

Unidade III

5 QUALIDADE DE SERVIÇO (QOS)

5.1 Definição de QoS

A implementação de métodos de qualidade de serviços, do inglês Quality of Service (QoS), é fundamental em redes de comutação por pacote, pois diversas aplicações como a telefonia IP, a educação interativa a distância e a transmissão de vídeo e áudio possuem requisitos que, se não cumpridos, degradam a integridade do sinal para o receptor. É possível separar três grupos de métodos: **taxa de informações, atrasos dos pacotes e perdas dos pacotes**.

Resumidamente, a taxa de informações é a relação da quantidade de *bytes* por segundo. O atraso dos pacotes é o tempo que o pacote levou para ir do emissor até o receptor. Já as perdas dos pacotes representam a razão entre o número de pacotes que não chegaram ao destino ou chegaram corrompidos pelo número total de pacotes enviados.

Segundo a Cisco, o foco da QoS é fornecer serviço de rede melhor e mais previsível, com largura de banda dedicada, *jitter* controlado e latência, bem como perda de características melhoradas. A QoS atinge esses objetivos ao disponibilizar ferramentas para gerenciar o congestionamento da rede, formação de rede tráfego, utilizando-se de maneira ampla os *links* e definindo políticas de tráfego em toda a rede. Oferta serviços de rede inteligente que, quando corretamente aplicados, ajudam a promover desempenho consistente e previsível (CISCO SYSTEMS, 2006).



Observação

O objetivo dos métodos de QoS é reduzir, até um valor aceitável, os efeitos negativos para o usuário das filas existentes na comutação por pacotes. Para esse fim, são utilizados diversos algoritmos de gerenciamento de filas, de reserva e de *feedback*.

Quando uma solução tecnológica é implementada, trabalha-se muito para atingir um ponto ideal de estabilidade operacional para que essa satisfação seja garantida.

Em geral, em sistemas de comunicação de voz, existem fatores como:

- a confiabilidade do sistema;
- a inteligibilidade da comunicação;

- a boa relação custo-benefício.

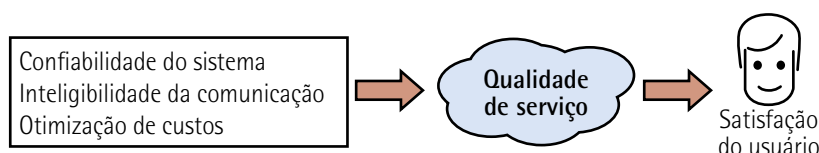


Figura 28 – Componentes da Qualidade de Serviço

Esses elementos são peças-chaves para a avaliação deste conjunto, que, ao fim, deve representar a satisfação do usuário. O aspecto essencial da qualidade de serviço num sistema está diretamente relacionado ao nível de satisfação do usuário.

A ITU-T, em sua recomendação E.800, define qualidade de serviço como o resultado da atuação coletiva de diversos fatores num sistema, que determina como um todo a satisfação do usuário de um serviço de telecomunicações (ITU, 1994).

As tecnologias de transmissão da voz empacotada sobre redes de dados, que já citamos nesta obra, têm evoluído bastante e estão cada vez mais próximas de alcançar a qualidade de serviço hoje provida pelos sistemas telefônicos convencionais, também chamados de sistemas legados de telefonia.

A qualidade de serviço da transmissão de voz nesses sistemas legados é o que ainda os mantém vivos. Assim, a qualidade é garantida porque

- a voz possui um caminho dedicado para uma única conversação;
- a rede possui uma infraestrutura confiável, pois se trata de um sistema já consolidado que ultrapassou obstáculos iniciais de implantação que uma tecnologia emergente passaria.

Podemos constatar então que a qualidade desse processo de codificação e decodificação do sinal original é muito importante para o bom desempenho da transmissão do sinal de voz sobre uma rede de dados.

Essa codificação é feita por elementos denominados *codecs* (*coder-decoder*). Se estes não executarem corretamente o processo, o sinal resultante pode ficar muito distante do sinal original, o que afetaria a inteligibilidade da comunicação.

Existem algumas tecnologias para a realização desse processo. A modulação por codificação de pulsos, também conhecida por PCM, é uma das principais técnicas utilizadas pelos *codecs* para codificar e decodificar um sinal. Essa técnica de PCM converte um sinal analógico de voz para um sinal digital correspondente a 64 kbps.

Se numa empresa, por exemplo, houver um grande número de pessoas falando ao telefone simultaneamente, o tráfego de voz circulando nesta rede poderia comprometer o desempenho

da rede de dados, o que não é desejado, visto que o sinal de fala convertido para dados equivale a uma taxa de 64 kbps.

Para otimizar a utilização da banda de transmissão numa rede de dados transportando voz, existem técnicas chamadas de técnicas de compressão. Elas são usadas para reduzir o sinal de voz a uma taxa satisfatória que não altere a qualidade do sinal original bem como o tráfego numa rede de dados.

Como exemplo, podemos citar a tecnologia chamada G.729, que permite que o sinal de voz seja reduzido de 64 kbps para 8 kbps, realizando uma compressão de 8:1. Outra tecnologia de compressão de voz muito aplicada é o G.723.1 que possui uma compressão um pouco mais acentuada, aproximadamente 6 kbps.

5.2 Características relevantes para tráfego

Depois da realização de diversas pesquisas relacionadas à classificação de aplicação de tráfego, foram definidas as três características mais relevantes para critério de tráfego:

- relativa previsibilidade da taxa de informação do tráfego gerado por uma aplicação;
- sensibilidade da aplicação a atrasos de pacotes;
- sensibilidade de aplicação à corrupção ou às perdas de pacotes.

Quanto à previsibilidade do tráfego, as aplicações podem ter tráfego contínuo ou gerar tráfego em rajadas, isto é, intermitente. Para aplicações de tráfego contínuo, existe uma taxa de *bits* constante, ou Constant Bit Rate (CBR). Já no tráfego em rajadas, existe um baixo nível de previsibilidade, dado que os períodos de silêncio são seguidos por rajadas, nas quais os pacotes seguem um após o outro de forma compacta. Assim, o tráfego possui uma taxa de *bits* variáveis – Variable Bit Rate (VBR).

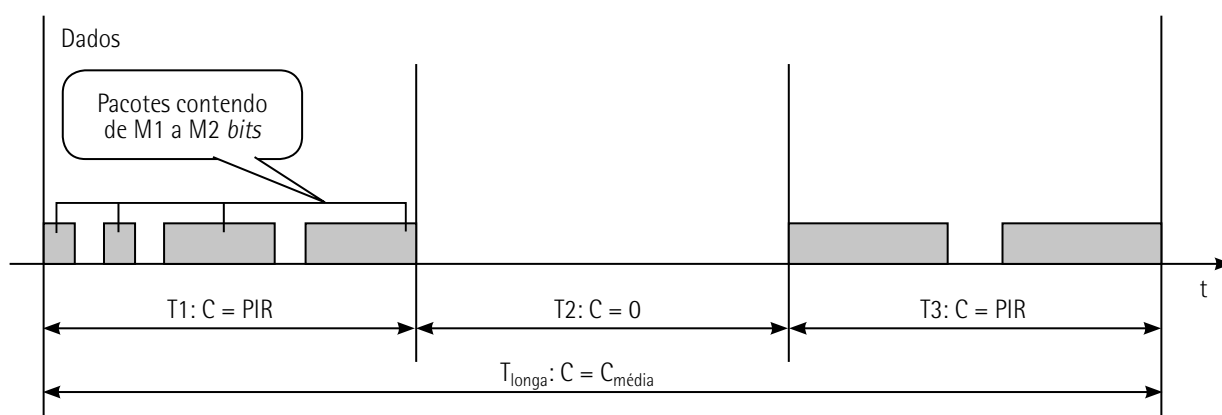


Figura 29 – Tráfego em rajadas

Em relação à sensibilidade da aplicação a atrasos de pacotes, podemos dividir as aplicações em:

- assíncronas;
- interativas;
- isócronas;
- supersensíveis a atrasos.

Em uma aplicação assíncrona, o limite de atraso de tempo é bastante elevado e o tráfego é considerado elástico. Um exemplo desse tipo de aplicação é o *e-mail*. Em aplicações interativas, os usuários podem verificar atrasos. Entretanto, isso resulta em um efeito negativo sobre a funcionalidade da aplicação, por exemplo, uma apresentação que demora muito para carregar seus recursos multimídia de vídeo e som. Já as aplicações isócronas possuem um limite de sensibilidade para variações desse atraso. Caso for excedido o limite, a funcionalidade da aplicação é drasticamente penalizada. Um exemplo é a transmissão de voz, que possui um limite de variação do atraso definido entre cem e cento e cinquenta milésimos de segundo (100-150 ms). Por fim, nas aplicações supersensíveis a atrasos, a demora na entrega das informações praticamente inutiliza os resultados. Também são conhecidos por fazerem parte de sistemas de tempo real. Se houver atrasos no sinal de controle, o objeto integrante do sistema pode ser severamente danificado.

Normalmente, funções interativas de uma aplicação sempre intensificam a sensibilidade a atrasos. Exemplificando, transmissões de informações de áudio podem tolerar atrasos substanciais na entrega de pacotes, mesmo permanecendo sensíveis às variações dos atrasos. Entretanto, as videoconferências e o telefone interativo não toleram esse atraso nas entregas.

