

**FACULDADE DE ADMINISTRAÇÃO E NEGÓCIOS DE
SERGIPE – FANESE
NÚCLEO DE PÓS-GRADUAÇÃO E EXTENSÃO – NPGE
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO “LATU SENSU”
ESPECIALIZAÇÃO EM REDES DE COMPUTADORES**

SÉRGIO ANDRADE DOS SANTOS

**DA REDE PÚBLICA DE TELEFONIA COMUTADA À VOZ SOBRE
PROTOCOLO INTER-REDES: conceitos da convergência**

**Aracaju – SE
2010**

SÉRGIO ANDRADE DOS SANTOS

**DA REDE PÚBLICA DE TELEFONIA COMUTADA À VOZ SOBRE
PROTOCOLO INTER-REDES: conceitos da convergência**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao Núcleo de Pós-
Graduação e Extensão da FANESE
como requisito para obtenção do título
de Especialista em Redes de
Computadores.

Aracaju – SE
2010

SÉRGIO ANDRADE DOS SANTOS

**DA REDE PÚBLICA DE TELEFONIA COMUTADA À VOZ SOBRE
PROTOCOLO INTER-REDES: conceitos da convergência**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado do Núcleo de Pós-Graduação e Extensão – NPGE, da Faculdade de Administração de Negócios de Sergipe – FANESE como requisito para obtenção do título de Especialista em Redes de Computadores

Prof. Msc. Sérgio Andrade Galvão

Prof. Msc. Mário Vasconcelos de Andrade

Sérgio Andrade dos Santos

Aprovado com média: _____

Aracaju (SE), 26 de fevereiro de 2010.

SUMÁRIO

RESUMO.....	5
ABSTRACT.....	6
1 INTRODUÇÃO	7
2 BREVE HISTÓRICO DA TELEFONIA	8
2.1 A Invenção de Graham Bell	8
2.1 Sistema de Comutação	8
2.2 Evolução do Sistema de Comutação.....	9
3 AS REDES DE COMPUTADORES	10
3.1 Protocolos TCP e IP	10
3.2 Protocolo UDP	11
3.3 Protocolo SCTP	11
4 CONCEITOS DE VoIP E TELEFONIA IP	12
5 PROCESSO DE DIGITALIZAÇÃO DA VOZ	13
5.1 Codificadores e Decodificadores.....	13
6 QUALIDADE DO SERVIÇO EM REDES IP	15
6.1 Comutação de Pacotes e Enfileiramento	15
6.2 Padrões da QoS.....	15
7 PROTOCOLOS VoIP	17
7.1 Protocolo H.323	17
7.2 Protocolo SIP	18
7.3 Comparativo H.323 e SIP	19
8 EXEMPLOS DE CENÁRIOS DE UTILIZAÇÃO DA VoIP	21
8.1 Uso da VoIP em Redes sem Fio	21
8.2 Tronco Digital Privado	21
9 CONSIDERAÇÕES FINAIS	23
REFERÊNCIAS.....	24

RESUMO

Desde sua invenção que o telefone tem sido largamente utilizado. Com o advento da eletrônica e dos computadores digitais, o sistema telefônico evoluiu juntamente com os computadores e suas redes. Embora as redes de computadores tenham sido inicialmente projetadas para transportar apenas dados, a convergência trouxe a transmissão da voz em tempo real para as redes de computadores. Trata-se da VoIP. Isto quer dizer que a voz é transmitida através das redes de computadores como pacotes de dados em tempo real provendo uma conversação telefônica. Para que isto possa ocorrer, a digitalização da voz e sua transmissão devem ser padronizadas. Esta padronização é feita por protocolos. Através de uma abordagem bibliográfica, este artigo apresenta os conceitos mais importantes relativos a VoIP, QoS e seus protocolos. Exemplifica, também, alguns cenários referentes ao uso da VoIP e pondera alguns outros objetivos de pesquisa para trabalhos futuros.

Palavras-chave: Voip, QoS, telefonia, redes de computadores.

ABSTRACT

Since its invention telephone has been widely used. With the advent of digital electronics and computers, the telephony system has evolved along with computers and its networks. Although computers networks were initially designed to transport only data, convergence has bring real time voice transmission to be part of computer networks. This is called Voice over IP. It means that voice is being transported through computers networks as data packets in real time providing a telephone conversation. To this happen, voice digitalization and transmission must be standardized. This standardization is done by protocols. Through a bibliographical approach, this article states the most important definitions concerning VoIP, QoS and their protocols. In addition, it exemplifies some scenarios regarding use of VoIP and considers some other research scopes to future works.

Key words: VoIP, QoS, telephony, computer networks.

1 INTRODUÇÃO

O uso do telefone é uma maneira bastante conveniente de se falar com outra pessoa distante. Nestes mais de cem anos desde sua invenção, ele passou a fazer parte da vida diária das pessoas tanto em atividades pessoais quanto profissionais. Além da telefonia, os computadores digitais e suas redes são também exemplos de tecnologias que se tornaram populares. A internet, rede mundial de computadores, que conecta usuários em todo o planeta, é o maior indicativo desta popularidade. A telefonia, por sua vez, aproveitou o uso dos computadores digitais para evoluir, substituindo seus sistemas mecânicos por digitais. Agora, seguindo um caminho inverso, é o telefone que converge para as redes de computadores.

