



UNIPAC
UNIVERSIDADE PRESIDENTE ANTÔNIO CARLOS
FACULDADE DE CIÊNCIA DA COMPUTAÇÃO E
COMUNICAÇÃO SOCIAL DE BARBACENA

CURSO DE CIÊNCIA DA COMPUTAÇÃO

Luiz Gustavo Vale

VOZ SOBRE IP: uma nova alternativa de comunicação

BARBACENA
JULHO DE 2005

LUIZ GUSTAVO VALE

VOZ SOBRE IP: uma nova alternativa de comunicação

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à
Universidade Presidente Antônio Carlos, como
requisito parcial para obtenção de Título de
Bacharel em Ciência da Computação.

ORIENTADOR: Prof. Luís Augusto Mattos Mendes

BARBACENA
JULHO DE 2005

Luiz Gustavo Vale

VOZ SOBRE IP: uma nova alternativa de comunicação

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à
Universidade Presidente Antônio Carlos, como
Requisito parcial para obtenção de Título de
Bacharel em Ciência da Computação.

Aprovado em ____/____/____

BANCA EXAMINADORA

Prof. Luís Augusto Mattos Mendes (Orientador)
Universidade Presidente Antônio Carlos

Prof. Ms. Wender Magno Cotta (Membro da Banca)
Universidade Presidente Antônio Carlos

Prof. Ms. Gustavo Campos Menezes (Membro da Banca)
Universidade Presidente Antônio Carlos

Dedico este trabalho a meus pais Dora e Toninho, a minha namorada Olívia, a minha irmã Lavínia e a todos aqueles que sempre estiveram ao meu lado.

Agradeço ao meu orientador Luís Augusto pelas orientações recebidas, pela atenção, dedicação e apoio com que este trabalho foi conduzido.

RESUMO

Com a popularidade da Internet tem-se despertado um grande interesse por novas tecnologias e funcionalidades para a comunicação de voz utilizando o protocolo IP (*Internet Protocol*). Este trabalho tem como objetivo possibilitar o entendimento da tecnologia Voz sobre IP, mostrando os protocolos H.323 e o RTP/RCTP (*Real Time Protocol / Real Time Control Protocol*). Além de apresentar a ferramenta de Voz sobre IP Skype, que está sendo utilizada atualmente.

Palavras chave: Voz sobre IP, VoIP, Skype.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

1 - Modelo de referência TCP/IP	16
2 - Protocolos e redes no modelo TCP/IP	18
3 - Arquitetura Tradicional dos Serviços na Internet	
34 4 - Arquitetura de uma rede <i>Peer-to-Peer</i>	

LISTA DE TABELAS

1 - Ligações nacionais para telefones fixos no horário de 13:00 horas	37
2 - Ligações nacionais para telefones fixos no horário de 22:00 horas	38
3 - Ligações internacionais para telefones fixos no horário de 13:00 horas	38
4 - Ligações internacionais para telefones fixos no horário de 22:00 horas	39

SUMÁRIO

1 - INTRODUÇÃO	10
2 - VOZ SOBRE IP	12
2.1 - Ambiente De Voz Sobre IP	13
2.1.1 - Voz	13
2.1.2 - Redes de Dados	15
2.2 - Modelo de referência TCP/IP	16
2.2.1 - Camada de Host/Rede	17
2.2.2 - Camada de Inter-redes	17
2.2.3 - Camada de Transporte	17
2.2.4 - Camada de Aplicação	18
2.3 - Qualidade de serviço (QoS)	19
2.3.1 - Por que QoS?	19
2.4 - Limitações das redes IP para a transmissão de voz	21
2.4.1 - Atraso	22
2.4.2 - Perdas De Pacotes	24
2.4.3 – O protocolo de Transporte.....	25
2.5 - Protocolos Específicos	25
2.5.1 - Protocolo H.323	26
2.5.2 - RTP/RCTP – <i>REAL TIME PROTOCOL/REAL TIME CONTROL</i>	
<i>PROTOCOL</i>	29
3 - SKYPE	31
3.1 - Tecnologia utilizada pelo Skype	33
3.2 - Características	35
3.3 - Sistema mínimo requerido pelo Skype.....	36
3.4 – Tarifas	36
3.5 - Skype X Operadoras Telefônicas	37

3.6 - Como fazer ligações usando o SkypeOut	39
4 - CONCLUSÃO	40
4.1 - Trabalhos Futuros	40
BIBLIOGRAFIA	41

1 INTRODUÇÃO

Atualmente, uma grande revolução vem acontecendo nas telecomunicações, resultante do incrível crescimento das redes baseadas em pacotes, especialmente da Internet. Esta revolução está unificando os mundos de dados e telecomunicações em uma só rede. O uso das tecnologias de redes baseadas em pacotes tem possibilitado uma larga utilização dos serviços de comunicação para o transporte de dados, voz e imagens com taxas de transmissão cada vez mais elevadas. Paralelamente, a evolução das redes permitiu o surgimento de tecnologias para o fornecimento de serviços de telefonia utilizando o protocolo IP para chamadas e comunicação de voz.

Esta mudança não indica apenas um movimento de mercado, mas demonstra o progresso da tecnologia de rede. A adoção do protocolo IP nas comunicações de voz tem recebido especial atenção dentro das empresas. Os interessados são principalmente as corporações que possuem escritórios distantes geograficamente e que apresentam intenso fluxo de comunicação telefônica entre si. Nesses casos, a substituição da telefonia convencional pela telefonia IP reduz drasticamente os custos com telefonemas interurbanos e internacionais.

A proposta de convergência tornou-se tão interessante e importante para a manutenção da competitividade, que até mesmo as operadoras telefônicas tradicionais estão rendendo-se a esta tecnologia, através do desenvolvimento de soluções para racionalizar o uso de suas infra-estruturas baseadas em circuitos, fazendo a atualização para a comutação de pacotes. Não somente pelo apelo da redução de custos decorrentes da fusão de áreas, mas também pela possibilidade de prover uma melhor qualidade no transporte da voz, e, ao mesmo tempo, economizar em banda passante nacional e internacional.

Este trabalho está dividido da seguinte forma:

No capítulo 2, Voz sobre IP, aborda aspectos como voz, protocolos para a utilização da Voz sobre IP.

No capítulo 3, Skype, será abordado o software Skype, mostrando suas funcionalidades e tarifas de seus serviços.

No capítulo 4, Conclusão, será apresentada a conclusão deste estudo.

2 VOZ SOBRE IP

Com a expansão do uso da tecnologia de redes, a Internet tem-se destacado como o grande meio de comunicação, através do uso de *e-mails*, *homepages* e atualmente na transmissão de voz e imagens. Esta última alternativa está sendo possível devido ao desenvolvimento de equipamentos que possibilitam a transmissão de dados em taxas cada vez mais elevadas. A tecnologia Voz sobre IP (*VoIP*) consiste em trafegar voz e dados através da rede de pacotes no protocolo IP (*Internet Protocol*). Esta tecnologia é baseada em padrões e recomendações aprovadas por institutos de padronização internacional, como o IETF (*Internet Engineering Task Force*) e o ITU (*International Telecommunications Union*).