Uma etapa necessária é a formulação de requisitos para QoS. O usuário deve especificar um conjunto de valores limites das características de QoS. Por exemplo, a variação do atraso dos pacotes não pode exceder 20 ms e com probabilidade de 0,999.

É preciso gerenciar filas para que a operação ocorra durante os períodos de congestionamento, quando os dispositivos de rede não possuem a capacidade de transmitir pacotes para a interface de saída na mesma taxa com que esses pacotes chegam.

Para determinar os atrasos nas filas dos comutadores da rede, não basta obter as informações de utilização de recursos. É necessário conhecer os parâmetros das rajadas de tráfego da rede, que alteram consideravelmente a fila.

Visando diminuir o nível de atrasos e com isso aumentar a QoS, é preciso uma redução das rajadas, ocorrendo uma maior uniformização do fluxo.

De forma simples, o *jitter* é a variação do intervalo de chegada entre pacotes. Ele é um problema que existe somente em redes baseadas em pacotes. Enquanto dentro de uma rede de voz sobre pacotes,

supõe-se que o transmissor envie de forma confiável pacotes de voz em intervalos regulares (por exemplo, um quadro a cada 20 milissegundos). Esses pacotes de voz podem sofrer atrasos ao longo da rede de pacotes e não cheguem com o mesmo intervalo regular na estação receptora (ou seja, eles podem não ser recebidos a cada 20 milissegundos). A diferença entre o instante no qual o pacote é esperado e o instante no qual é efetivamente recebido é o *jitter*. É chamado de variável porque muda em tempo real, conforme as condições de tráfego e de congestionamento da rede.

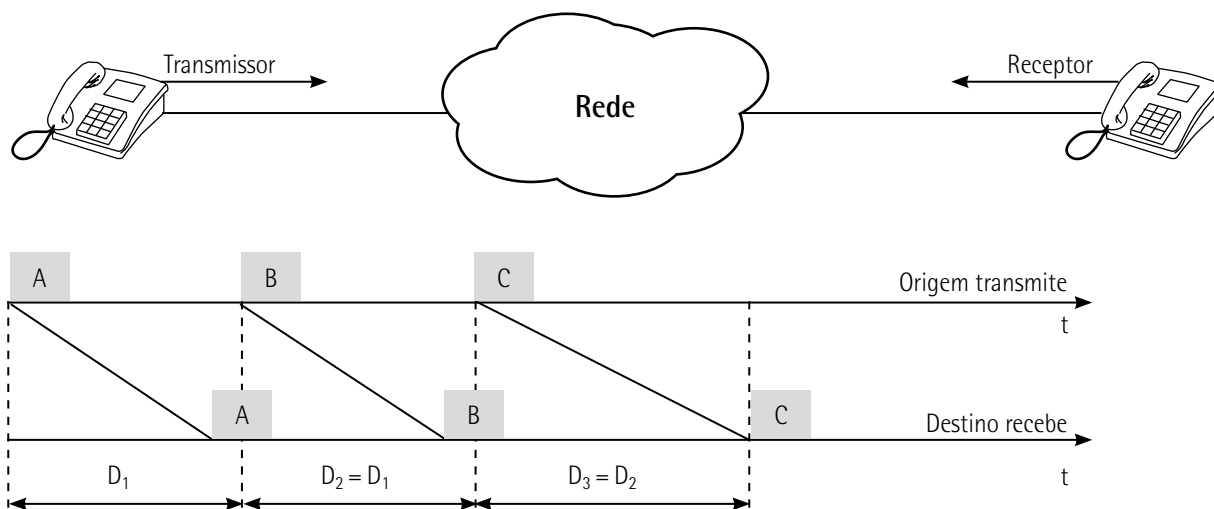


Figura 30 – Variação no tempo de chegada dos pacotes

Se a rede de dados não for bem projetada, em casos de um elevado tráfego de pacotes, esta rede terá dificuldades de rotear a informação e a transmissão poderá ficar comprometida, pois os dados poderão ficar congestionados em pontos específicos da rede. Além do mais, isso poderia acarretar perda de informação durante a transmissão, o que é pouco desejável para o tráfego de voz. De acordo com o grau desta perda, uma situação assim poderia comprometer a inteligibilidade do sinal.

Existem técnicas que visam à minimização desse atraso para que o sinal chegue inteligível e natural no receptor. Uma delas é denominada priorização dos pacotes de voz. Nela, os pacotes de voz possuem prioridade de transmissão em relação aos pacotes de dados, ou seja, os pacotes de voz sempre serão transmitidos antes dos pacotes de dados, garantindo que sejam recebidos corretamente e sem atraso.

5.3 Importância da qualidade de serviço

O sistema mais utilizado para telefonia atualmente ainda é o sistema telefônico público comutado, no qual a rede telefônica opera garantindo recursos necessários para a transmissão de voz.

A qualidade do serviço nesses sistemas é bastante elevada. Vejamos os motivos:

- Como se trata de um sistema bastante antigo e consolidado, já ultrapassou os obstáculos e instabilidades de uma tecnologia emergente, alcançando alto nível de qualidade. Como é uma tecnologia com longo tempo de amadurecimento, a qualidade de serviço tende a estar perto de 100%, conforme observamos no gráfico a seguir.

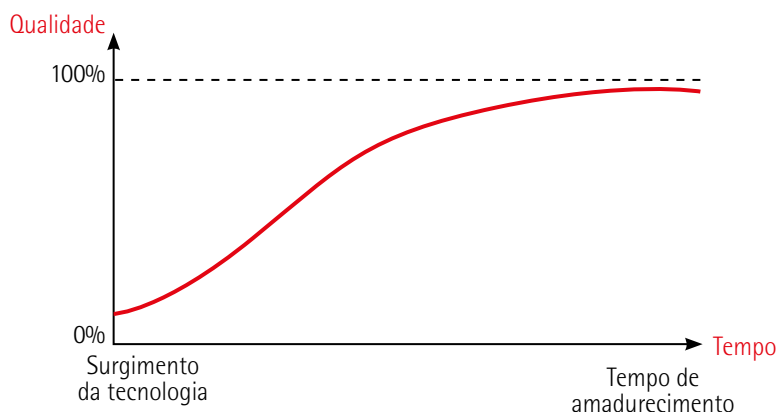


Figura 31 – Qualidade de serviço X tempo de amadurecimento

- Para o estabelecimento de uma chamada, existe uma ligação física dedicada à fase de conversação que garante que a voz chegue ao destino praticamente sem atraso e sem distorção, assegurando a inteligibilidade na conversação.

Com o advento da internet e a possibilidade de termos uma única rede de acesso global que permita o tráfego multimídia, foi um dos pontos-chave para o início de uma quebra de paradigma. Através da emergência das tecnologias de voz sobre dados, constatou-se que os sistemas legados de telefonia podem subutilizar a banda de transmissão e que a sua infraestrutura tem pouca flexibilidade para a expansão de novos serviços.

A tecnologia de voz sobre dados é relativamente nova se a compararmos com a transmissão de voz em sistemas comutados.



Observação

A questão da qualidade de serviço será o foco dos sistemas convergentes para garantir sua credibilidade e adesão, mesmo quando os níveis de satisfação e desempenho forem bem consideráveis.



Lembrete

Diversos fatores podem influenciar a qualidade de serviço em redes convergentes. Como vimos, qualidade de serviço é o resultado da atuação coletiva de diversos fatores num sistema, que determina como um todo a satisfação do usuário de um serviço em questão. Logo, está diretamente relacionada à satisfação do usuário deste serviço (ITU, 1994).

Tecnicamente, QoS é o fenômeno que pressupõe a entrega constante, previsível e satisfatória de um serviço, processo ou informação. Ela visa definir mecanismos de qualidade em que elementos de uma rede receberão parâmetros específicos de tráfego, a fim de garantir:

- a largura de banda de transmissão necessária para uma aplicação específica; e
- atrasos fixos e flutuações mínimas de atraso (*jitter* mínimo).

Na prática, QoS não é uma funcionalidade que um sistema habilita ou desabilita sua operação, mas sim um conceito que define funções e procedimentos que, juntos, executam a qualidade de serviço necessária para a garantia dos requisitos desejados em um sistema.

Há mais de uma década, especialistas vêm realizando esforços contínuos para desenvolver tecnologias que garantam QoS nas redes IP. A principal razão para esses esforços é que o TCP/IP trabalha dentro de um processo chamado **melhor esforço**.

Melhor esforço é o tipo mais simples de serviço que uma rede pode oferecer, por meio do qual todos os pacotes são tratados da mesma forma. Ele não provê nenhuma forma de garantia de recursos nem otimização dos parâmetros de desempenho. Quando uma rede está congestionada, pacotes são simplesmente perdidos. E como a rede trata qualquer pacote igualmente, qualquer fluxo pode ficar comprometido pelo congestionamento. O que não é permitido para aplicações em tempo real, como voz e vídeo, que precisam de um mínimo de confiabilidade para operar com inteligibilidade satisfatória, não comprometendo a interatividade.

As principais tecnologias de QoS existentes são:

- serviços integrados;
- serviços diferenciados, que têm foco na alocação de recursos de transmissão; e
- o MPLS, que possui um mecanismo do QoS com foco na otimização.

5.3.1 Serviços integrados

Fornecem simplesmente a garantia de recursos através da reserva de banda de transmissão para determinada aplicação. Também são conhecidos como IntServ.