Para entender esta convergência, este artigo tem como escopo principal apresentar os conceitos referentes à transmissão de voz em tempo real em uma rede de computadores. Secundariamente, apontar a questão do desafio deste tipo de transmissão em uma rede que não foi inicialmente projetada para tal. Por fim, exemplificar alguns cenários de utilização desta tecnologia e apresentar propostas de temas relacionados para expandir esta pesquisa.

Cumpr-se também evidenciar a importância de se tratar deste assunto tanto no âmbito acadêmico, quanto mercadológico, ou seja, na esfera das relações econômicas. No primeiro, deve-se considerar que a convergência traz novos conceitos e desafios na formação de um profissional que irá atuar na área de tecnologia da informação. Revisar toda uma literatura para um novo serviço de rede pode ser dispendioso. Neste caso, ter acesso aos conceitos de forma mais direta e simplificada permite que os recursos disponíveis sejam direcionados para o aprofundamento de temas ligados a telefonia através de redes de computadores.

No contexto econômico, a convergência de serviços permite que uma mesma infraestrutura possa suportar a transmissão de dados e voz. Desta forma, há redução de custos em infraestrutura e em gastos com telefonia. Ainda há as vantagens das facilidades que as redes de computadores podem agregar ao serviço.

Desta forma, a partir de uma pesquisa bibliográfica, baseando-se em livros técnicos e revistas especializadas, este artigo aborda os conceitos essenciais ao conhecimento do tema. Justifica-se, portanto, esta metodologia, pois uma vez extraída as ideias dos autores, seja possível organizá-las, de forma sintética, para comunicá-las ao leitor.

2 BREVE HISTÓRICO DA TELEFONIA

2.1 A Invenção de Graham Bell

A descoberta de que se poderia transmitir a voz e outros sons à distância por variações de corrente elétrica foi um acaso. O cientista Alexander Graham Bell e seu auxiliar Thomas A. Watson trabalhavam em um projeto de telégrafo quando descobriram que o aparato que estavam desenvolvendo conseguia produzir uma corrente elétrica que variava na mesma intensidade da variação do ar próximo ao dispositivo de transmissão. Após aperfeiçoamentos, Graham Bell submeteu, em fevereiro de 1876, a patente de seu invento. Um ano depois, fundou a companhia Bell de telefonia. (COLCHER et al., 2005, p. 2)

2.1 Sistema de Comutação

Graham Bell fundou sua companhia porque os telefones estavam criando uma situação problemática. Como a comercialização dos aparelhos era feita em pares, cada proprietário responsabilizava-se por conectar os fios a todas as residências com as quais desejava se comunicar. Como solução, a companhia Bell passou a conectar os fios de cada residência ou escritório a uma central telefônica ou estação de *comutação*. Dessa forma, quando um usuário desejava efetuar uma chamada, ele se comunicava com um operador na estação. Este é quem iria fazer, manualmente, a conexão deste usuário com o outro com o qual ele desejava se comunicar. (TANENBAUM, 2003, p. 126 e 127)

Este serviço, porém, atendia uma área geograficamente limitada. Os usuários, contudo, desejavam efetuar ligações de longa distância. Para atender essa demanda, seria necessário conectar as estações de comutação umas às outras. Isto causaria o mesmo problema inicial de quando os usuários se conectavam por conta própria, ou seja, seria inviável conectar uma estação de comutação a todas as demais. Esta dificuldade foi resolvida criando-se estações intermediárias, ou de segundo nível. Este sistema hierárquico ampliou-se até atingir cinco níveis. As interligações entre as estações são chamadas de *troncos*. (Op. cit., p. 129)

Este é o modelo básico da PSTN (*Public Switched Telephony Network*), isto é, a rede pública de telefonia comutada. Esta rede trabalha com a comutação de circuitos, ou seja, para que a comunicação possa ocorrer, é necessário estabelecer

um caminho *dedicado* entre as duas estações. Este processo envolve três fases: 1) estabelecimento do circuito; 2) transferência da informação (neste caso, a conversação); e 3) desconexão do circuito. (COLCHER et al., 2005, p. 45)

Deve-se observar que, na comutação de circuitos, o recurso alocado permanece disponível, independentemente de estar sendo usado ou não, até o momento da desconexão. Se por um lado isto pode representar uma capacidade desperdiçada do meio físico, por outro, há garantia de plena capacidade de transmissão. Em resumo, isto quer dizer que, uma vez alocado, não haverá disputa pelo meio responsável pelo transporte da informação, diferentemente do que ocorre nas redes de computadores. Esta característica é fundamental para que, em uma conversação telefônica, o usuário tenha uma boa qualidade de voz. (Op. cit., p. 45)