Voz sobre IP é uma tecnologia que permite a digitalização e codificação de voz e o empacotamento de dados IP para a transmissão em uma rede que utilize TCP/IP.

Uma grande diferença entre uma aplicação de dados e uma aplicação de voz é que uma aplicação de voz é sensível ao atraso. Em uma rede IP não é possível garantir um atraso constante o que pode tornar uma aplicação de voz em tempo real, como por exemplo, uma ligação telefônica, em um serviço de baixa qualidade com voz entrecortada e muitas vezes inteligível.

Um grande engano é pensar que o maior benefício da Telefonia IP é para chamadas de longa distância de baixo custo. Apesar das ligações de longa distância realmente estarem promovendo o uso da telefonia IP, as razões pelas quais as companhias são atraídas é a facilidade de criação de serviços e a consolidação de suas redes. A principal vantagem de Voz sobre IP (*VoIP*) sobre a Rede Telefônica Pública Comutada (*RTPC*) é a facilidade de adição de novos serviços e funcionalidades, assim como a significativa diminuição dos custos de implantação e manutenção por parte das companhias telefônicas.

A segunda vantagem para a Telefonia IP é a consolidação das redes de dados. Atualmente, companhias telefônicas mantêm duas redes, uma para voz e outra para dados. Como redes de voz são 4 ou 5 vezes mais caras que as redes de dados, o uso de VoIP elimina as redes de voz, gerando grande redução dos custos. Transportar voz sobre uma rede de dados não é uma solução recente. Há anos a Embratel comercializa soluções baseadas em equipamentos TDM (*Time Division Multiplexing*), mas a solução é de alto custo, visto que há grande desperdício de largura de banda.[3]

Independente da tecnologia adotada, o movimento de integração entre voz e dados na mesma infra-estrutura de rede, há alguns anos já é esperada. As vantagens são claras com relação aos custos de manutenção de equipes técnicas, infra-estruturas diferenciadas e ligações internacionais são reduzidas com a integração das redes de voz e dados.

2.1 Ambiente de Voz Sobre IP

O termo Telefonia IP não é limitado apenas a comunicação entre dois computadores. Na realidade, a Telefonia IP refere-se ao fluxo de voz sobre pacotes transportados sobre redes que utilizam o protocolo IP para terminais onde o fluxo é decodificado em voz novamente. Estes terminais podem tanto ser computadores quanto telefones convencionais modulados.

2.1.1 Voz

A voz humana é uma forma de onda mecânica com frequências principais na faixa que vai de 300 Hz a 3,4 kHz, com alguns padrões de repetição definidos em função do timbre de voz e

dos fonemas emitidos durante a conversação. O primeiro problema da telefonia em geral é a reprodução com qualidade da voz humana em um terminal à distância.[5]

Em um ambiente de telefonia totalmente analógico isto é possível pela transmissão da forma de onda entre os interlocutores através de meio metálico, com possíveis amplificações analógicas. Isto, porém, representava um custo alto pela impossibilidade de se utilizar o meio físico para a transmissão de mais de um canal de conversação. Com o advento da telefonia digital, a voz é codificada em formato digital, que pode ser multiplexado no tempo de forma a compartilhar meios de transmissão.

Para enviar áudio sobre uma rede de dados, a forma de onda deve ser convertida em *bits* através de uma operação chamada de “*encoding*” (digitalização). Após isto, esses *bits* devem ser inseridos no campo de dados do protocolo de transporte.

Para que o sinal de voz possa ser transportado em uma rede de comutação de pacotes, é necessário que este seja convertido de sinal analógico para digital, e então, possa fazer parte do campo de dados de um pacote IP. Após ser transportada na rede na forma digital, a voz deve ser novamente convertida para a forma analógica no destino, de maneira a se tornar audível pelo ouvido humano. Nesta conversão analógica digital, do processamento do sinal de voz, pode-se identificar duas etapas bem definidas:[3]

- **Análise da voz:** é a parte do processamento da voz que converte o som para a forma digital para que seja armazenada apropriadamente nos sistemas de computação, e transmitida em redes digitais.
- **Sintetização da voz:** é a parte do processamento de voz que converte a voz da forma digital para a analógica, própria para a audição humana.

O objetivo de qualquer método de codificação de voz é produzir um conjunto de códigos de voz a uma taxa mínima para transmissão no meio.

Os dispositivos responsáveis pela codificação de voz são conhecidos como *voice codecs*, ou simplesmente *vocoders*. Estes elementos são responsáveis pela codificação da voz em fluxo de *bits*, possivelmente utilizando técnicas de compressão de voz e supressão de silêncio.

2.1.2 Redes de Dados

As redes de dados foram criadas para tornar possível o compartilhamento de recursos em empresas corporativas, mas com o desenvolvimento tecnológico a relação preço/desempenho viabilizou a disponibilização de novos recursos a pessoas físicas, como acesso a informações remotas e comunicação pessoa a pessoa.

As redes locais (*LANs*), são redes privadas contidas em um prédio ou em um campus que tenha alguns quilômetros de extensão. São muito usadas para conectar computadores pessoais com estações de trabalho em escritórios e instalações industriais, permitindo o compartilhamento de informações e recursos.

As redes geograficamente distribuídas (*WANs*), são responsáveis por transportar mensagens de um *host*¹ para outro. Esta estrutura de rede é altamente simplificada, pois separa os aspectos de comunicação pertencentes à sub-rede dos aspectos de aplicação.

Na maioria das *WANs*, a sub-rede consiste em dois componentes distintos: linha de transmissão ou circuitos de comunicação e elementos de comutação ou roteadores.

Existem duas importantes arquiteturas de rede baseadas em camadas: o modelo de referência OSI (*Open Systems Interconnection*) e o modelo de referência TCP/IP (*Transmission*

¹ Entende-se por estação de trabalho conectado a uma rede.

Control Protocol / Internet Protocol). O modelo de referência TCP/IP será tratado neste trabalho na seção 2.2.

2.2 Modelo de Referência TCP/IP

O modelo de rede TCP/IP é uma arquitetura que foi criada com o objetivo de conectar várias redes ao mesmo tempo.

Segundo Tanenbaum [11] o modelo TCP/IP é composto de 4 camadas que serão apresentadas nas seções 2.2.1-Camada de Host/Rede, 2.2.2-Camada de inter-redes, 2.2.3-Camada de transporte e 2.2.4-Camada de Aplicação.

