```

```
make samples ;use para criar os arquivos de configuração
```

```
make config ;use para inicializar o asterisk na hora do boot
```

- Configuração

- **Edição do arquivo sip.conf** - Edição do arquivo sip.conf

[general]

context=default

srvlookup=yes

[joao]

secret=senhadojoao

type=friend

host=dynamic

canreinvite=no

context=internal

[guilherme]

secret=senhadoguilherme

type=friend

host=dynamic

canreinvite=no

context=internal

- **Edição do arquivo extensions.conf** - atribuição dos ramais aos usuários e configuração do plano de discagem

[internal]

exten => 100,1,Dial(SIP/joao)

exten => 200,1,Dial(SIP/guilherme)

- Edição do arquivo zapata.conf - necessário quando utilizamos portas FXS ou FXO para a configuração de canais

[channels]

language=en

context=from-zaptel

signalling=fxs_ks

rxwink=300

usecallerid=yes

hidecallerid=no

callwaiting=yes

usecallingpres=yes

callwaitingcallerid=yes

threewaycalling=yes

transfer=yes

cancallforward=yes

callreturn=yes

rxgain=0.0

txgain=0.0

group=0

callgroup=1

pickupgroup=1

immediate=no

:[Canal-1]

signalling=fxs_ks ;Sinalização (para portas FXO)

record_out=Adhoc

record_in=Adhoc

echotraining=800

echocancelwhenbridged=no

echocancel=yes

context=pstn1 ;Contexto por onde entrará a chamada

callprogress=no

callerid=pstn1 ;O ID da chamada “entrante”.

busydetect=yes

busycount=7

accountcode=

;Canal ao qual se refere a configuração

channel=>1

4.4 Integração OpenSER e Asterisk

Para que ocorra essa integração, é necessária a instalação e configuração dos seguintes softwares(além do Asterisk e do OpenSER): mysql 5.0.+, unixodbc 2.2.+ e unixodbc mysql driver. Como a instalação encontra-se bem documentada em (<http://www.unixodbc.org/> e <http://www.mysql.org/>), passamos para a etapa de configuração, descrita em [7]. São necessárias mudanças no processo de compilação, nas bases de dados e nos arquivos de configuração, porém o resultado final é um poderoso servidor SIP com a funcionalidade de VoiceMail.

Na compilação do Asterisk é necessário modificar o tamanho do campo uniqueid para 64 no arquivo app_voicemail.c e descomentar as seguintes linhas do Makefile:

```
CFLAGS+=-DUSE_ODBC_STORAGE
```

```
CFLAGS+=-DEXTENDED_ODBC_STORAGE
```

Criam se ainda uma base de dados para o asterisk contendo uma tabela para armazenar as mensagens de voz e duas visualizações (VIEWS) correspondentes aos usuários SIP e de Voicemail.

Na parte do OpenSER o ajuste é feito na base de dados MySQL que gerencia os usuários. É adicionado o campo vmail_password à tabela subscribers através do seguinte comando:

```
ALTER TABLE subscriber ADD vmail_password varchar(32);
```

Em seguida são necessários vários ajustes em diversos arquivos. São eles:

[Linux Odbc] odbinst.ini e odbc.ini.

[Asterisk] res_odbc.conf, extconfig.conf, sip.conf e extensions.conf.

[OpenSER] openser.cfg.

5 Conclusão

5.1 Resultados

As soluções propostas no projeto foram implementadas com sucesso e validadas através de conversações VoIP. Através dos experimentos relatados podemos concluir que as opções examinadas são bastante extensíveis e, portanto, possuem capacidade de atender a qualquer tipo de demanda em aplicações de pequeno à médio porte.

Além da implementação, também foi descrito neste trabalho o cenário atual da tecnologia e uma pesquisa de mercado mostrando os custos envolvidos.

5.2 Dificuldades Encontradas

Uma das grandes dificuldades encontradas foi a documentação sobre estes sistemas. Infelizmente ainda não existe uma fonte onde se encontrem todos os recursos desejados ou com nível de detalhamento/explicação razoável. São poucos tutoriais, geralmente em língua inglesa, e muitos posts em fóruns dispersos.

Outra dificuldade enfrentada foi a ausência de interfaces com o usuário. Um processo regido por compilações e edições de arquivos de configuração não tornam nada práticas as ferramentas aqui mostradas. Há uma gritante necessidade de tornar todo o processo de instalação e configuração mais amigável. Daí a importância das iniciativas: a AsteriskNOW da Digium e a DiscOS da Intelbrás.

5.3 Perspectivas Futuras

Embora os softwares aqui mencionados sejam estáveis e eficazes, ainda há muito espaço para documentação, suporte e acabamento final dos mesmos. Outra área bastante promissora é o uso destes softwares em dispositivos embarcados como nos projetos OpenWRT e Milkfish.

Referências Bibliográficas

- [1] A. P. da Silva. Avaliação de algoritmos de seleção de acesso para o serviço de voz sobre ip em redes sem fio multiacesso. *DETI*, 2007.
- [2] S. K. S. M. J. P. Jonathon Davidson, Manoj Bhatia. Voice over ip fundamentals. *Cisco Press*, 2006.
- [3] M. B. Obando. Comparação dos codificadores de voz g.711, g.729, g.723.1 e ilbc em transmissão com perda de pacotes. *UNB*, 2005.
- [4] C. L. Yuebin Bai, Syed Aminullah. Towards a distributed wireless voip infrastructure. *International Journal of Multimedia and Ubiquitous Engineering*, 2, 2007.
- [5] F. E. de Andrade Gonçalves. Telefonia ip com sip (abordando sip express router). *Voffice*, 2005.
- [6] J. V. M. Leif Madsen, Jared Smith. Asterisk: The future of telephony. *O'Reilly*, 2005.
- [7] A. Granig. Realtime integration of asterisk with opener. *www.voip-info.org*, 2007.