2.2 Evolução do Sistema de Comutação

A telefonia ficou tão popular que, em 1913, só em Nova York, já havia uma rede com cerca de 500 mil telefones. Em 1919, iniciou-se a automação do sistema. As centrais eletromecânicas automáticas tomaram lugar das operadas manualmente. Com a invenção do transistor e o surgimento do computador digital, as centrais e os troncos evoluíram e também passaram a ser digitais. Assim, a evolução da telefonia e, de forma mais abrangente, das telecomunicações, avançam paralelamente com a evolução dos computadores e suas redes. (Op. cit., p. 4 e 5)

3 AS REDES DE COMPUTADORES

Com a evolução dos sistemas computacionais e o surgimento das redes de computadores, é possível transmitir-se qualquer informação digitalizada, incluindo-se aí, a voz. Neste ponto, porém, surge uma questão: seria possível a transmissão da voz *em tempo real*, com a qualidade que a telefonia analógica proporciona? Para COLCHER et al. (2005, p. 9), é importante que um serviço telefônico permita que o usuário possa “efetuar uma chamada e conversar durante um certo período, mantendo uma qualidade sonora suficiente para que ele e seu parceiro entendam perfeitamente as sentenças pronunciadas e reconheçam, ambos, a voz um do outro”.

Um sistema, para satisfazer tal exigência, deve ser suficientemente ágil para digitalizar a voz, compactar, transmitir e, no outro lado, receber, descompactar e transformar a informação digital novamente em ondas sonoras. Dada a sensibilidade do ouvido humano a interrupções, atrasos, chiados e ecos em uma situação de conversa telefônica, a tarefa não parece ser fácil. À vista disso, é essencial que a telefonia baseada em redes de computadores possa oferecer um serviço com qualidade igual ou próxima à da telefonia convencional.

Para que isto se torne possível, é necessário, antes de planejar uma implementação deste tipo, conhecer todos os conceitos que envolvem o tema, especialmente no tocante aos principais protocolos, seus mecanismos de controle e de prioridade. Conhecendo cada parte envolvida no processo é, portanto, essencial para tal planejamento.

3.1 Protocolos TCP e IP

Os protocolos TCP (*Transmission Control Protocol*), Protocolo de Controle de Transmissão, e IP (*Internet Protocol*), Protocolo Inter-Redes, foram desenvolvidos a partir de um projeto do Departamento de Defesa dos Estados Unidos. O objetivo era conectar redes diferentes, de diversos fornecedores, em uma grande rede de redes, que mais tarde iria se tornar a internet, rede mundial de computadores.

O protocolo IP é responsável por mover o pacote de dados de um nó a outro na rede. Por sua vez, o TCP é responsável por verificar a entrega correta, bem como detectar erros. O modelo TCP/IP tornou-se um padrão *de facto* e, por isso, esta pilha de protocolos é adotada na maioria das redes de computadores atuais,

bem como na internet. (TANENBAUM, 2003, p. 44 e 45)

3.2 Protocolo UDP

Diferentemente do TCP, o protocolo UDP (*User Datagram Protocol*), Protocolo de Datagrama do Usuário), não possui tantos mecanismos de controle. Isso resulta em uma transmissão mais rápida, porém sem a garantia de entrega ou proteção contra pacotes duplicados ou perdidos. Isso significa que todo esse controle deve ser feito pela aplicação. (Op. cit., p. 46 e 559) Como discutido anteriormente, a agilidade na transmissão no caso de telefonia através de redes de computadores é fundamental. O UDP, portanto, torna-se uma melhor escolha em detrimento do TCP para provimento deste tipo de serviço.

3.3 Protocolo SCTP

O SCTP (*Stream Control Transmission Protocol*), Protocolo de Controle de Transmissão de Fluxos), é um padrão proposto na RFC 2960. Seu projeto trata das fragilidades do TCP e do UDP, especialmente no tocante aos serviços usados para a telefonia em redes de comutação de pacotes. Os principais objetivos do padrão seriam melhores técnicas para evitar congestionamentos; sequenciamento de entrega dos dados; e redução de latência para transmissões em tempo-real. Contudo, este padrão não é amplamente utilizado, sendo o UDP o protocolo em maior uso para telefonia através de redes de computadores. (TANENBAUM, 2003, p. 592)

4 CONCEITOS DE VoIP E TELEFONIA IP

A telefonia através de redes de computadores é conhecida como VoIP (*Voice over Internet Protocol*), Voz sobre Protocolo Inter-Redes, ou Telefonia IP. Embora pareça haver certa confusão entre VoIP e telefonia IP, cumpre-se fazer uma diferenciação. COLCHER et al. (2005, p. 9) indica uma pequena, porém importante diferença entre VoIP e Telefonia IP.