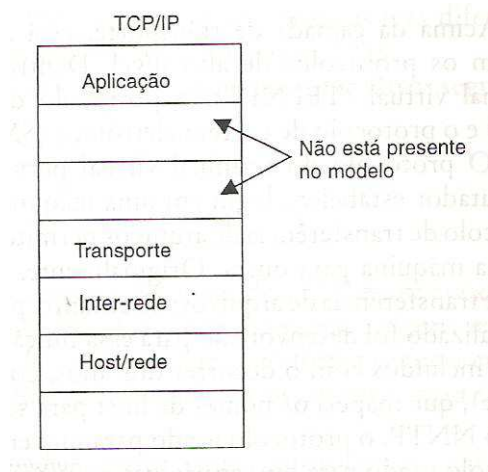


Figura 01 - Modelo de referência TCP/IP.

[TANENBAUM, p. 41].

2.2.1 Camada de Host/Rede

Abaixo da camada de inter-redes, encontra-se um grande vácuo. O modelo de referência TCP/IP não especifica coisa alguma, exceto pelo fato de que o *host* tem que se conectar com a rede utilizando um protocolo, para que seja possível enviar pacotes IP. Esse protocolo não é definido e varia de *host* para *host* e de rede para rede.

2.2.2 Camada de Inter-redes

A camada de inter-rede define um formato de pacote oficial e um protocolo chamado IP (*Internet Protocol*). Tem como função controlar a operação da sub-rede entregando pacotes IP onde eles são necessários. O roteamento é uma questão de grande importância nesta camada, assim como evitar congestionamentos.

2.2.3 Camada de Transporte

É a camada localizada acima da camada de rede no modelo TCP/IP. A finalidade dessa camada é permitir que as entidades dos *hosts* de origem e de destino mantenham uma conversação. Dois protocolos fim a fim foram definidos aqui. O TCP (*Transmission Control Protocol*), é o protocolo orientado a conexão confiável que permite a entrega sem erros de um fluxo de *bytes* originados de uma determinada máquina em qualquer computador da inter-rede. O TCP (*Transmission Control Protocol*) cuida também do controle de fluxo, impedindo que um transmissor rápido sobrecarregue um receptor lento com um volume grande de mensagens. O segundo protocolo é o UDP (*User Datagram Protocol*), é um protocolo sem conexão não

confiável para aplicações que não necessitam nem de controle de fluxo, nem da manutenção da sequência das mensagens enviadas.

2.2.4 Camada de Aplicação

Está localizada acima da camada de transporte e contém os protocolos de alto nível. Dentre eles estão o protocolo de terminal virtual (TELNET), o protocolo de transferência de arquivos (FTP) e o protocolo de correio eletrônico (SMTP), conforme Figura 02. O protocolo do terminal virtual permite que um usuário de um computador estabeleça *Login* em uma máquina remota e trabalhe nela. O protocolo de transferência de arquivos permite mover dados com eficiência de uma máquina para outra. Muitos outros protocolos foram incluídos com o decorrer do tempo, como o DNS (*Domain Name Service*), que mapeia os nomes de *hosts* para seus respectivos endereços de rede, e o http (*Hyper Text Markup Language*), o protocolo usado para buscar páginas WWW (*World Wide Web*).

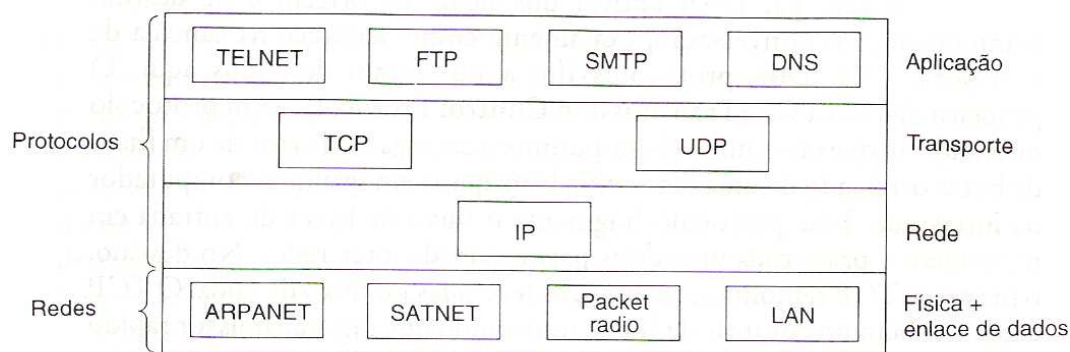


Figura 02 - Protocolos e redes no modelo TCP/IP.

[TANENBAUM, pág. 42]

2.3 Qualidade de Serviço (QoS)

O conceito de QoS (*Quality of Service*) foi amplamente ignorado no projeto inicial do protocolo IP (*Internet Protocol*). O IP foi construído e aperfeiçoado para transportar dados, mas não voz ou vídeo. Até então a qualidade de serviço em questão se voltava apenas para a integridade dos dados, ou seja, os dados não deveriam ser danificados ou perdidos. Hoje, com o desenvolvimento de redes, tornou-se possível transportar dados em tempo real sobre uma rede IP. Para esse novo tipo de tráfego é necessário a caracterização e o controle das flutuações na rede (fenômeno conhecido como *jitter*). O controle dessas flutuações se dá devido à necessidade de manter um *buffer* de pior caso para garantir a entrega oportuna dos pacotes. Os *buffers* de pior caso são espaços de armazenamento utilizados para garantir uma entrega de dados em uma taxa constante, armazenando dados que chegam mais rápido que o tempo necessário e utilizando essa reserva quando a rede sofrer uma queda no tráfego.

A taxa de perda de pacotes também é um parâmetro importante para QoS em uma rede de pacotes. Normalmente acontece quando há um congestionamento na rota dos dados, causando uma sobrecarga no *buffer* do roteador. [3]

2.3.1 Por que QoS

Na Internet e nas Intranets atuais, a largura de banda é um assunto importante. Mais e mais pessoas estão usando a Internet por motivos comerciais e particulares. O montante de dados que precisa ser transmitido através da Internet vem crescendo exponencialmente. Novos aplicativos, como RealAudio, RealVideo, Internet Phone e sistemas de videoconferência precisam cada vez de mais largura de banda que os aplicativos usados nos primeiros anos da

Internet. Enquanto que aplicativos Internet tradicionais, como WWW, FTP ou Telnet, não toleram perda de pacotes, mas são menos sensíveis aos retardos variáveis, a maioria dos aplicativos em tempo real apresenta exatamente o comportamento oposto, pois podem compensar uma quantidade razoável de perda de pacotes, mas são, normalmente, muito críticos com relação aos retardos variáveis. Isso significa que sem algum tipo de controle de largura de banda, a qualidade desses fluxos de dados em tempo real dependem da largura de banda disponível no momento.