Para receber garantia de recurso, uma aplicação deve antes fazer uma reserva prévia para que ela possa transmitir tráfego sobre a rede. Esta reserva de recurso envolve alguns passos.

De início, a aplicação deve especificar seus requisitos de banda; a rede então usa um protocolo de roteamento para definir um caminho para a transmissão, que é baseado nesses requisitos de recurso. A cada ponto deste caminho, é verificado se recursos suficientes estão disponíveis para aceitar uma nova reserva. Quando a reserva é estabelecida, a aplicação pode iniciar o envio de tráfego para este caminho, o qual ela tem uso exclusivo dos recursos de transmissão.

O protocolo RSVP (Resource Reservation Protocol), desenvolvido pelo IETF, é um exemplo de protocolo para este estabelecimento de reserva de recursos.

5.3.2 Serviços diferenciados

Utilizam uma combinação de controle nas periferias da rede para provisão de recursos de banda e priorização de tráfego. Também são conhecidos como DiffServ.

Na arquitetura dos serviços diferenciados, o tráfego do usuário é dividido dentro de um pequeno número de classes de envio nos pacotes IP. Para cada classe, a quantidade de tráfego que usuários podem injetar na rede pode ser diferenciada e limitada a partir de um ponto específico da rede.

Não existe um estabelecimento prévio de reserva de banda de transmissão como nos serviços integrados. A alocação das classes de encaminhamento é tipicamente especificada através de um acordo entre o usuário da banda de transmissão e o provedor de serviço.

Dessa forma, a rede fica mais simples e flexível, eliminando dificuldades de escalabilidade, pois, diferente dos serviços integrados, os serviços diferenciados eliminam a necessidade das verificações de alocação de banda em diversos pontos da rede. Contudo, a banda já é garantida previamente a partir da periferia de uma rede.

É possível comparar as tecnologias utilizadas para implantar QoS em redes IP (melhor esforço, serviços integrados, serviços diferenciados e MPLS), que serão analisadas segundo a alocação de recursos, a possibilidade de priorização de serviço e no roteamento predefinido.

Quadro 3 – Comparação de tecnologias utilizadas para implementação de QoS em redes IP

Tecnologias para implementar QoS	Alocação de recurso	Priorização de serviço	Roteamento predefinido
Melhor esforço	Não	Não	Não
Serviços integrados	Sim	Não	Não
Serviços diferenciados	Sim	Sim	Não
MPLS	Sim	Sim	Sim

6 VOZ SOBRE IP

6.1 Introdução

A integração dados/voz/vídeo (D/V/V) representa mais que apenas uma mudança na infraestrutura. A convergência entre as três mídias também permite o desenvolvimento de novas facilidades mais rapidamente e abre o desenvolvimento de aplicações para milhares de ISVs (Independent Software Vendors). Essa alteração da integração D/V/V é comparável à modificação de computadores *mainframes* (para os quais poucos fornecedores desenvolviam aplicações) para o modelo cliente/servidor (para o qual há inúmeras empresas desenvolvendo aplicações para sistemas distribuídos).

A figura a seguir retrata como o modelo de comutação de circuitos se transformou em um novo modelo de comutação por pacotes, que possui padrões abertos entre todas as três camadas.

Uma infraestrutura de pacotes irá transportar a voz em si, a camada de controle de chamadas será separada da camada da mídia, e APIs (Application Programming Interfaces) permitirão a criação de novos serviços pelas ISV.

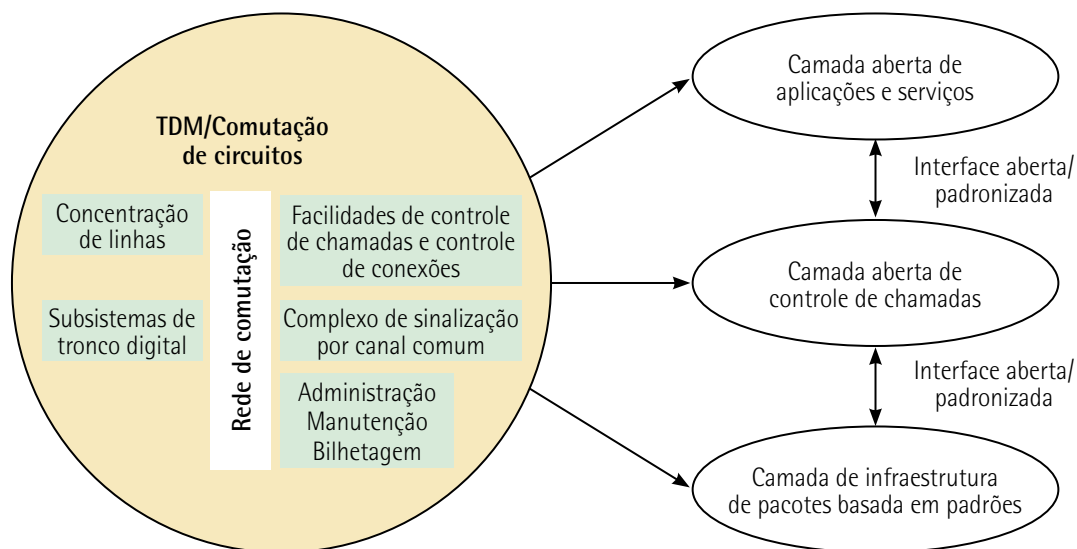


Figura 32 – Comutação de circuitos x estrutura de comutação de pacotes

Desde que o TCP/IP tornou-se uma solução estratégica para redes, surgindo como um protocolo de convergência para dados, voz e vídeo, muitos esforços foram feitos para conceber novas funções e aumentar sua *performance*. Muitas empresas passaram a utilizar serviços baseados no protocolo IP em suas redes com o objetivo de combinar o tráfego gerado entre LANs e WANs ou para possibilitar simplesmente a integração dos serviços de voz entre os diversos usuários de suas redes.

Dentre as muitas tecnologias convergentes, capazes de transportar voz e dados pela internet, uma das que mais se destaca atualmente é a chamada Voz sobre IP ou simplesmente VoIP. Ela pode ser empregada tanto na infraestrutura das redes das operadoras de telecomunicações como em aplicações corporativas e domésticas. Todavia, será que o protocolo IP atual é o mais adequado para transportar voz?

Tecnicamente a resposta seria não. O IP que utilizamos hoje (IPv4) não é o mais adequado para trafegar voz porque não apresenta mecanismos que permitam o controle de QoS. Isso não significa dizer que não seja possível trafegar Voz sobre IP. Apenas não temos como fazer com que uma rede IP priorize o tráfego de voz em um momento de congestionamento, nem como impedir que uma transferência de arquivos degrade a qualidade de voz de quem fala ao telefone usando a rede. Esse tipo de problema deverá ser resolvido com a nova versão de IP (IPv6), que implementa soluções para QoS ou através de protocolos de controle que possam garantir essa qualidade necessária.

Vários protocolos já foram executados até o momento. Os órgãos internacionais de padronização que normatizam os protocolos de comunicação estão trabalhando para fixar qual (ou quais) serão os mecanismos de qualidade de serviço adotados pela indústria para que, assim, os fabricantes de equipamentos possam se adequar e oferecer produtos com a qualidade exigida pelos usuários.

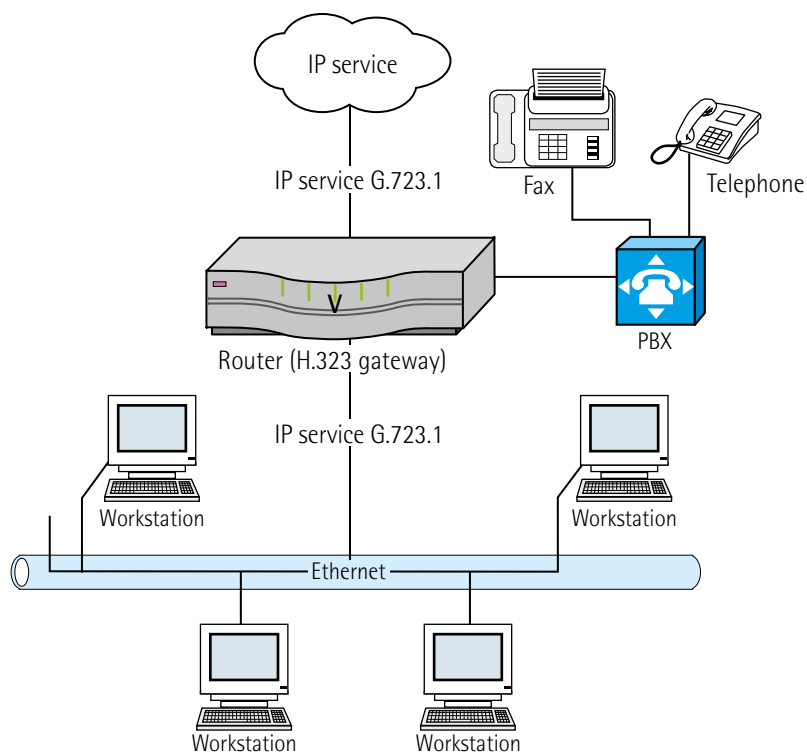


Figura 33 – Exemplo de configuração de rede com VoIP

6.2 Redes TCP/IP

Antes de entrarmos no assunto Voz sobre IP, vamos abordar brevemente alguns aspectos sobre a arquitetura do protocolo TCP/IP (Transmission Control Protocol/Internet Protocol).