A VoIP refere-se aos mecanismos necessários de sinalização e estabelecimento de chamadas telefônicas nas redes IP. A telefonia IP seria uma extensão da primeira, integrando-se a outros serviços típicos de redes, tais como *web*, correio eletrônico etc. Desta forma, a telefonia IP permitiria, por exemplo, um serviço de *voice mail*, ou seja, de correio de voz, enquanto que a VoIP estará relacionada apenas a chamada telefônica em si, através de uma rede IP. (COLCHER et al., 2005, p. 153)

TANENBAUM (2003, p. 44 e 45), por sua vez, trata de forma breve sobre voz sobre IP e usa VoIP como sinônimo de “telefonia da internet”. No caso da VERTICAL NETWORKS, (2005, p. 97) VoIP e telefonia IP são simplesmente considerados como sinônimos.

O que se pode deduzir, neste caso é que a confusão se dá pelo fato de limites tênues entre ambos os termos. Ressalta-se que o que realmente interessa são os resultados, ou seja, a conversa telefônica em tempo real através de redes IP e as facilidades que as redes de computadores podem proporcionar para este serviço. Considerando-se a Telefonia IP como um complemento ou extensão da VoIP, a distinção torna-se mais fácil.

Em resumo, importa-se saber, então, que a conversação telefônica através de redes de computadores, observados certos requisitos, é possível e que traz agregada diversas facilidades e benefícios econômicos. (Op. cit., p. 97) É fundamental, portanto, conhecer os conceitos dos mecanismos que permitirão, com qualidade sonora aceitável, que este processo possa ocorrer.

5 PROCESSO DE DIGITALIZAÇÃO DA VOZ

A premissa básica da VoIP é que se possa transformar a voz em pacotes de dados para serem transmitidos através de uma rede IP. Por conseguinte, o desafio é executar essa tarefa de forma aceitável para os padrões de comunicação dos humanos. A transmissão deve chegar ao receptor e entregar o sinal da mesma forma que foi enviado. Além disso, para o ouvido humano, é necessário que isto seja feito em menos de 150 milissegundos. A perda ou atraso de pacotes causará uma degradação na qualidade da comunicação e os interlocutores terão dificuldades na conversação. (MEGGELEN et al., 2007, p. 186)

Deve-se observar, também, que o protocolo IP não foi projetado para fluxo constante de áudio em tempo real. Isto quer dizer que o problema da transmissão de voz em comutação de pacotes é que a conversação humana é incompatível com o transporte de dados de uma rede IP. Por conta disso, o sistema envolvido no processo deve cuidar de verificar atrasos, solicitar retransmissões, bem como corrigir as deficiências de um projeto que não foi feito para a finalidade de telefonia. (Op. cit., 186)

5.1 Codificadores e Decodificadores

O som, mais especificamente a voz humana, para ser transmitido através de uma conversação telefônica em uma rede IP, precisa ser digitalizado. Este processo de codificação, ou de conversão analógica digital, pode ser realizado através de diversos métodos. O processo inverso, ou seja, uma conversão digital analógica, será realizado no equipamento do interlocutor que irá receber o som que foi transmitido. (COLCHER et al., 2005, p. 104 e 105)

Para cumprir esta tarefa, usa-se um CODEC (Coder/Decoder), ou seja um Codificador/Decodificador, que deve ser entendido como um modelo matemático usado para digitalizar, isto é, codificar (e comprimir) uma informação de áudio analógica, ou seja, uma onda sonora, bem como efetuar o processo inverso. (MEGGELEN et al., 2007, p. 193)

Então, o que ocorre, na verdade, é um processamento no equipamento que está sendo usado para transmitir e receber os sons da conversação telefônica. Por isso, é importante observar que, neste momento, a informação ainda não está trafegando na rede, mas o tempo gasto neste processo é também essencial para

garantir uma boa qualidade sonora.

A codificação digital da voz consiste, de forma simplificada, em capturar amostras da informação, em intervalos regulares e transformar o que foi capturado em um código que possa ser reconhecido pelo sistema do interlocutor. A voz passará a ser representada por um conjunto de zeros e uns, ou seja, de forma binária ou *digital*. Para isso, existem diversas técnicas que são realizadas através dos CODECS. (COLCHER et al., 2005, p. 104 e 105)

BRUSCATO et al. (2005, p. 36 e 37) observa que “tipicamente, os intervalos [da amostragem] são espaçados regularmente de forma precisa, mas não existe uma razão matemática para isso”. Entretanto, o autor alerta que o teorema de Nyquist, que estabelece uma taxa mínima de amostragem para que se possa depois restaurar a onda sonora, deve ser obedecida. Esta taxa deverá ser, no mínimo, duas vezes maior que a máxima frequência que será amostrada. É importante também, estabelecer os limites de frequências que serão amostrados para evitar a digitalização desnecessária de sons que são inaudíveis para o ouvido humano.

O uso de frequência de amostragem inferior ao teorema de Nyquist implica em um fenômeno chamado de *aliasing*. O termo vem do inglês, *alias*, que significa sinônimo, ou outro nome para a mesma coisa. Isto quer dizer que uma forma de onda pode sobrepor-se a outra e não ser possível distingui-las provocando uma ambiguidade nas frequências mais baixas. (COLCHER et al., 2005, p. 32 e 33; BRUSCATO et al., 2005, p. 36 e 37)

Segundo COLCHER et al. (2005, p. 105), o “processo de amostragem no tempo, em que são guardados os valores das amplitudes das amostras, é conhecido como *Pulse Amplitude Modulation* (PAM)”, ou seja, Modulação da Amplitude do Pulso. Para representar tais amostras, um método utilizado, conhecido como *quantização*, aproxima cada amostra PAM de um inteiro de n bits. Uma amostragem de 6,9 seria, por exemplo, aproximada e representada pelo binário 111, equivalente a 7. Este resultado de saída é chamado de PCM (*Pulse Code Modulation*), isto é, Modulação de Código de Pulso.