Largura de banda baixa, ou mesmo largura de banda melhor, mas instáveis, causam má qualidade em transmissões de tempo real, com eventuais interrupções ou paradas definitivas da transmissão. Mesmo a qualidade de uma transmissão usando o protocolo de tempo real RTP depende da utilização do serviço de entrega IP subjacente. Por isso, são necessários conceitos novos para garantir uma QoS específica para aplicativos em tempo real na Internet. Uma QoS pode ser descrita como um conjunto de parâmetros que descrevem a qualidade (por exemplo, largura de banda, utilização de *buffers*, prioridades, utilização da CPU, etc.) de um fluxo de dados específico. A pilha do protocolo IP básica propicia somente uma QoS que é chamada de melhor tentativa. Os pacotes são transmitidos de um ponto a outro sem qualquer garantia de uma largura de banda especial ou retardo mínimo. No modelo de tráfego de melhor tentativa, as requisições na Internet são processadas conforme a estratégia do primeiro a chegar, primeiro a ser atendido. Isso significa que todas as requisições têm a mesma prioridade e são processadas uma após a outra. Não há possibilidade de fazer reserva de largura de banda para conexões específicas ou aumentar a prioridade de uma requisição especial. Assim, foram desenvolvidas novas estratégias para oferecer serviços previsíveis na Internet.

Hoje em dia, há dois princípios básicos para conseguir QoS na Internet: Serviços Integrados e Serviços Diferenciados. [3]

Os Serviços Integrados trazem melhoramentos ao modelo de rede IP para suportar transmissões em tempo real e garantir largura de banda para seqüências de dados específicas. Neste caso, definimos um fluxo de dados como uma seqüência distinguível de datagramas relacionados transmitidos de um único emissor para um único receptor que resulta de uma única atividade de usuário e requer a mesma QoS.

Cada aplicativo que inicia um fluxo de dados pode especificar a QoS exigida para esse fluxo. Se a ferramenta de videoconferência precisar de uma largura de banda mínima de 128 Kbps e um retardo de pacote mínimo de 100 ms para garantir exibição de vídeo contínua, essa QoS pode ser reservada para essa conexão.

O mecanismo de Serviços Diferenciados não usa sinalização por fluxo. Níveis diferentes de serviços podem ser reservados para grupos diferentes de usuários da Internet, o que significa que o tráfego todo será dividido em grupos com parâmetros de QoS's diferentes. Isso reduz a carga extra de manutenção em comparação com os Serviços Integrados. [3]

2.4 Limitações das Redes IP para Transmissão de Voz

As redes baseadas no protocolo IP oferecem algumas limitações para garantir uma qualidade na transmissão de voz e estas surgem em virtude das redes baseadas em IP serem redes de comutação de pacotes, em contraponto, as redes telefônicas são redes de comutação de circuitos.

A comutação de pacotes por sua vez é uma técnica de comunicação, onde a banda somente é utilizada quando é preciso e a banda não utilizada pode ser utilizada por outros pacotes entre origens e destinos não associados, pois os circuitos nunca são dedicados.

As redes de comutação de pacotes compartilham os recursos entre diversos usuários que desejam transmitir. Além disso, estas redes não alocam um caminho dedicado a uma conexão. Com isso, pacotes diferentes de um mesmo usuário podem ser transmitidos por caminhos diferentes. Desta forma, pode-se perder a ordenação dos pacotes transmitidos.

A comutação de circuitos é uma técnica de comunicação, onde a principal característica é a necessidade de se estabelecer um caminho fim a fim, antes que qualquer dado seja enviado. É reservada estaticamente a largura de banda necessária com antecedência e o que não for utilizada em um circuito alocado é simplesmente desperdiçada.

Nas redes de comutação de circuitos, um caminho fim a fim é estabelecido ao se efetuar a conexão entre o transmissor e o receptor. Além disso, após ser feita a alocação de banda e demais recursos da rede, esta fica dedicada somente àquela conexão, sem compartilhamento. Ganha-se com isso, uma garantia de Qualidade de Serviço (QoS) desejada. Por outro lado se perde na eficiência do uso dos recursos da rede, já que mesmo não transmitindo nada na banda alocada esta se encontrará inutilizada.

Outra dificuldade que aparece na transmissão de mídias que exigem cadência, como a voz, é que o serviço prestado pelas redes IP é do tipo “melhor esforço”. Assim, todos os pacotes são tratados de modo igual, o escalonamento é feito baseado em filas FIFO (*First In First Out*). Além disso, há ainda o atraso e a perda de pacotes, fatores estes descritos nas seções 2.4.1 e 2.4.2.

2.4.1 Atraso

Em um sistema de comunicação de áudio em tempo real, a interatividade pode ser

bastante comprometida caso o atraso de ponta-a-ponta seja maior que 300 ms, fazendo com que a comunicação se torne *half-duplex*² em vez de *full-duplex*³. [3]

O atraso de pacotes pode vir de várias formas, que somadas, geram o atraso total do pacote. Esses diferentes atrasos são:

- atraso de codificação e decodificação de pacotes;
- atraso variado dos pacotes ao serem transportados através da rede;
- atrasos causados pelos sistemas operacionais dos equipamentos de origem e destino.

a) Atraso de Codificação

A codificação é utilizada para diminuir a taxa de comunicação necessária para a transmissão de voz. Com o uso dos codificadores, os dados são comprimidos fazendo com que a taxa se torne bastante reduzida. Além disso, o uso de compressão aumenta o atraso, fazendo com que a qualidade de voz no receptor após a decodificação seja degradada. Devendo assim haver um compromisso entre a taxa de comunicação, a complexidade computacional e a qualidade do codificador.

b) Atraso causado pela rede

O atraso que o pacote de voz sofre no seu percurso através da rede é dependente da situação de congestionamento naquele instante, por isso se torna variável.

² Transmissão de dados em que a informação é enviada nos dois sentidos, mas não de forma simultânea.

³ Transmissão de dados em que a troca de informação ocorre nos dois sentidos simultaneamente.

c) Atraso causado pelo sistema operacional

Os sistemas operacionais atualmente são multitarefa, o que afeta seriamente aplicações em tempo real. Caso existam muitos processos rodando na máquina e esses processos consumam ou utilizem muito a capacidade da CPU (Unidade Central de Processamento), o atraso experimentado pelos *frames*⁴ de voz que estão armazenados nos *buffers* dos drivers dos dispositivos será maior. Caso exista um fluxo contínuo de *frames* de voz o acúmulo será cumulativo.

Portanto, o atraso causado pelo sistema operacional aumenta o atraso total que cada pacote sofre, fazendo com que aumente o tempo que a fala do interlocutor de origem gasta para chegar ao interlocutor de destino, prejudicando a interatividade.

2.4.2 Perdas De Pacotes

As redes baseadas no protocolo IP não garantem a entrega dos pacotes. Quando a rede está sobrecarregada, ocorrem congestionamentos e a perda de pacotes é inevitável. Além da perda propriamente dita, os pacotes que chegam ao seu destino muito atrasados são considerados perdidos e descartados pelo programa de comunicação de voz.

A perda de pacotes afeta diretamente a qualidade de voz reproduzida no receptor, provocando pausas que são desconfortáveis para quem escuta. Quando a taxa de perdas de pacotes aumenta, ocorrem problemas de inteligibilidade que prejudicam consideravelmente a comunicação.