Protocolo é um conjunto de regras definidas para o gerenciamento e controle da transmissão de dados através de uma rede. Elas são estabelecidas para que os equipamentos existentes numa rede evitem divergências de comunicação que possam surgir entre equipamentos desta rede produzidos por fabricantes distintos.

O TCP/IP é um conjunto de protocolos de comunicação amplamente usado para comunicação de dados entre computadores de uma rede local ou redes remotamente interconectadas.



Saiba mais

O livro a seguir contém um excelente conteúdo de Voz sobre IP.

PETERS, J. et al. *Fundamentos de VoIP*. São Paulo: Bookman, 2008.

A arquitetura do protocolo TCP/IP é composta de quatro níveis ou camadas, e numa delas se encontra o protocolo IP.

A definição de camadas para um conjunto de protocolos específico tem por objetivo separar os diversos tipos de informações que podem trafegar sobre este conjunto de protocolos, visando facilitar sua implantação e gerenciamento.

Em uma rede TCP/IP, cada equipamento deve ter um endereço único capaz de identificá-lo nesta rede. Este endereço é chamado de IP.

Relembrando o exemplo do Sedex, sabemos que o CEP ou o código de endereçamento postal tem a capacidade de identificar o estado, a cidade e até a rua de um endereço. Analogamente ao endereço IP, imagine um único número que, além do CEP, possibilitasse a identificação completa de um cidadão até a sua residência. Por exemplo, se uma pessoa possuísse um CEP igual a 88085.040 que identificasse seu estado, cidade, rua e o número da sua residência fosse 167, seu número "completo" seria hipoteticamente 88085.040.167. Este número identificaria completamente o endereço do destinatário. O significado de um endereço IP dentro de uma rede funciona do mesmo modo.

A figura a seguir mostra uma rede na qual o endereço do *host* é 192.178.61 e os últimos dígitos indicam qual computador corresponde ao endereço solicitado.

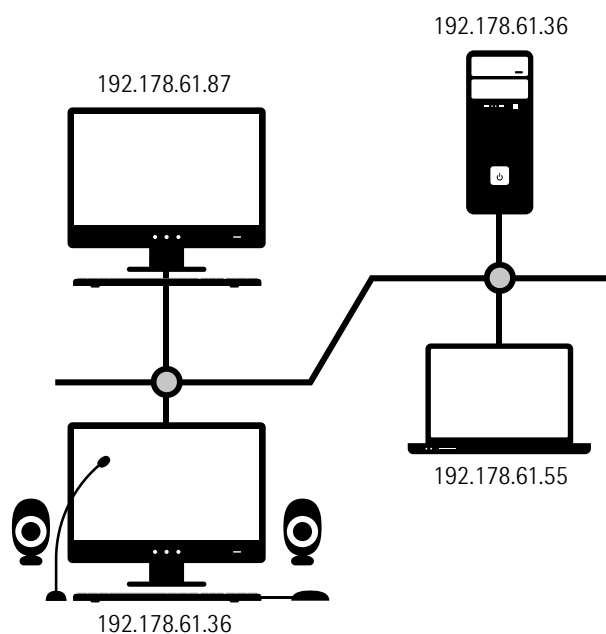


Figura 34 – Endereço IP em uma rede

O protocolo IP é localizado na camada de rede do TCP/IP, que é o responsável pelo gerenciamento de tráfego entre computadores de uma rede. Logo, quando se ouve o termo Voz sobre IP, significa voz sobre o protocolo IP.

Existe certa confusão a respeito do termo Voz sobre IP, pois ele poderia sugerir equivocadamente que VoIP é o mesmo que voz sobre a internet ou algum tipo de tecnologia de telefones para a internet, o que não é correto afirmar.

Pode-se considerar VoIP não apenas um conceito de transporte de voz sobre dados, mas também uma tecnologia que possibilita o tráfego da voz na forma de dados utilizando os serviços de rede do protocolo IP.

É importante compreender que o protocolo IP não está limitado à internet. O IP é um dos protocolos de comunicação entre computadores em uma rede, e muitas outras redes diferentes da internet também podem utilizá-lo, como as redes corporativas privadas.

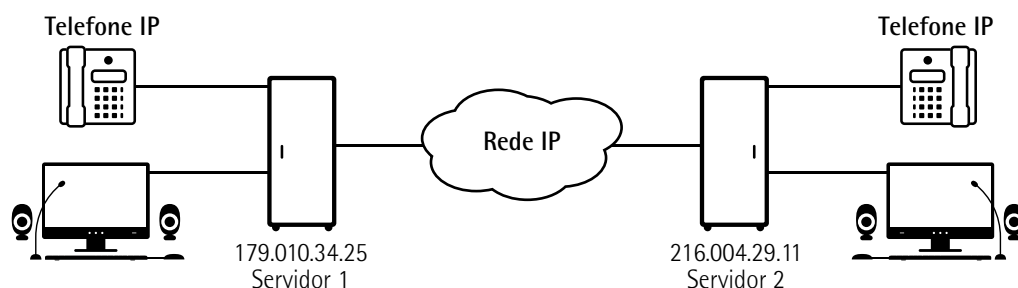


Figura 35 – Comunicação por IP em redes corporativas

O que temos em comum em relação à internet é que, em geral, as aplicações dela utilizam também o TCP/IP para entregar suas informações aos respectivos destinos através de um plano de endereçamento provido pelo protocolo IP.

Não podemos confundir VoIP com produtos de telefonia para a internet, porque a qualidade dos telefones usados na internet é muito inferior à telefonia convencional que temos hoje em nossas residências. Se confundirmos esses termos, seria fácil associar que VoIP também é um tipo de transmissão muito inferior a essa telefonia. O que não está correto, pois a qualidade do VoIP vai depender diretamente da rede que o está transportando.

Um mercado tem chamado de VoIP tudo o que se refere à transmissão de voz sobre dados, a própria VoIP. Outro ponto que podemos citar é a miscelânea de significados ao redor do termo VoIP, destacando-a como qualquer solução proprietária convergindo voz e dados. Todas essas soluções funcionam perfeitamente bem atendendo seus objetivos e requisitos, mas Voz sobre IP é voz transportada sobre protocolo IP.

Na arquitetura TCP/IP, a voz será um tipo de serviço ou aplicação a ser transportada através de uma rede, de um usuário que possui um endereço IP de origem para outro indivíduo que tem um endereço IP no destino.



Lembrete

VoIP é a tecnologia e telefonia IP é o uso dessa tecnologia para fornecer funcionalidades e qualidade iguais às da telefonia tradicional.

6.3 Atraso, latência e perdas em VoIP

A latência ou *delay* VoIP é caracterizada como o tempo decorrente entre o instante em que a voz sai da boca da pessoa falando até chegar ao ouvido de quem está escutando.

Em redes IP, é natural a ocorrência de perda de pacotes. De fato, o TCP/IP (Transmission Control Protocol/Internet Protocol) foi construído de modo a utilizar a perda de pacotes como um meio de controle do fluxo de pacotes. No TCP/IP, se um pacote é perdido, é retransmitido. Na maioria das aplicações de tempo real, a retransmissão de pacotes é pior que a perda de pacotes, devido à natureza sensível à temporização de tais aplicações.

Três tipos de atrasos ou *delays* são inerentes às redes telefônicas atuais: *delay* de propagação, de serialização e de tratamento. O atraso de propagação é causado pela distância que um sinal deve viajar via luz em uma fibra óptica ou via impulsos elétricos em redes de cobre. O *delay* de tratamento ou manipulação – também chamado de *delay* de processamento – define várias causas diferentes de *delay* ("packetização", compressão e comutação de pacotes) e é gerado por dispositivos que dão seguimento ao quadro através da rede. O *delay* de serialização é o montante de tempo demandado para realmente injetar um *bit* ou *byte* em uma interface. Esse *delay* não é abordado, pois sua influência no *delay* total é praticamente desprezível.

Em redes VoIP, serão analisados os atrasos de propagação, atraso de processamento e atraso de fila.

Quanto ao atraso de propagação, a luz viaja através do vácuo a uma velocidade de cerca de 300 mil quilômetros/segundo (km/s) e elétrons viajam através do cobre ou fibra a aproximadamente 324.374 quilômetros/segundo. Uma rede de fibra cobrindo cerca de metade do globo (\cong 21 mil quilômetros) induz um atraso de cerca de 70 milissegundos (70 ms). Embora esse *delay* seja quase imperceptível ao ouvido humano, atrasos de propagação em conjunto com atrasos de processamento podem gerar degradações sensíveis na voz.

Para o atraso de processamento, dispositivos que dão seguimento ao *frame* através da rede introduzem um atraso de processamento. Atrasos de processamento podem impactar em redes telefônicas tradicionais, mas esses *delays* são um problema mais sério em ambientes operando com pacotes.

Nos produtos VoIP Cisco IOS, o processador digital de sinais (DSP) gera uma amostra de voz a cada 10 ms quando utiliza o G.729. Então, duas dessas amostras de voz (cada uma com 10 ms de *delay*) são colocadas em um pacote. O atraso do pacote é, assim, de 20 ms. Um atraso de *look-ahead* de 5 ms ocorre quando o G.729 é usado, dando um *delay* inicial de 25 ms para o primeiro quadro de voz. Cada fabricante pode decidir quantas amostras de voz ele quer enviar em um único pacote.