Apesar de existirem outros métodos de amostragem, o PCM é o mais utilizado por apresentar menor atraso e melhor qualidade. O CODEC que utiliza este algoritmo é o G.711, que é padronizado pela ITU (*International Telecommunication Union*), União Internacional de Telecomunicações. (BRUSCATO et al., 2005, p. 48)

6 QUALIDADE DO SERVIÇO EM REDES IP

6.1 Comutação de Pacotes e Enfileiramento

As redes de computadores, incluindo-se a internet, foram projetadas para o transporte de dados. As redes IP trabalham com o princípio da comutação de pacotes. Isto quer dizer que cada mensagem a ser enviada é transformada em pacotes que serão injetados na rede. Ao chegar a um roteador, os pacotes serão encaminhados de acordo com os algoritmos e protocolos de roteamento. Isto quer dizer que os pacotes talvez sigam por caminhos diferentes para chegar ao destino. Eventualmente alguns pacotes poderão, inclusive, chegar fora de ordem ou até mesmo se perderem. (TANENBAUM, 2003, p. 22 e 23)

Além da questão da comutação de pacotes, deve-se observar outro ponto importante que pode ocorrer durante uma transmissão em uma rede IP, que é o enfileiramento. Quando um roteador recebe muito pacotes, é formada uma fila através de uma técnica chamada de *store and forward*, ou seja, armazenar e encaminhar. Assim, os pacotes ficam temporariamente armazenados até haver condições de envio. Por conta desse mecanismo, podem ocorrer atrasos nos pacotes que, não sendo tão cruciais em uma transmissão de dados, são prejudiciais a aplicações de tempo real, especialmente em uma chamada de VoIP. (TANENBAUM, 2003, p. 44 e 45; (McCABE, 2007, p. 347 e 348)

Em vista disso, para contornar esse problema, as definições da VoIP devem ser pensadas levando-se em consideração a qualidade do serviço, ou QoS (*Quality of Service*). (COLCHER et al., 2005, p. 10)

6.2 Padrões da QoS

O protocolo TCP procura distribuir de forma igualitária a banda disponível entre os *hosts* de uma rede. Com o acréscimo de um serviço de VoIP, o tráfego UDP irá aumentar. Consequentemente, isto poderá provocar congestionamentos na rede. Os pacotes que são de uma chamada VoIP, por conseguinte, deverão ter uma marcação de prioridade visando a uma qualidade adequada do serviço. (MEGGELEN, 2007, p. 198)

Ao se falar em QoS, é comum que se pense apenas em marcação de pacotes de dados que terão prioridade de tráfego na rede. Mas a qualidade do

serviço deve ser pensada como um todo para que sejam atendidos os requisitos de desempenho para uma chamada de VoIP com qualidade aceitável. Para que isto possa ocorrer, um dos mecanismos para tal é justamente a marcação de pacotes que terão prioridade para trafegar nas redes de computadores.

COLCHER et al. (2005, p. 11) explica a QoS através da analogia da ambulância no trânsito. Este veículo, com a sirene ligada tem prioridade e os demais motoristas permitirão sua passagem. Outra analogia bastante conhecida é a da batata quente. Com a batata quente nas mãos, isto é um pacote marcado com prioridade, o roteador passa adiante o mais rápido possível.

Mas a QoS vai além da marcação de pacotes. É necessário prover recursos de rede, políticas de utilização e equipamentos que suportem a priorização. Além disso, todos os equipamentos envolvidos no serviço VoIP devem suportar a marcação de pacotes fim a fim, ou seja, de um terminal ao outro envolvidos na chamada telefônica via rede IP. (BRUSCATO et al., 2005, p. 44)

Para o tráfego em redes IP, há dois padrões de QoS: o de serviços diferenciados (DiffServ) e o de serviços integrados (IntServ). DiffServ marca os pacotes IP com o *tipo de serviço* no IPv4 (IP versão 4) ou com a *classe do tráfego* no IPv6 (IP versão 6). Desta forma, este padrão define um conjunto de valores para classes de fluxos de tráfego para ser usado pelos mecanismos de controle de recursos, recebendo o tratamento de desempenho adequado em cada dispositivo da rede. (McCABE, 2007, p. 338 e 339)

IntServ, por sua vez, define mecanismos de alocação de recursos para fluxos fim a fim. Desta forma, este padrão de QoS além de tratar o fluxo de acordo com sua natureza, provê qualidade do serviço por todo o trajeto do fluxo de dados dos equipamentos envolvidos na chamada VoIP. DiffServ e IntServ podem ser aplicados individualmente ou em conjunto em uma rede, podendo ser combinados de várias formas, em toda a rede ou apenas em uma parte. (Op. cit., 339 e 340)