⁴ Corresponde a quadros, pacotes de dados.

2.4.3 O Protocolo de Transporte

Além do atraso e perda de pacotes, as redes podem também corromper o conteúdo dos pacotes, fazendo com que os pacotes que chegam ao seu destino sejam descartados, durante o processo de checagem feito pelo protocolo de transporte utilizado.

Os pacotes podem também ser duplicados nos nós roteadores. Isso ocorre como consequência do funcionamento dos protocolos. Os pacotes duplicados não são descartados por alguns protocolos de transporte, como o UDP (*User Datagram Protocol*), e devem ser gerenciados pelas aplicações.

Outro fator seria o caso dos pacotes chegarem ao seu destino fora de ordem, pois os pacotes são considerados independentes pela rede IP. Os nós roteadores podem alterar suas tabelas de roteamento e os pacotes podem seguir trajetos com características de congestionamentos diferentes, consequentemente com tempo de trânsito diferentes. O protocolo TCP (*Transfer Control Protocol*) é capaz de reordenar os pacotes, mas o mesmo não ocorre com o protocolo UDP.

2.5 Protocolos Específicos

A comutação de Voz sobre IP exige presença de alguns Protocolos Específicos que possibilitarão a comunicação em tempo real.

Será tratado na seção 2.5.1 o Protocolo H.323 e na seção 2.5.2 o Protocolo RTP/RCTP (*Real Time Protocol/Real Time Control Protocol*).

2.5.1 Protocolo H.323

Com os avanços nos sistemas de comunicações e com a popularização de serviços sobre as redes de computadores, surgem diariamente novas oportunidades e também novos desafios. Antigamente, os aplicativos de intercâmbio de dados não necessitavam de suporte para executar, por exemplo, operações em tempo real, contudo essa realidade mudou. Dentro desse contexto temos o padrão H.323 que descreve como áudio, vídeo, dados e informações de controle podem ser gerenciados em uma rede baseada em pacotes para disponibilizar serviços de conversação em equipamentos H.323.

O padrão H.323 provê uma arquitetura de ação de dados multimídia, para redes baseadas no protocolo IP. O H.323 permite também que produtos de multimídia e aplicações de fabricantes diferentes possam interoperar de forma eficiente e que os usuários possam se comunicar sem preocupação com a velocidade da rede. H.323 é uma recomendação da *International Telecommunication Union* (ITU-T), órgão que define padrões para redes de computadores e telecomunicações. [3]

A recomendação H.323 tem como uma de suas características a flexibilidade, pois pode ser aplicada tanto à voz, quanto a vídeo conferência e multimídia. Aplicações H.323 estão se tornando populares no mercado corporativo por várias razões, dentre elas podemos citar:

a) o H.323 define padrões de Voz para uma infra-estrutura existente, além de ser projetado para compensar o efeito de latência⁵ em LANs, permitindo que os clientes possam usar aplicações de voz sem mudar a infra-estrutura de rede;

⁵ O tempo que transcorre desde o momento em que um cliente inicia uma conexão, até o instante em que ele recebe o objeto requisitado na íntegra.

- b) as redes baseadas em IP estão ficando mais velozes, além da largura de banda para redes com arquitetura Ethernet estarem migrando de 10 Mbps para 100 Mbps, e a Gigabit Ethernet está fazendo progressos no mercado;
- c) o H.323 provê padrões de interoperabilidade entre LANs e outra redes;
- d) o fluxo e dados em redes podem ser administrados. Com o H.323, o gerente de rede pode restringir a quantidade de largura de banda disponível para conferências e voz. O suporte à comunicação *Multicast* ⁶ também reduz exigências de largura de banda;
- e) a especificação H.323 tem o apoio de muitas empresas de comunicação e organizações, incluindo a Intel, Microsoft, Cisco e IBM. Os esforços destas companhias estão gerando um nível mais alto de consciência no mercado.

O protocolo H.323 utiliza em suas diversas funcionalidades uma família de recomendações ITU-T: H.225 para conexão, H.245 para controle, H.332 para conferências, H.335 para segurança, H.246 para interoperabilidade com RTPC e a série H.450.x para serviços suplementares. Todos estes padrões fazem parte da série H de recomendações.

Verifica-se também na recomendação H.323, os elementos que compõem uma rede de telefonia IP. [3]

Terminal H.323 – Computador onde está implementado o serviço de telefonia IP, atuando como terminal de serviço de telefonia IP, como terminal de voz, vídeo e dados, através de recursos multimídia. Esses são os clientes da LAN que fornecem comunicação em tempo real e nas duas direções.

⁶ Processo de envio de um pacote de um remetente para múltiplos destinatários em uma única operação de envio.

Gateway H.323 – Elemento situado entre uma rede IP e outra de telecomunicações, como o sistema telefônico convencional (RTPC), rede integrada de serviços digitais (RDSI), rede de telefonia celular, de forma a permitir a interoperabilidade entre as duas redes.

Gatekeeper – Ele é o componente mais importante de um sistema H.323 e executa a função de gerente. Ele atua como ponto central para todas as chamadas dentro de sua zona, é a agregação do *gatekeeper* e dos terminais registrados nela, e fornece serviços aos pontos finais registrados. Algumas das funcionalidades que os *gatekeepers* fornecem são:

- a) **tradução de endereços:** tradução de um endereço alias (que pode ser um endereço de e-mail, um número telefônico ou algo similar) para um endereço de transporte;
- b) **controle de admissão:** o *gatekeeper* pode permitir ou negar acesso baseado em autorização de chamada, endereço de fonte e destino, etc;
- c) **sinalização de chamada:** o *gatekeeper* controla o processo de sinalização entre dois pontos finais que querem se conectar;
- d) **autorização de chamada:** o *gatekeeper* pode rejeitar chamadas de um terminal devido a falhas de autorização através do uso de sinalização H.225;
- e) **gerenciamento de largura de faixa:** Controle do número de terminais que podem acessar simultaneamente a rede. Através do uso da sinalização H.225, o *gatekeeper* pode rejeitar chamadas de um terminal devido à limitação de largura de faixa;
- f) **gerenciamento da chamada:** O *gatekeeper* pode manter uma lista de chamadas H.323 em andamento. Essa informação pode ser necessária para indicar que um terminal chamado está ocupado, e fornecer informações para a função de gerenciamento de largura de faixa.

2.5.2 RTP/RCTP – REAL TIME PROTOCOL/REAL TIME CONTROL PROTOCOL

O RTP é um protocolo padrão para transporte de dados com características de tempo real, como vídeo e áudio, que pode ser usado em diferentes serviços como mídia sob demanda e interativos. O protocolo é composto por uma parte de transmissão de dados e outra de controle, chamada RTCP (*Real Time Control Protocol*). A parte de dados consiste de um protocolo leve, que provê suporte para aplicações com características de tempo real, incluindo reconstrução temporal de mensagens, detecção de perdas, segurança, selo de tempo e identificação de conteúdo.