Como o G.729 usa amostra de voz de 10 ms, cada aumento no número de amostras por pacote aumenta o *delay* em 10 ms. De fato, o Cisco IOS permite que os usuários escolham quantas amostras querem colocar em cada quadro. A Cisco passa a maior responsabilidade na formação dos quadros e pacotes ao DSP a fim de manter o *overhead* do roteador baixo. O cabeçalho do RTP (Real-Time Transport Protocol), por exemplo, é colocado no *frame* pelo DSP, em vez de passar ao roteador essa tarefa.

Por fim, o atraso de fila pautado em uma rede baseada em pacotes experimenta a latência também por outras razões. Duas dessas razões são o tempo necessário para mover o pacote sendo processado para a fila de saída (comutação de pacotes) e o atraso de fila. Quando pacotes são mantidos em uma fila por causa de um congestionamento em uma interface de saída, o resultado é o atraso de fila. O atraso de fila ocorre quando mais pacotes são enviados do que uma interface pode suportar em um dado intervalo. O atraso de fila de saída é outra causa da latência. O ideal é manter esse fator menor que 10 ms sempre que possível pelo uso de qualquer método de enfileiramento que seja ótimo para a sua rede.

A recomendação ITU-T G.114 especifica que não mais de 150 ms de atraso unidirecional fim a fim deve estar presente na rede para uma boa qualidade de voz. Com a implementação Cisco VoIP, dois roteadores com *delay* mínimo de rede (costa a costa) usam apenas cerca de 60 ms do atraso fim a fim. Isso deixa 90 ms de atraso de rede para mover os pacotes IP da origem ao destino.

Algumas formas de *delay* são maiores, embora aceitas, pois não existe alternativa. Na transmissão via satélite, por exemplo, a transmissão leva cerca de 250 ms para alcançar o satélite e outros 250 ms para voltar para a Terra. Isso resulta em um *delay* total de 500 ms. Embora a recomendação ITU-T indique que isso esteja fora do intervalo aceitável de qualidade da voz, muitas conversas ocorrem diariamente sobre enlaces de satélite. Assim, a qualidade da voz é seguidamente definida como aquilo que os usuários irão aceitar e usar.

Em uma rede não gerenciada e congestionada, o atraso de enfileiramento ou de fila pode adicionar até dois segundos de *delay* (ou resultar no pacote sendo descartado). Esse período longo de *delay* é inaceitável em quase todas as redes de voz. O atraso de fila é um dos componentes do atraso fim a fim. Outra forma pela qual o *delay* fim a fim é afetado é através do *jitter*.

Outra característica importante do VoIP é a modulação por código de pulso. Embora a comunicação analógica seja ideal para a comunicação humana, a transmissão analógica não é nem robusta nem eficiente no tocante à recuperação do ruído de linha. Nas redes telefônicas iniciais, quando a transmissão analógica era passada através de amplificadores a fim de amplificar o sinal, não somente a voz era amplificada, mas o ruído de linha também. Esse ruído de linha resultava em uma conexão frequentemente não utilizável. É muito mais fácil para amostras digitais, que são constituídas de *bits* 1 e 0, serem separadas do ruído de linha. Assim, quando sinais analógicos são regenerados de amostras digitais, um som limpo é mantido. Quando os benefícios da representação digital tornaram-se evidentes, a rede telefônica migrou para a modulação por código de pulso (PCM).

Além disso, a compressão de voz é uma característica vital para VoIP. Duas variações do PCM 64 kbps são comumente utilizadas: a lei-A e a lei- μ . Os métodos são similares, uma vez que ambos usam uma compressão logarítmica para conseguir o mesmo resultado que seria obtido com 12 ou 13 *bits* PCM linear somente com 8 *bits*, mas diferem em detalhes menores relativos à compressão (a lei- μ tem uma leve vantagem no desempenho sinal-ruído para baixas amplitudes). O uso se dá historicamente ao longo de fronteiras regionais e de países, com a América do Norte usando a lei- μ e a Europa e outros países usando a modulação pela lei-A.

É importante destacar o seguinte: quando uma ligação de longa distância é realizada, qualquer conversão entre a lei- μ e a lei-A é responsabilidade do país que utiliza a lei- μ . Outro método de

compressão frequentemente usado é a modulação adaptativa diferencial por código de pulso (ADPCM – Adaptive Differential Pulse Code Modulation). Uma forma de ADPCM comumente aplicada é a ITU-T G.726, que codifica a voz usando amostras de 4 *bits*, gerando uma taxa de transmissão de 32 kbps. Diferentemente do PCM, os 4 *bits* não codificam diretamente a amplitude da voz, mas as diferenças em amplitude, assim como a taxa de mudança dessa amplitude, empregando alguns métodos rudimentares de predição linear (ITU, 1994).

O PCM e o ADPCM são exemplos de codificadores de forma de onda – técnicas compressoras que exploram as características de redundância da forma de onda em si. Novas técnicas compressoras foram desenvolvidas nos últimos 15 anos para melhor explorar o conhecimento das características da fonte de geração da voz. Essas técnicas empregam procedimentos de processamento de sinais que comprimem a voz pelo envio apenas de informações paramétricas simplificadas sobre a excitação de voz original e o formato do trato vocal, demandando uma banda menor para transmitir esses dados. Essas técnicas podem ser agrupadas em conjunto de forma genérica como *codecs* de fonte e incluem variações como codificação linear preditiva (LPC – Linear Predictive Coding), Celp (Code Excited Linear Prediction Compression) e MP-MLQ (Multipulse, Multilevel Quantization).

Estabelecimento e manutenção

Em uma instalação VoIP, as funcionalidades e os procedimentos de uso devem ser mantidos, tais como no sistema telefônico. É necessário ter o processo de sinalização para iniciar uma chamada, que deve ser realizada por um usuário, gerando sinalização com o envio de dígitos que identificam o terminal a ser conectado.

O dilema dos provedores de serviço

Um dos principais dilemas que os provedores de serviço enfrentam na atualidade é que, com mais serviços sobre VoIP e com o advento de novas tecnologias como o Session Initiation Protocol (SIP), os provedores de serviço gradualmente reduziram o valor do plano de controle de chamadas para os serviços. Em certo momento, o controle de chamadas de núcleo da rede era um elemento crítico, e os terminais eram de pouca importância. Com os clientes pedindo por mais inteligência em suas mãos, outro conjunto de CPEs e produtos Soho (Small Office-Home Office) está direcionando as facilidades dos assinantes.

A comutação e o controle de chamadas residindo na rede do provedor são agora distribuídos geograficamente e muitos serviços distintos compartilham a funcionalidade. Tecnologias atuais reduzem os obstáculos com os quais a oferta de VoIP se depara, e os SPs estão descobrindo que a rentabilidade derivada estritamente do tráfego somente de voz é um mercado difícil, a menos que as aplicações VoIP sejam a próxima troca de paradigma. A grande questão dos SPs é com que aplicações VoIP eles poderão lucrar.

Deteção de atividade de voz

Em conversações normais, uma pessoa fala e a outra escuta. As redes telefônicas atuais contêm um canal de 64 kbps bidirecional, independentemente de alguém estar falando. Isso significa que em uma conversa pelo menos 50% da largura de banda total é desperdiçada. O montante de banda desperdiçada

pode ser muito maior se tomamos uma amostragem estatística de paradas e pausas nos padrões normais de conversação de uma pessoa.

Quando utilizando a VoIP, é possível usar essa banda "desperdiçada" para outros propósitos quando a detecção de atividade de voz é empregada. VAD (Voice Activity Detection) trabalha pela detecção da magnitude da voz em decibéis (dB) e pela decisão de quando evitar que a voz seja empacotada.

Tipicamente, quando o algoritmo VAD detecta uma queda na amplitude da voz, ele aguarda uma quantidade fixa de tempo antes de parar de colocar os quadros de voz em pacotes. Esse período fixo é denominado período de manutenção da voz ou período de *hangover* e é regularmente de 200 ms. Como em qualquer tecnologia, existe uma relação custo-benefício envolvida. As técnicas VAD experimentam problemas inerentes para determinar quando a voz começa ou termina e em distinguir a voz do ruído de fundo. Isso significa que se você está em um ambiente ruidoso o algoritmo VAD pode ser incapaz de distinguir entre voz e ruído de fundo. Isso também é conhecido como o limiar de relação sinal-ruído. Nesses cenários, o algoritmo VAD desabilita a si mesmo no início da chamada. Outro problema inerente ao VAD é a detecção de quando a fala começa. Em geral, o início de uma frase é cortado. Esse fenômeno é conhecido como corte no início de um segmento de voz. Usualmente, a pessoa ouvindo a fala não percebe esse efeito.