Por conta da necessidade da QoS, deve-se levar em consideração que não se recomenda a internet para uso da VoIP. Isto se dá porque a rede mundial de computadores é do tipo *best-effort service*. Neste tipo de rede, há o melhor esforço para prover a entrega dos pacotes, mas, em geral, não há suporte à QoS. Apesar disso, a VoIP, para fins residenciais e de pequenos negócios, tem sido usada na internet com qualidade que pode ser considerada aceitável. (TEARE; PAQUET, 2006, p. 177)

7 PROTOCOLOS VoIP

Como as redes IP não foram projetadas para a transmissão de conversações em tempo real, algum modo de contornar essa situação deve ser pensado. Em vista disso, surge a necessidade dos protocolos VoIP. (MEGGELEN et al., 2007, p. 187)

Uma vez digitalizado, o que era som tornou-se um dado que deverá trafegar na rede de computadores para atingir o equipamento do interlocutor e novamente ser transformado em onda sonora. Antes disso, porém, deve haver o estabelecimento da chamada entre os pontos finais. Para estabelecimento, manutenção e desconexão em uma chamada de VoIP, há diversos protocolos. Mas, fica óbvio que, se cada fabricante de produtos VoIP começasse a desenvolver e usar seus próprios protocolos, o sistema não iria evoluir nem se popularizar. Para resolver este problema, é que algumas entidades propuseram padrões que atualmente são mais amplamente utilizados.

7.1 Protocolo H.323

O protocolo H.323 foi desenvolvido pela ITU. Na verdade, é mais acurado compreendê-lo como um conjunto de recomendações para multimídia e, mais especificamente telefonia em redes IP. A série de recomendações inclui componentes lógicos, procedimentos e mensagens que permitem o estabelecimento de chamadas telefônicas em tempo real entre dois ou mais participantes em uma rede de comutação de pacotes. (TANENBAUM, 2003, p. 730 a 733)

O subconjunto de voz do H.323 provê as definições para uma plataforma de telefonia baseada em redes IP. Destaca-se que o modelo define mecanismos para integrar funções de listas de usuários, acesso, rotas de chamadas e permite a implementação de políticas de utilização do sistema. (Op. cit., p. 730 a 733)

O H.323 é composto de quatro principais componentes: terminais, *gateways*, MCU (*Multipoint Control Units*), ou seja, Unidades de Controle Multi-Ponto; e *gatekeepers*. O terminal é o equipamento utilizado por cada uma das partes envolvidas na conversação de VoIP e seria o equivalente ao aparelho telefônico na telefonia convencional. O *gateway* é responsável por fazer a ponte entre diversos ambientes de redes. O MCU é composto pelos controles de conferência de multi-participantes. Por fim, o *gatekeeper* é responsável pelo controle administrativo

e pelas tarefas de rotas de chamadas. (Op. cit., p. 730 a 733)

Pode-se considerar ainda um quinto componente, mas que deve ser tratado de forma transparente. Trata-se do *proxy*, que é responsável pelo controle de chamadas ou conferências que trafegam através de *firewalls*.

O H.323 foi projetado para ser um produto típico de empresas de telecomunicações. Por conta disso, é considerado um produto extenso, rígido e bastante complexo. (Op. cit., p. 730 a 733)

7.2 Protocolo SIP

Devido a complexidade do H.323, a IETF (*Internet Engineering Task Force*), ou Força Tarefa de Engenharia da Internet, formou um comitê com o objetivo de formular um protocolo mais simples para VoIP. O resultado deste projeto foi o SIP (*Session Initiation Protocol*), Protocolo de Iniciação de Sessão, que obteve uma grande aceitação de mercado desde que se tornou um padrão de comunicação via internet, em 1999. (TANENBAUM, 2003, p. 733 a 737; COLCHER et al., 2005, p. 189 e 190)

SIP é um protocolo de sinalização que provê o estabelecimento de sessões em uma rede IP. Sua finalidade pode variar desde uma chamada telefônica VoIP até mesmo uma conferência multimídia. Além disso, é um protocolo da camada de aplicação e, de acordo com RUOFF (2006, p. 36), “concentra-se na especificação do mecanismo do transcurso da sessão, ou seja, estabelecer, desfazer, modificar”. Isto torna o protocolo mais simples e independente do tipo de acesso a rede, bem como do equipamento utilizado.