O protocolo de transporte envolve acompanhar o fluxo de *bits* gerados pelo codificador de mídia, normalmente a telefonia IP, quebrando em pacotes, enviando-os pela rede e reproduzindo o fluxo de *bits* no receptor. O processo é complexo porque pacotes podem ser perdidos, ter atrasos variados e ser entregue fora de ordem. O protocolo de transporte deve permitir ao receptor detectar estas perdas. Ele deve também transportar informações de temporização de forma que o receptor possa fazer também compensação para o atraso.

Algumas funcionalidades do RTP são: seqüenciamento, sincronismo intramídia, identificação de conteúdo, identificação de quadro, identificação de origem.

Já o RCTP, que acompanha o RTP, provê informações adicionais sobre seus participantes, tais como retorno de informações de qualidade de serviço, sincronismo intermídia e identificação do usuário.

RTCP necessita que todos os participantes enviem estas informações periodicamente. O protocolo usa o mesmo endereço do RTP, porém em porta diferente.

Aplicações em tempo real, tais como VoIP e fluxo de vídeo, têm um número de requisitos que as distinguem dos serviços de dados tradicionais da Internet: [3]

- a) **seqüência:** Os pacotes devem ser reordenados em tempo real no receptor, caso eles cheguem fora de ordem. Se um pacote é perdido, ele deve ser detectado e compensado sem retransmissão;
- b) **sincronização intra-mídia:** O intervalo de tempo que existe entre pacotes sucessivos deve ser transmitida ao receptor como informação de controle;
- c) **identificação de *frame*:** Vídeo e voz são enviados em unidades lógicas chamadas *frames*. É necessário indicar para o receptor onde é o início ou fim do *frame*, de forma a auxiliar no sincronismo da entrega dos dados.

3 SKYPE

O Skype é um programa gratuito para conversas de voz em tempo real através da Internet, permite também troca de mensagens de texto e enviar/receber arquivos. Desenvolvido pelas mesmas pessoas que iniciaram o projeto Kazaa ⁷. O Skype é um comunicador de voz instantâneo que utiliza tecnologia *Peer-to-Peer* (P2P), que é a comunicação entre dois computadores. Com ele é possível realizar conversas de voz em tempo real através da Internet mesmo em condições precárias ou restritivas. Permite conversar gratuitamente com até 5 pessoas ao mesmo tempo (conferência) em qualquer lugar do mundo que também possua acesso Internet e o Skype instalado. O Skype funciona através de *firewall* ⁸, exigindo apenas que a porta TCP/IP de número 80 usada para recepção de páginas Web esteja aberta, através de NAT ⁹ (*Network Address Translation*) e roteadores, sem necessidade de nenhuma configuração adicional. Muitos programas de comunicação requerem ajuste manual ou não funcionam em redes com essa configuração. Possui lista de contatos possibilitando cadastrar os amigos e também permite realizar buscas por país, sexo, cidade etc. Possui qualidade de som superior à de um telefone e funciona com qualquer tipo de acesso, seja discado ou dedicado (CABLE/ADSL/ISDN). Por utilizar a tecnologia P2P o Skype consegue descobrir e utilizar o melhor caminho possível de um ponto a outro e dessa forma obter maior velocidade e qualidade na comunicação. Tal qualidade supera até mesmo as linhas telefônicas convencionais. Seleciona de forma automática o melhor *codec* ¹⁰ de voz de acordo com as condições de tráfego. Utiliza em média de 3 a 16 Kbps dependendo das condições entre os pontos da rede e dos computadores. Oferece também *criptografia* ¹¹ automática da voz transmitida, usando um algoritmo AES (*Advanced*

⁷ Software compartilhador de arquivos na Internet.

⁸ Software ou equipamento que tem como principal função proteger uma rede ou uma máquina contra acessos não autorizados.

⁹ Técnica usada para segurança, bem como para evitar problemas de re-endereçamento.

¹⁰ Codificador / Decodificador.

¹¹ Criptografia da voz transmitida.

Encryption Standard), com uma chave de 256 bits. A troca das chaves no início da transmissão também é segura, usando a técnica de criptografia RSA (*Rivest, Shamir e Adelman*), nome dos três criadores da tecnologia. Logo, as conversas ficam protegidas contra espões eliminando a preocupação com o sigilo das mesmas. Oferece outros recursos, entre eles controle de privacidade, bloqueio durante conversação, secretária eletrônica, também chamada de Skypevoicemail, que funciona como uma caixa postal de voz, semelhante a uma caixa postal de um telefone convencional.

O Skype oferece também o serviço SkypeOut que permite, através da compra de créditos no próprio site “Skype.com”, realizar ligações do computador para qualquer telefone do mundo, fixo ou móvel, com tarifas reduzidas. Há também o serviço SkypeIn que é a assinatura de uma linha telefônica virtual para receber ligações feitas de telefones fixos e celulares, o qual fará o atendimento desta chamada no computador, vale lembrar que este serviço é tarifado. O SkypeIn ainda não oferece números de telefone no Brasil, mas Janus Friis co-fundador do Skype, em entrevista a Revista Info, revelou que tem interesse em expandir seu serviços para o Brasil muito em breve, pelo fato do Brasil ser um mercado forte na área de telefonia. As ligações de micro para micro são gratuitas. É recomendado o uso de *Headset* (fone de ouvido com microfone acoplado).

O Skype pode ser utilizado em Windows 98 ou ME, mas não é recomendado, pois algumas placas de vídeo utilizadas nesses sistemas utilizam 100% da capacidade do processador por longos períodos de tempo, o que pode prejudicar a qualidade do áudio.

Algumas versões do Skype para o Windows 2000 ou XP foram a Beta 0.95, Beta 0.95.0.25, Beta 1.0.0.29, Beta 1.2.0.21 e a atual Beta 1.2.0.48 lançada em 21 de abril de 2005, versão esta que possui os serviços de SkypeIn, SkypeOut e Skypevoicemail. [9]

Atualmente existem quatro versões do Skype, para o Windows 2000 ou XP, Linux, MAC OS X e PocKet PC. [9]

3.1 Tecnologia Utilizada pelo Skype

A tecnologia de comunicação do Skype é conhecida como *Peer-to-Peer* (P2P), é uma tecnologia que permite que qualquer dispositivo capaz de comunicar também seja capaz de fornecer serviços a qualquer outro dispositivo capaz de comunicar. Um dispositivo numa rede P2P pode permitir o acesso a qualquer tipo de recurso que possui documentos, capacidade de armazenamento, capacidade de processamento ou mesmo o seu operador humano. Embora P2P possa parecer um pouco irrealista, a tecnologia é uma extensão natural da filosofia da robustez através da descentralização da Internet. Assim como a Internet fornece serviços de nomes DNS (*Domain Name System*), servidores de documentos, de e-mail e outros, espalhando a responsabilidade por milhares de servidores, P2P tem a capacidade de possibilitar um novo conjunto de aplicações poderosas através da partilha de recursos espalhados por todos os cantos da Internet. [13]