Padrões de codificação de voz

A ITU-T padroniza os esquemas de codificação Celp, MP-MLQ, PCM e ADPCM em sua série de recomendações G. Os padrões de codificação de voz mais populares para telefonia e voz sobre pacotes incluem:

- G.711: descreve a técnica de codificação de voz PCM de 64 kbps estudada anteriormente; a voz codificada em G.711 já está no formato correto para a transmissão de voz digital em redes de telefonia pública ou através de PBX (Private Branch eXchanges).
- G.726: retrata a codificação ADPCM a 40, 32, 24 e 16 kbps; também é possível trocar a voz ADPCM entre voz empacotada e as redes de telefonia pública ou PBX, desde que a última tenha a capacidade de operar em ADPCM.
- G.728: acentua uma variação da compressão de voz Celp de baixa latência a 16 kbps.
- G.729: destaca uma compressão Celp que permite a codificação da voz em fluxos de 8 kbps; duas variações desse padrão (G.729 e G.729 – Anexo A) diferem muito em complexidade computacional e ambas fornecem, geralmente, uma qualidade de conversação tão boa quanto a que se pode obter com o ADPCM a 32 kbps.
- G.723-1: descreve uma técnica de compressão que pode ser utilizada para comprimir voz ou componentes de sinal de áudio em serviços multimídia operando a baixas taxas de dados, como parte geral da família de padrões H.324. Duas taxas de dados são associadas com esse codificador: 5.3 e 6.3 kbps. A taxa mais alta é baseada na tecnologia MP-MLQ e fornece uma qualidade maior. A taxa mais baixa é pautada no Celp, e provê boa qualidade, permitindo uma flexibilidade adicional aos projetistas de sistemas.

- iLBC (Internet Low Bitrate Codec): um *codec* de voz livre é ajustado para a comunicação robusta de Voz sobre IP. O *codec* é desenvolvido para voz de banda estreita e resulta em uma taxa de *bits* do *payload* de 13,33 kbps, com um comprimento do quadro de codificação de 30 ms e uma taxa de 15,20 kbps, com um comprimento de 20 ms. O *codec* iLBC permite a degradação suave da qualidade da voz no caso de perda de quadros, o que ocorre em conexão com a perda ou atraso de pacotes IP. A qualidade base é maior que a do G.729A, com maior robustez à perda de pacotes. O consórcio PacketCable e muitos outros fabricantes adotam o iLBC como *codec* preferencial. Tal codificação também tem sido usada por muitas aplicações PC para telefone, como Skype, Google Talk e o MSN Messenger.

Perda de pacotes

A perda de pacotes em redes de dados é tanto comum quando esperada. Muitos protocolos de dados, de fato, usam-na de modo a conhecer as condições da rede e poder, dessa forma, reduzir a quantidade de pacotes que eles estão enviando. Quando inserimos um tráfego crítico em uma rede de dados, é importante controlar o montante de descarte de pacotes naquela rede. Desde o início dos anos 1990, algumas empresas de telecomunicações colocaram tráfego comercial crítico, sensível ao tempo, em redes de pacotes, começando com o tráfego SNA (Systems Network Architecture).

Com protocolos como o SNA, que não toleram bem a perda de pacotes, é necessário construir uma rede bem projetada e que possa priorizar os dados de tempo real em relação aqueles que podem suportar atraso e perda de pacotes. Quando se utiliza a voz em redes de dados, é vital criar uma rede que transporte com sucesso a voz de modo confiável e ritmado. Igualmente é útil lançar mão de mecanismos que possam tornar a voz de algum modo resistente à perda periódica de pacotes.

A implementação VoIP da Cisco permite que o roteador de voz responda a perdas periódicas de pacotes. Se um pacote de voz não é recebido quando esperado (o instante esperado é variável), assume-se que este tenha sido perdido e que então o último pacote de voz seja usado novamente. Visto que a perda de um pacote representa somente 20 milissegundos de voz, o ouvinte médio não nota diferença na qualidade da voz.

6.4 Serviços VoIP

Como estudamos, os custos de prestação de serviços VoIP são inferiores aos custos de uma rede de telefonia comutada. É possível separar os serviços de VoIP em três classes:

- Classe 1: oferta de programa de computador que possibilite a comunicação VoIP entre dois ou mais computadores (PC a PC).
- Classe 2: utilização de comunicação VoIP em rede corporativa ou em um local que ocorra de forma transparente ao usuário.
- Classe 3: uso de comunicação VoIP, com numeração fornecida pela Anatel com a rede pública de telefonia tanto fixa quanto móvel.

Serviços VoIP de Classe 1

Permite a comunicação entre dois PCs através de um programa de computador, conhecido por Softphone, que implementa todas as funcionalidades e todos os protocolos necessários para fixar a comunicação por voz utilizando pacotes de dados que trafegam através de redes IP, como é o caso da internet. Também é conhecido como **serviços de valor adicionado**.

O provedor do serviço faz o gerenciamento instantâneo dos assinantes ativos, permitindo normalmente as facilidades de autenticação dos computadores na rede, manutenção do diretório de assinantes cadastrados e ativos, bem como o rastreamento dos minutos trafegados. A comunicação entre os PCs ocorre com interferência mínima dos servidores de sinalização do provedor, tornando o sistema mais simples e eficiente. O diagrama básico desse tipo de serviços é apresentado na figura seguinte.

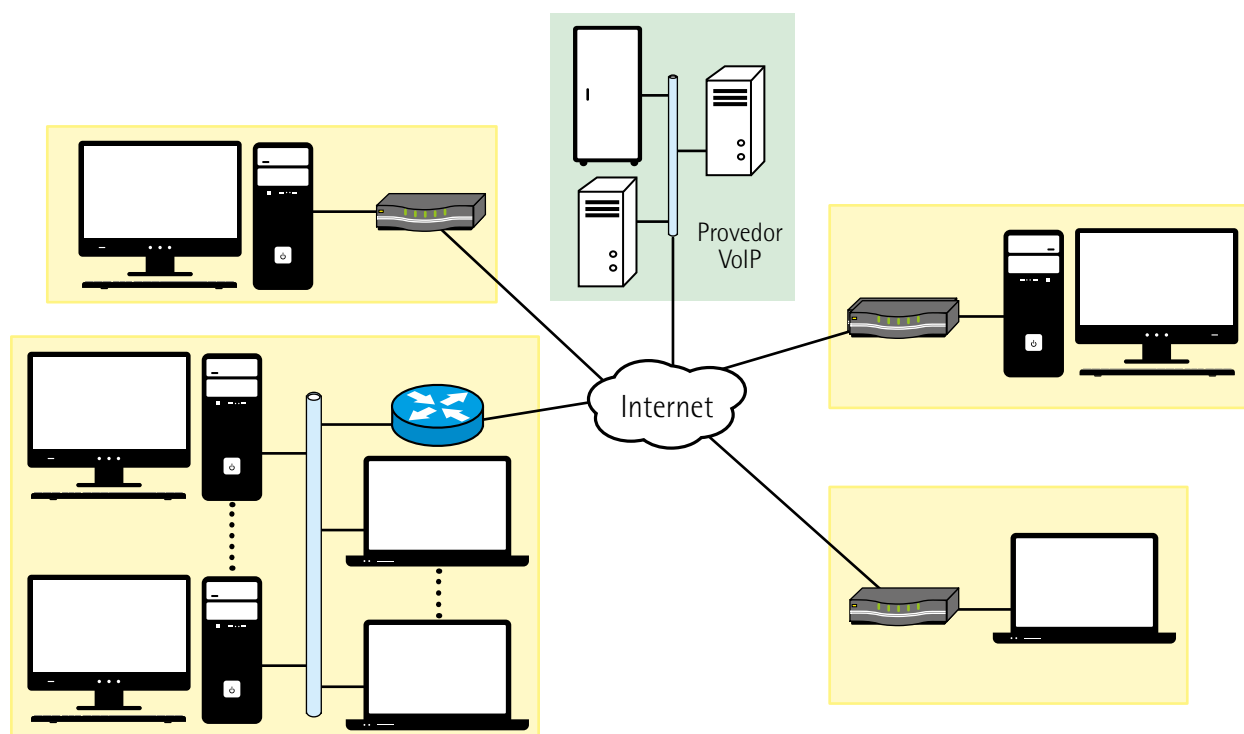


Figura 36 – Diagrama de serviços Classe 1

Na Classe 1, não há necessidade de terminais com sistemas específicos para VoIP. Apenas computadores com acesso de banda larga e o programa de Softphone são necessários.

A rede de transmissão, que fará o transporte da informação de voz da comunicação, será a internet. Tanto os computadores de origem como os de destino da comunicação e os demais servidores do provedor de serviço devem estar conectados à internet, conforme mostrado na última figura.

O uso mais rotineiro de VoIP para a maioria das pessoas é a comunicação computador a computador usando a internet, sendo o Skype o programa mais utilizado para este fim.

No caso dessa configuração de serviço, a qualidade do serviço ofertado dependerá basicamente dos algoritmos de compressão de voz e controle de envio e recebimento dos pacotes de dados executados no programa de Softphone e da conexão de internet utilizada. O maior fator de sucesso desses serviços é estabelecer algoritmos que permitam minimizar os atrasos e a latência inerentes à própria internet.

Assim, os requisitos de banda mínima da conexão e, se houver, de tempo de latência definidos pelo provedor VoIP, devem ser atendidos para garantir que o serviço tenha a melhor *performance* possível. Isto implica conhecer a banda mínima garantida pelo provedor de acesso à internet e o eventual tempo de latência máximo da rede.

É fundamental assegurar que os níveis de serviço oferecidos pelos provedores de acesso à Internet e VoIP estejam de acordo com as necessidades do assinante, principalmente quando o serviço for utilizado de forma mais intensiva e como suporte às atividades profissionais.

Para os órgãos reguladores, tanto internacionais como do Brasil, a tendência é que um serviço VoIP provido através de um programa de computador pode ser considerado um Serviço de Valor Adicionado (SVA), ou seja, como uma facilidade adicional da internet, e não como um serviço de telecomunicações. Portanto, no caso do Brasil, esse tipo de serviço não necessita de nenhuma licença de telefonia fixa ou móvel.