O SIP é composto de quatro principais componentes: agente usuário, servidor *proxy*, servidor de redirecionamento e servidor de registro. O agente usuário é formado pelo cliente, ou seja, um equipamento; e pelo servidor. O primeiro inicia a requisição SIP e o segundo atende e responde tal requisição. O servidor *proxy* atua como um intermediário recebendo requisições de clientes que não podem fazê-la diretamente e repassando-as a um servidor de registro. O servidor de redirecionamento é responsável por permitir que o servidor *proxy* possa iniciar sessões em domínios externos, ou seja, fora de determinada rede. Por fim, o servidor de registro são as bases de dados que contêm os dados dos usuários e suas localizações. (COLCHER et al., 2005, p. 190; RUOFF, 2006, p. 38)

Por ter um padrão simples e aberto, bem como não ser dependente dos

fabricantes de telefonia, o SIP é um grande propulsor da telefonia IP. Por conseguinte, o resultado disso é sua grande aceitação de mercado. (RUOFF, 2006, p. 45)

7.3 Comparativo H.323 e SIP

A escolha de um protocolo VoIP pode ser essencial para um bom funcionamento de um projeto de telefonia em redes IP. Para tal, é necessário conhecer as características de cada um deles, seus pontos fortes, bem como dificuldades que podem apresentar. Tanto o H.323 quanto o SIP oferecem basicamente os mesmos serviços, que são típicos da telefonia, tais como conferência, redirecionamento, siga-me, chamada em espera etc. Consequentemente, o que irá melhor diferenciá-los são fatores tais como escalabilidade, modularidade, interoperabilidade e complexidade.

A escalabilidade de um sistema depende de determinados parâmetros. Desta forma, não pode ser facilmente definida. Um dos critérios que se deve considerar para um protocolo VoIP é a capacidade de suportar aumento de demanda, especialmente de um serviço popular como telefonia. Enquanto o H.323 foi originalmente projetado para uso em uma única rede local, o SIP já foi projetado para uso com diversos servidores e em diferentes redes interligadas. Recentemente, foi criado o conceito de zona para que o H.323 pudesse operar com um maior número de servidores através de redes interligadas. (Op. cit., p. 38)

Outro fator comparativo entre os dois protocolos é a questão da modularidade, entendida aqui como a capacidade de suportar diversas funções inerentes ao serviço de telefonia. Além disso, deve ser considerada neste contexto, a questão da compatibilidade. O H.323 requer compatibilidade completa entre versões. Isto quer dizer que há uma tendência de aumento no código do protocolo. O SIP, por sua vez, trabalha com cabeçalhos que são processados ou não, de acordo com a capacidade da versão de reconhecê-los. (Op. cit., p. 38)

O H.323, inflexível e complexo, parece ser mais adequado às empresas de telefonia, pois permite um controle rígido de todo o processo, em todos os níveis. O SIP, devido a sua característica de simplicidade e evolução, é ideal para acompanhar a rápida evolução de aplicações destinadas ao uso através da internet. Além disso, é importante observar que ambos os protocolos têm capacidade de interoperabilidade através de *gateways*, dispositivos capazes funcionar como ponte

entre diversos ambientes de rede.

8 EXEMPLOS DE CENÁRIOS DE UTILIZAÇÃO DA VoIP

8.1 Uso da VoIP em Redes sem Fio

O uso da VoIP tem se tornado bastante comum, tornando a tecnologia uma séria concorrente dos serviços de telefonia tradicional. Com o surgimento e popularização das redes sem fio, o desenvolvimento de uma WVoIP (Wireless Voice Over IP), Voz sobre Rede IP Sem Fio foi encarado inicialmente como uma mera extensão da VoIP tradicional em redes cabeadas. Não obstante, o desenvolvimento da WVoIP tem permitido sua evolução e a tendência é seu uso em uma extensão geográfica mais ampla, levando-se em conta, inclusive, a questão da mobilidade. (TADAYONI; SAUGSTRUP, 2006, p. 79)

Um exemplo clássico dessa solução é o uso de celulares que têm acesso a redes sem fio. Usuários que estejam ausentes do escritório poderão efetuar suas chamadas através da rede de telefonia celular, que é uma rede pública. Quando estiverem no escritório poderão conectar seus aparelhos a um ponto de acesso da rede corporativa e efetuar chamadas WVoIP. (AVAYA, 2006, p.26, 30 e 31)

Outro possível cenário seria o uso do acesso a internet através do celular usando aplicações VoIP. Há, ainda, a possibilidade de acesso a internet através de *hotspots* públicos para efetuar chamadas VoIP através da internet. Mais uma vez o atrativo desta solução é a economia, uma vez que não se está pagando à operadora de telefonia celular pelo tráfego de dados. (BAHR, 2008, 30 e 32)

Neste caso, os usuários terão acesso a WVoIP e, ao mesmo tempo, *mobilidade*. Isto provê também economia no uso de ligações telefônicas, uma vez que a maior parte do tráfego da chamada telefônica será feito através da rede de dados. (Op. cit., p.30 e 32) Percebe-se, portanto, que o uso da WVoIP pode proporcionar, além da economia e mobilidade, um aumento de produtividade uma vez que os usuários terão mais opções de efetuar chamadas VoIP. (AVAYA, 2006, p.28)

8.2 Tronco Digital Privado

Muitas empresas adquirem equipamentos de PABX (Private Automated Branch eXchange), Estação Automática de Comutação Privada, com funcionalidade de telefonia IP para uso na rede interna. Para as chamadas telefônicas externas, no

entanto, continuam usando a rede pública de telefonia comutada. (BERNARDES, 2009, p. 44, 46 e 48)