A maioria dos serviços de Internet são distribuídos utilizando a tradicional arquitetura cliente-servidor, ilustrada na Figura 03. Grande parte do processamento envolvido no serviço ocorre no servidor, deixando o cliente liberto. Grande parte das aplicações populares na Internet, como o correio eletrônico, transferência de ficheiros e mesmo a *World Wide Web* utilizam este modelo de serviço-entrega. [13]

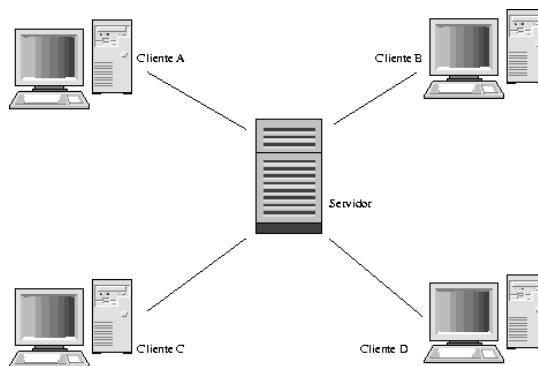


Figura 03 - Arquitetura Tradicional dos Serviços na Internet

[TAVARES]

A tecnologia P2P possibilita às máquinas individuais a capacidade de fornecer serviços umas às outras. Ao contrário da arquitetura cliente/servidor, redes P2P não dependem de servidores centrais e normalmente trabalham fora do sistema de nomeação da Internet: o DNS.

Ao contrário da arquitetura cliente/servidor, as redes P2P disponibilizam a rede de interligação plena e inter-conectada (vide Figura 04). Permitindo que computadores intermitentes se descubram uns aos outros. A tecnologia P2P permite que estes computadores se comportem como clientes e servidores de uma forma dependente da aplicação envolvida.

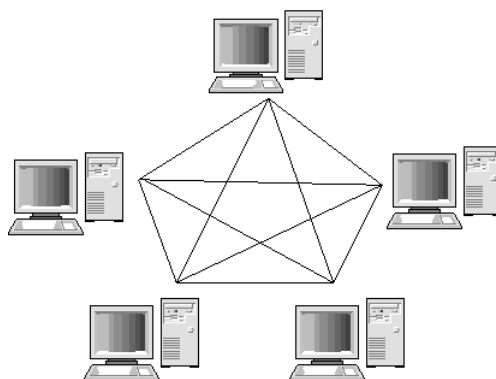


Figura 04 - Arquitetura de uma rede *Peer-to-Peer*

[TAVARES]

A grande vantagem das redes P2P é a distribuição da responsabilidade de fornecer serviços por todos os pontos da rede. Este fato elimina a falha do serviço devido a um único ponto da rede. Além do mais, redes P2P exploram a disponibilidade da largura de banda usando vários canais de comunicação, e preenchendo a largura de banda da Internet.

3.2

Características

O Skype a cada dia atrai um número maior de usuários, isto devido a vantagens que o programa disponibiliza aos usuários como chamadas telefônicas ilimitadas e grátis através da Web para qualquer outro usuário Skype. Possui uma qualidade de som boa, operando com *firewall*, NAT e roteadores sem a necessidade de configuração manual, a lista *Friends* exibe os contatos on-line no Skype e prontos para conversar ou efetuar *chat*, simplicidade, facilidade de uso e segurança, visto que as conversas são *encryptadas* "usuário-para-usuário" para sua maior privacidade.

3.3 Sistema Mínimo Requerido pelo Skype

Para o uso em Windows 2000 ou XP o sistema mínimo requerido é um processador de 400 MHz, 128 MB de RAM, 10 MB de espaço livre no disco, placa de som, caixas de som e microfone, conexão Internet mínima de 33.6 Kbps. [14]

3.4 Tarifas

O Skype além de permitir seu uso grátis em ligações nacionais e internacionais de computador para computador, ainda permite que seus usuários possam fazer ligações para telefones fixos ou celulares.

Através do SkypeOut, o usuário compra créditos direto do *site* Skype, por meio de um cartão de crédito internacional. A compra de créditos pode ser de € 10.00 (aproximadamente R\$ 30,39), € 25.00 (aproximadamente R\$ 75,97) ou € 50.00 (aproximadamente R\$ 151,95) preços com base na cotação do euro do dia 06/06/2005. O gerenciamento destes créditos é realizado diretamente na janela do Skype ou no *site* oficial.

De acordo com o *site* SkypeBrasil as ligações podem ser feitas de onde o usuário estiver para qualquer telefone fixo de São Paulo a R\$ 0,07 (sete centavos) o minuto, Rio de Janeiro a R\$ 0,08 (oito centavos) o minuto, qualquer telefone fixo do Brasil a R\$ 0,14 (quatorze centavos) e para qualquer celular do país a R\$ 0,56 (cinquenta e seis centavos). No caso de ligações para os Estados Unidos ou países da Europa, poderá ligar para telefone fixo a 0,07 (sete centavos) o minuto.

Outro serviço oferecido pelo Skype é o Skypevoicemail o qual também é cobrado uma taxa para este serviço de € 5,00, aproximadamente R\$ 15,19 (por três meses) ou € 15,00 aproximadamente R\$ 45,45 (por 12 meses). [12]

3.5 Skype X Operadoras Telefônicas

Para demonstrar a vantagem do Skype com relação a tarifas sobre as principais companhias telefônicas do Brasil efetuou-se uma comparação com base em valores extraídos do site “comparatel.com.br” e “Skypebrasil.com”. Os valores descritos correspondem às tarifas cobradas por minuto de ligação de telefone fixo para telefone fixo, em dias úteis.

A seguir, com o intuito de traçar um paralelo entre o Skype e as operadoras de telefonia, serão apresentados estudos comparativos das tarifas praticadas no mercado atualmente.

As empresas de telefonia consideradas para este comparativo foram Embratel, Intelig, Telemar.

As Tabela 01 e Tabela 02 apresentam o comparativo de custos para ligações nacionais destinadas a telefones fixos tendo como origem a cidade de Barbacena – MG, nos horários de 13 horas e 22 horas, respectivamente.

	Destino da ligação			
	Rio de janeiro	São Paulo	Belo Horizonte	Barbacena
Embratel	R\$ 0,44	R\$ 0,52	R\$ 0,44	-
Telemar	R\$ 0,43	R\$ 0,52	R\$ 0,43	R\$ 0,27
Intelig	R\$ 0,67	R\$ 0,67	R\$ 0,67	-
Skype	R\$ 0,08	R\$ 0,07	R\$ 0,14	R\$ 0,14

Tabela 01 – Ligações nacionais para telefones fixos no horário de 13:00 horas

Nota-se que o Skype apresentou um melhor custo de ligação/minuto em comparação com as demais operadoras.