Em muitos casos, esse tipo de serviço é gratuito. O grande exemplo atual é o serviço básico provido pela Skype, operadora que disponibiliza o programa homônimo que permite a comunicação PC a PC com qualidade excelente, que pode ser considerada superior aos serviços de telefonia convencional, quando a conexão com a internet é de boa qualidade tanto na origem como no destino da comunicação.

Caso o serviço seja pago, normalmente é do tipo pré-pago, no qual o assinante compra crédito em valores de moeda corrente (nacional ou internacional) usando cartões de crédito internacionais. Esse crédito é usado durante as chamadas feitas, conforme a tarifa cobrada por minuto de utilização, através do sistema de faturamento do provedor.



Saiba mais

O Skype (<https://www.skype.com/pt-br>) oferece aplicativos com diversos planos de assinatura para quem deseja realizar ligações. Por exemplo, há um Softphone, isto é, um programa que contém as funcionalidades para a realização de chamadas telefônicas entre os computadores.

Outros *softphones* são: AdoreSoftPhone (<http://www.adoresoftphone.com>), X-lite (<http://www.counterpath.com>), 3CXPhone (<https://www.3cx.com>) e Zoiper (<https://www.zoiper.com>).

Serviços VoIP de Classe 2

Essa classe contém os serviços prestados para atender os clientes corporativos. A empresa de telecomunicações pode oferecer desde circuitos TDMA simples de sua rede para a interligação das diversas localidades da rede da empresa até sistemas VoIP completos para atender todas as localidades. Os circuitos que interligam as diversas localidades podem também ser providos através da internet.

O provedor do serviço realiza o gerenciamento em tempo real dos assinantes ativos, em geral fornecendo as facilidades de autenticação de terminais VoIP e computadores na rede, manutenção do diretório de assinantes cadastrados e ativos, bem como rastreamento dos minutos trafegados. A comunicação entre os terminais VoIP e/ou os elementos da rede ocorre com total controle dos PABX IP (reais ou virtuais) fornecidos ou administrados pelo provedor.

Por sua vez, o acesso à rede de telefonia convencional de cada localidade é realizado por meio das linhas contratadas pelo cliente para atender as necessidades da sua rede corporativa usando os gateways VoIP existentes. O diagrama básico desse tipo de serviços é apresentado na figura seguinte.

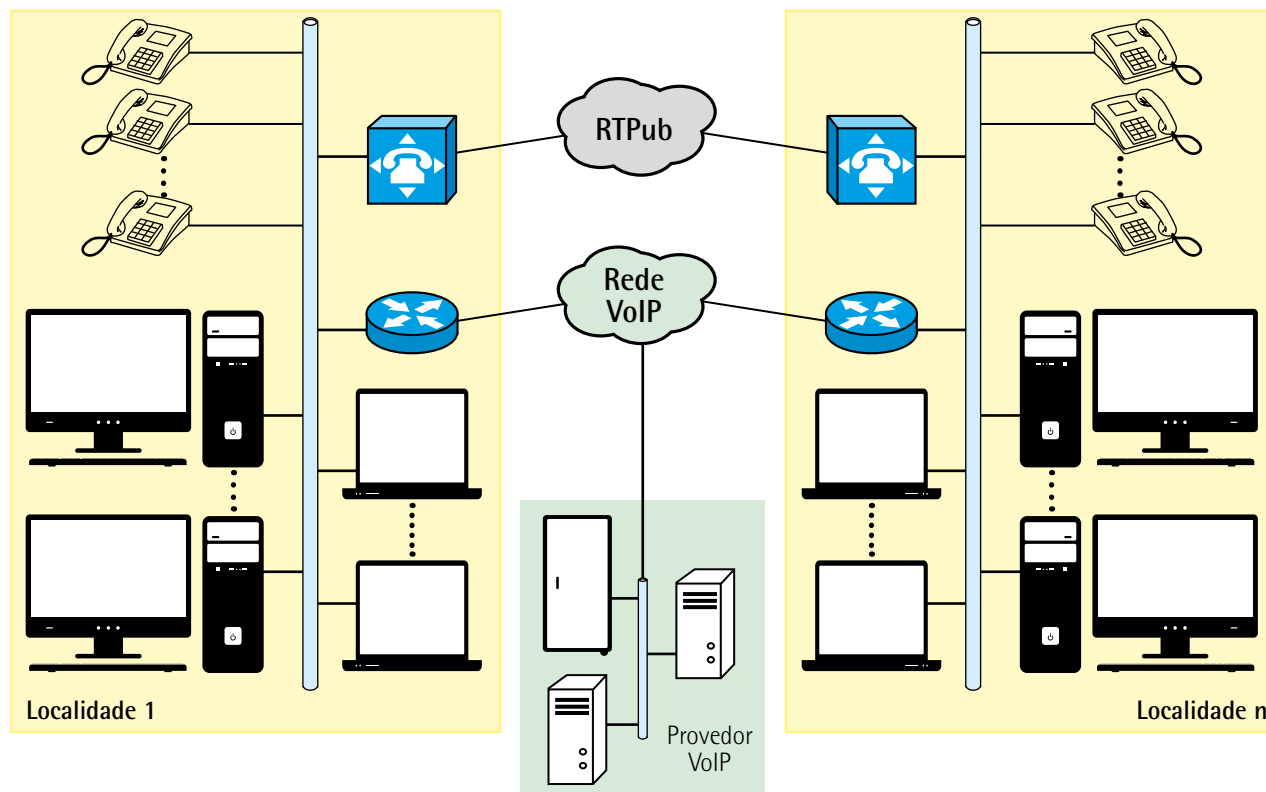


Figura 37 – Diagrama de serviços Classe 2

Os serviços corporativos de VoIP usam a rede corporativa construída para fornecimento dos serviços de dados. Assim, a rede é composta de diversas redes locais ou LANs de cada localidade e pelos circuitos que interligam essas localidades, formando a rede corporativa, uma WAN.

Cada terminal, tanto computador quanto PABX IP, interliga-se diretamente à rede corporativa, independentemente de sua localização física, e cada usuário passa a usufruir dos serviços configurados para o seu perfil em qualquer localidade.

Os circuitos que interligam as diversas unidades da empresa podem ser parte da rede do prestador VoIP ou podem ser acesso à internet, sendo configurados para formar redes privadas seguras (VPNs).

A qualidade do serviço ofertado será dependente da qualidade da rede do provedor VoIP. Por ser uma rede privada, os parâmetros de QoS podem ser previamente definidos e o serviço pode prover a qualidade definida no contrato celebrado entre as partes. Mesmo os eventuais acessos feitos à rede corporativa através da internet, quando os usuários estiverem fora das dependências da empresa, como no caso de viagens, visitas externas, ou mesmo em suas casas, podem ser mais bem ajustados e ter uma qualidade superior.

O nível de qualidade de serviço também pode ser acordado entre o cliente e o provedor VoIP com maior grau de certeza, já que a rede do provedor está sob seu controle. Parâmetros de disponibilidade próximos a 100% podem alcançados com facilidade e tornam o serviço VoIP bastante confiável. A única exceção é feita aos acessos via internet, que não estão sob controle do provedor.

Para os órgãos reguladores brasileiros, em especial à Anatel (Agência Nacional de Telecomunicações), para a prestação desse tipo de serviço, é suficiente que o provedor possua uma licença de serviço de telecomunicações.

Esse tipo de serviço é sempre pago e existe um valor fixo mensal para a empresa. O montante a ser saldado pode ser composto do valor serviço de telecomunicações provido através da rede do provedor e pelo valor da eventual locação e manutenção dos equipamentos instalados.

Serviços VoIP de Classe 3

Esses são os serviços prestados para atender principalmente o mercado de consumidor formado pelos assinantes residenciais e pelas pequenas e médias empresas. Nele, o prestador VoIP deve fornecer um número telefônico de seu plano de numeração, e o assinante solicita a linha de acordo com a cobertura da operadora e o seu interesse de destino de tráfego, ou seja, a linha pode ou não estar cadastrada em seu domicílio (endereço físico).

Caso o seu interesse de tráfego seja para a cidade de São Paulo, mas ele more ou trabalhe em Manaus, o usuário pode assinar uma linha de São Paulo e utilizar o seu terminal VoIP em Manaus simplesmente o conectando à internet.