Alguns destes equipamentos já têm funcionalidades para que possam ser interligados mesmo através de circuitos de rede de longa distância. Desta forma, seria possível aproveitar os circuitos de dados das empresas para as chamadas telefônicas de longa distância, mantendo a conexão destes equipamentos com a PSTN apenas para chamadas locais. Isto seria, portanto, o equivalente a possuir um tronco privado para chamadas telefônicas de longa distância. (Op. cit., p. 44, 46 e 48)

Um usuário de uma filial, por exemplo, ao efetuar uma chamada para a matriz usaria somente os recursos de rede da própria empresa. Mas, se esta chamada fosse efetuada para um fornecedor na mesma cidade da matriz ou de outra filial, a maior parte do tráfego poderia ser feita pela rede da empresa e somente a parte da chamada local seria feita através da PSTN. (Op. cit., p. 44, 46 e 48)

Observados os requisitos de equipamentos, largura de banda e QoS, este cenário proporciona considerável economia exatamente no maior custo da telefonia, ou seja, nas chamadas de longa distância. (Op. cit., p. 44, 46 e 48)

9 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Não se sabe se a telefonia irá sobreviver por mais outros cem anos mantendo o mesmo modelo de comutação de circuitos. Mas sabe-se, certamente, que as pessoas continuarão tendo a necessidade de se comunicar. Talvez mude o meio de transmissão ou a técnica para realizá-lo, mas é provável que a comunicação telefônica, isto é a conversão à distância, continue a ser uma necessidade do ser humano.

Apresentados os conceitos essenciais de transmissão da voz em tempo real em redes de computadores, ainda há muito a se explorar. Uma possibilidade é a abordagem da questão da segurança. Novos serviços estão sujeitos a falhas e possíveis ataques, especialmente de negação de serviço. Com a convergência, em uma rede paralisada não só os dados ficam sem trafegar na rede, mas também o serviço de telefonia é afetado. No caso de uma organização, praticamente todo o esquema de comunicações fica parado gerando prejuízos econômicos.

Também se pode levar em consideração a execução de um laboratório para que se possa observar, na prática, o funcionamento dos conceitos teóricos aqui apresentados.

A convergência reúne, portanto, dois temas contemporâneos e largamente empregados no cotidiano das pessoas: telefonia e redes de computadores. Seu estudo permite diversas abordagens que poderão contribuir no processo de produção do conhecimento.

REFERÊNCIAS

- AVAYA. **Resolvendo o Desafio da Mobilidade Corporativa**. RTI – Redes, Telecom e Instalações (Ano VI, nº 69 – fevereiro 2006), São Paulo: Aranda, 2006.
- BAHR, Stephan. **Voz Sobre IP nos Dispositivos Móveis**. RTI – Redes, Telecom e Instalações (Ano IX, nº 100– setembro 2008), São Paulo: Aranda, 2008.
- BERNARDES, Wagner. **Uso de Entrocamento IP para Reduzir Custos e Riscos**. RTI – Redes, Telecom e Instalações (Ano X, nº 110 – julho 2009), São Paulo: Aranda, 2009.
- BRUSCATO, Alexandre Carlos et al. **Serviços de Voz Sobre Redes de Comunicação de Dados**. RTI – Redes, Telecom e Instalações (Ano VI, nº 61 – junho 2005), São Paulo: Aranda, 2005.
- COLCHER, Sérgio et al. **VoIP: Voz Sobre IP**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2005, 5ª reimpressão.
- McCABE, James D. **Network Analysis, Architecture, and Design**. Burlington: Elsevier, 2007, 3ed.
- MEGGELEN et al. **Asterisk: The Future of Telephony**. Sebastopol: O'Reilly, 2007, 2ed.
- RUOFF, Martin. **Protocolo SIP**. RTI – Redes, Telecom e Instalações (Ano VII, nº 76 – setembro 2006), São Paulo: Aranda, 2006.
- TADAYONI, Reza; SAUGSTRUP Dan. **O Papel da WvoIP no Mercado Futuro de Telecomunicações**. RTI – Redes, Telecom e Instalações (Ano VI, nº 68 – janeiro 2006), São Paulo: Aranda, 2006.
- TANENBAUM, Andrew S. **Redes de Computadores**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2003, 4 ed., 13ª reimpressão.
- TEARE, Diane; PAQUET, Catherine. **Campus Network Design Fundamentals**. Indianapolis: Cisco Press, 2006.
- VERTICAL NETWORKS. **Solução Convergente de Voz e Dados para o Varejo**. RTI – Redes, Telecom e Instalações (Ano VI, nº 60 – maio 2005), São Paulo: Aranda, 2005.

CREDENCIAIS DO AUTOR

Técnico de Informática, atuando na área de desenvolvimento de sistemas de automação comercial e bancária desde 1992 até o presente. Possui graduação em Letras – Inglês, UFS – 2005. Atualmente é pós-graduando em Redes de Computadores, FANESE – 2009. Email para contato: sas@click21.com.br