	Destino da ligação			
	Rio de janeiro	São Paulo	Belo Horizonte	Barbacena

Embratel	R\$ 0,24	R\$ 0,32	R\$ 0,24	-
Telemar	R\$ 0,24	R\$ 0,32	R\$ 0,24	R\$ 0,27
Intelig	R\$ 0,67	R\$ 0,67	R\$ 0,67	-
Skype	R\$ 0,08	R\$ 0,07	R\$ 0,14	R\$ 0,14

Tabela 02 – Ligações nacionais para telefones fixos no horário de 22:00 horas

Observa-se que o Skype novamente obteve um melhor custo nas ligações em horário noturno como observado na Tabela 02. Esse ganho se deve ao fato do Skype possuir tarifação única independente do dia da semana e do horário.

As Tabela 03 e Tabela 04 apresentam o comparativo de custos para ligações internacionais destinadas a telefones fixos tendo como origem a cidade de Barbacena – MG, nos horários de 13 horas e 22 horas, respectivamente.

	Destino da ligação		
	Tóquio	Nova York	Londres
Embratel	R\$ 1,89	R\$ 1,12	R\$ 2,24
Telemar	R\$ 1,30	R\$ 0,94	R\$ 1,30
Intelig	R\$ 1,49	R\$ 1,08	R\$ 1,49
Skype	R\$ 0,05	R\$ 0,05	R\$ 0,05

Tabela 03 – Ligações internacionais para telefones fixos no horário de 13:00 horas

Nota-se que o Skype apresentou um melhor custo de ligação/minuto em comparação com as demais operadoras.

Destino da ligação

	Tóquio	Nova York	Londres
Embratel	R\$ 1,89	R\$ 1,12	R\$ 2,18
Telemar	R\$ 1,30	R\$ 0,94	R\$ 1,30
Intelig	R\$ 1,49	R\$ 1,08	R\$ 1,49
Skype	R\$ 0,05	R\$ 0,05	R\$ 0,05

Tabela 04 – Ligações internacionais para telefones fixos no horário de 22:00 horas

Observa-se que o Skype novamente obteve um melhor custo nas ligações em horário noturno como observado na Tabela 04. Esse ganho se deve ao fato do Skype possuir tarifação única independente do dia da semana e do horário.

3.6 Como Fazer Ligações Usando o SkypeOut

A função SkypeOut tem como objetivo fazer ligações através do software Skype para telefones fixos ou móveis do mundo inteiro. Sendo assim possível efetuar ligações para telefones fixos ou móveis (celulares) apenas discando: + (código do país de destino da ligação) (DDD) (Número do telefone), por exemplo, para ligar para o número (11) 3265-8578, de São Paulo, ficaria assim, +551132658578. Ligações para celulares são realizadas da mesma forma que para telefones fixos, por exemplo, para ligar para o número (11) 9711-8578, de São Paulo, ficaria assim, +551197118578. [14]

4 CONCLUSÃO

O VoIP é uma tecnologia que ganha muitos adeptos, entre eles as grandes empresas, como Casas Bahia, GM e Ford. Adotando a tecnologia VoIP, os usuários, reduzem não só o custo com chamadas a longa distância mas também possibilitam a criação de serviços e a consolidação de suas redes, assim conseguem uma significativa diminuição nos custos de implantação e manutenção por parte das companhias telefônicas.

Para os usuários domésticos, o VoIP também é uma boa maneira de fazer ligações para qualquer lugar do mundo com tarifas baixas. Seja do computador, usando um software de ligação VoIP, ou seja, com um aparelho telefônico que faz ligações por Voz sobre IP.

É uma tecnologia que tende a se estabilizar devido ao crescente número de usuários o que refletirá em novos serviços sendo agregados ao VoIP.

4.1 Trabalhos Futuros

Este trabalho teve como objetivo mostrar a tecnologia de comunicação Voz sobre IP, tecnologia esta com uma área de pesquisa muito grande. Sendo assim sugiro como trabalhos futuros:

- A Implementação de um programa de Voz sobre IP;
- Comparação através de testes do software Skype com outros softwares de Voz sobre IP;
- Estudo da implantação de Voz sobre IP em cima de uma rede IPv6.

BIBLIOGRAFIA

- [1] **Comparador de tarifas telefônicas**. Disponível em: <<http://www.comparatel.com.br/static/>>. Acessado em 01/06/2005.
- [2] GHELIN, Rodrigo P. **Fale de Graça com o Skype**. Disponível em: <<http://www.winajuda.com/tutorial29.php>> .Acessado em 15/05/2005.
- [3] HERSENT, Oliver; GUIDE, David; PETIT, Jean-Pierre. **Telefonia IP**. 1. ed. São Paulo: Makron 2002.
- [4] KUROSE, James F.; ROSS Keith W. **Redes de Computadores e a Internet: uma nova abordagem**. São Paulo: Addison Wesley.
- [5] MONTEIRO, Rafael Flister. **Implementação de Transporte Robusto de Voz em Redes Baseadas em Protocolo IP**. UFMG – Universidade Federal de Minas Gerais, 2000. Disponível em: <<http://flister.sites.uol.com.br>>. Acessado em 02/03/2005.
- [6] OLIVEIRA, Sergio. **Telefonia IP para Ambientes Moveis Usáveis**. UFMG – Universidade Federal de Minas Gerais, 2000. Disponível em: <<http://www.dcc.ufmg.br/%7Esergioool/diss.pdf>>. Acessado em 02/03/2005.
- [7] PETERSON, Larry; DAVIE, Bruce F. **Rede de Computadores: uma abordagem sistemática**. Rio de Janeiro: LTC, 2004.
- [8] RIBEIRO, Roberto Pova. **Telefonia via Internet**. Disponível em: <<http://www.reservaer.com.br/biblioteca/e-books/skype/>>. Acessado em 15/04/2005
- [9] **Skype Brasil**. Disponível em: <<http://www.b-log.net/skype/>>. Acessado em 15/05/2005.
- [10] SITOLINO, Cláudio Luis; ROCHOL Juergen. **Voz sobre IP: um estudo experimental**. UNOESTE – Universidade do Oeste Paulista. Disponível em: <http://www.redesdecomputadores.com.br/apostilas/apostilas_telefonia.php>. Acessado em 04/02/2005.

[11] TANENBAUM, Andrew S. **Redes de Computadores**. 3. ed. Rio de Janeiro: Campus, 1997.

[12] **Tarifas Skype**. Disponível em: <<http://www.credicel.com.br/tarifa.htm>> . Acessado em 25/04/2005.

[13] TAVARES, Nuno Miguel. **Peer-to-Peer Computing** . Disponível em: <http://gnomo.fe.up.pt/~eol/MEMBERS/nuno_sousa/old/ppc/artigo.html>. Acessado em 15/05/2005.

[14] **Tutorial Skype**. Disponível em: <<http://www.babooforum.com.br/idealbb/view.asp?topicID=263352>>. Acessado em 10/05/2005.