Esse tipo de serviço é prestado em regime irrestrito, o que possibilita ao assinante fazer e receber chamadas de seu telefone VoIP para qualquer rede pública convencional ou VoIP que tenha interconexão com o seu prestador VoIP, tanto para chamadas locais como de longa distância nacional e internacional. O diagrama básico desse tipo de serviços é apresentado a seguir:

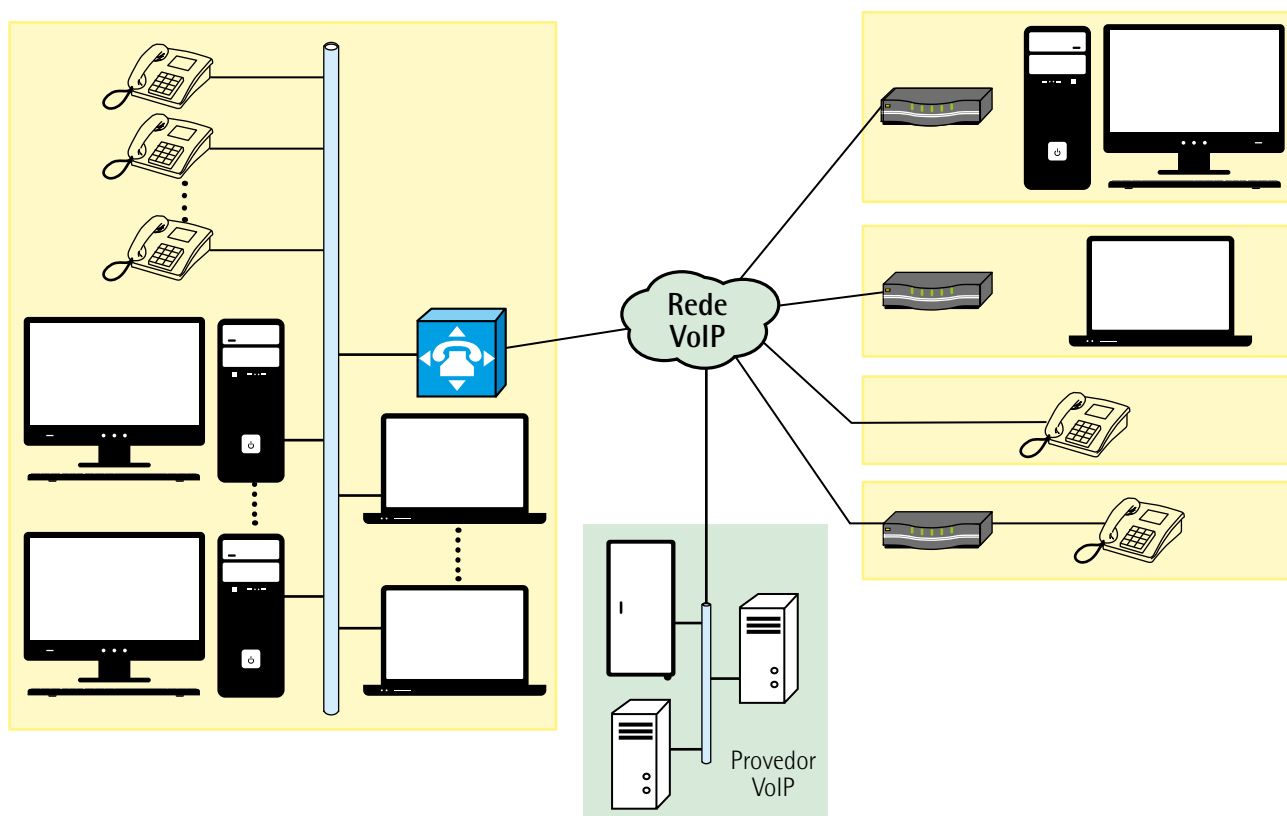


Figura 38 – Diagrama de serviços Classe 3

No serviço de Classe 3, que se destina ao uso irrestrito, existe uma probabilidade relativamente alta do acesso de banda larga ser fornecido pelo prestador VoIP na região de domicílio do assinante, caso esta seja a mesma que a sua região de interesse de tráfego. Quando o assinante estiver em outra localidade, qualquer conexão de banda larga disponível pode ser usada para fazer chamadas através do seu terminal VoIP.

A rede de transmissão que realizará o transporte da informação de voz da comunicação será parcialmente composta de rede IP do próprio prestador VoIP e de internet. Adicionalmente, serão executadas as redes das operadoras que possuam contrato de interconexão com esse prestador VoIP, para finalizar chamadas terminadas nas redes de outras operadoras nacionais e internacionais.

A rede IP da prestadora está interligada com todos os terminais VoIP, computadores ou adaptadores VoIP e equipamentos de telefonia do prestador VoIP, seja por meio de conexão própria, seja por meio de acessos de banda larga de outras operadoras.

Em relação à qualidade do serviço, esta dependerá da qualidade da rede do provedor VoIP. Como essa é uma rede privada, os parâmetros de QoS podem ser devidamente ajustados e o serviço pode prover a qualidade definida no contrato celebrado entre as partes. Mesmo os eventuais acessos feitos através da internet, quando os usuários estiverem fora dos seus domicílios, podem ser mais bem ajustados e ter uma qualidade superior.

O nível de qualidade de serviço deve ser atendido pelo provedor VoIP com maior grau de certeza, já que a rede está sob seu controle.

Para esse tipo de serviço VoIP, ainda não há consenso entre os órgãos reguladores brasileiros, pois as determinações da Lei Geral de Telecomunicações (LGT) permitem entender que se trata de um serviço de telecomunicações. A regulamentação nacional busca ser neutra quanto à tecnologia empregada. Pode-se entender, portanto, que o serviço poderia ser prestado utilizando-se tanto as licenças STFC como SCM.

Esse tipo de serviço é sempre cobrado, e geralmente existe um valor mensal variável que pode ou não ter uma taxa de assinatura fixa.



Resumo

Vimos que a taxa de informações é a relação da quantidade de *bytes* por segundo. O atraso dos pacotes é o tempo que o pacote levou para ir do emissor até o receptor. Já as perdas dos pacotes representam a razão entre o número de pacotes que não chegaram ao destino ou chegaram corrompidos pelo número total de pacotes enviados.

O objetivo dos métodos de QoS é reduzir, até um valor aceitável, os efeitos negativos para o usuário das filas existentes na comutação por pacotes.

Depois da realização de diversas pesquisas relacionadas à classificação de aplicação de tráfego, foram definidas as três características mais relevantes para critério de tráfego: previsibilidade da taxa de informação do tráfego, sensibilidade da aplicação a atrasos de pacotes e sensibilidade de aplicação à corrupção.

Nesta unidade, acentuamos que o tráfego da maior parte das aplicações possui uma taxa variável de *bit*, sendo muitas vezes um tráfego em rajada.

As tecnologias para medição de QoS são: melhor esforço, serviços integrados, serviços diferenciados e MPLS.

A convergência entre as redes de dados, voz e vídeo, além de necessidade de alteração na infraestrutura, possibilita o desenvolvimento de novas facilidades mais rapidamente e abre o desenvolvimento de aplicações para milhares de ISVs (Independent Software Vendors). A rede de voz passa de modelo de comutação de circuitos para se transformar em um novo modelo de comutação por pacotes pelo qual existem padrões abertos entre todas as três camadas.

Em uma rede IP, ocorrem perdas de pacotes que são retransmitidos pela camada de transporte. Contudo, isso gera um atraso, que é indesejado para aplicações em tempo real. Em redes VoIP, serão examinados os atrasos de propagação, de processamento e atraso de fila.

É possível separar os serviços de VoIP em três classes. Na Classe 1, há oferta de programa de computador que possibilite a comunicação VoIP entre dois computadores. A Classe 2 permite o uso de comunicação VoIP em rede corporativa. Por fim, a Classe 3 faz uso de comunicação VoIP, com numeração fornecida pela Anatel.



Exercícios

Questão 1. (Cebbraspe 2016) Acerca do MPLS (Multiprotocol Label Switching), assinale a alternativa correta.

- A) O MPLS permite a criação de redes virtuais, sendo capaz de isolar o tráfego por completo com tabelas que utilizam mecanismos de pilhas e de etiquetagem exclusivas para cada VPN.
- B) O MPLS permite a criação de caminhos entre os roteadores por meio das *label switching paths*.
- C) Na rede MPLS, um *label* é utilizado pelos roteadores para encaminhar um pacote recebido. Nesse caso, o cabeçalho MPLS deve ser posicionado depois de qualquer cabeçalho da camada 1 (física) e antes do cabeçalho da camada 2 (enlace).
- D) Com a utilização de alguns dos protocolos da camada 4 (transporte), o MPLS pode ser empregado para transportar vários tipos de tráfego, como pacotes IP e ATM.
- E) Em situações de falhas e de congestionamentos, apesar de a rede MPLS possuir algoritmos capazes de reduzir perdas ou atrasos, tais avarias ainda serão perceptíveis. Esse é um indicativo de que a capacidade de gestão de tráfego do MPLS é inferior em relação a outros protocolos.

Resposta correta: alternativa B.

Análise das alternativas

A) Alternativa incorreta.

Justificativa: os mecanismos de pilha e etiquetagem não são exclusivos para cada VPN; na verdade, o empilhamento de rótulos permite que seja implementada uma hierarquia de redes dentro de um domínio MPLS com diferentes redes.

B) Alternativa correta.

Justificativa: o MPLS permite a criação de caminhos entre os roteadores por meio das *label switching paths*.

C) Alternativa incorreta.

Justificativa: o cabeçalho MPLS é posicionado entre os cabeçalhos da camada 2 (enlace) e 3 (rede).

D) Alternativa incorreta.

Justificativa: o protocolo MPLS atua entre as camadas 2 e 3 da rede, portanto, o transporte de pacotes IP (camada 3) e ATM (camada 2) independe da utilização de quaisquer protocolos da camada 4.

E) Alternativa incorreta.

Justificativa: a capacidade de gestão de tráfego do MPLS é superior em relação a outros protocolos.

Questão 2. (Funcab 2014) No protocolo SIP, quem é responsável por definir o tipo de mídia, codec, portas UDP ou TCP, número do telefone, entre outros campos?

A) Session Description Protocol (SDP).

B) Simple Conference Control Protocol (SCCP).

C) Session Initiation Protocol (SIP).

D) Forking Proxies.

E) Telefones SIP.

Resolução desta questão na plataforma.
