

### 3 Qualidade de serviço na Internet

Além do aumento do tráfego gerado nos ambientes corporativos e na Internet, está havendo uma mudança nas características das aplicações que estão sendo utilizadas. A transmissão integrada de áudio, vídeo e dados vem se tornando cada vez mais comum. Para que a informação possa ser transmitida integralmente a rede precisa fornecer os recursos necessários. Por exemplo, é necessário que os enlaces possuam largura de faixa capaz de atender a transferência da informação em um ritmo aceitável. Melhorias na codificação da informação têm reduzido a necessidade das aplicações de áudio e vídeo por grande largura de faixa. Simultaneamente pode ser observado também um aumento na velocidade dos enlaces.

Entretanto, para a transmissão de áudio e vídeo é necessário mais do que atender as necessidades de largura de faixa. Em uma conversação telefônica, por exemplo, é muito importante que o atraso e a variação do atraso na entrega da informação sejam o menor possível. Isso se aplica em geral às aplicações de tempo real.

Devido às exigências das aplicações de tempo real em relação ao atraso e sua variação, podemos concluir que o modelo de “melhor esforço”, atualmente utilizado na Internet, não é suficiente para atender às necessidades das aplicações de tempo real. O crescimento de aplicações multimídia exige um novo modelo de serviço, no qual as aplicações que precisem de garantias possam solicitá-las à rede. A rede pode responder fornecendo as garantias necessárias ou informar que os recursos disponíveis naquele momento não são suficientes para atender a requisição solicitada pela aplicação. As aplicações de voz, vídeo e dados possuem exigências de garantias diferentes, por isso o tráfego gerado por essas aplicações deve receber um tratamento diferenciado na rede. Uma rede capaz de fornecer diferentes níveis de garantias é uma rede que suporta qualidade de serviço (QoS).

A seção abaixo apresenta um resumo dos parâmetros essenciais em uma rede capaz de prover qualidade de serviço.

### 3.1. Parâmetros de Qualidade de Serviço

Embora a definição mais geral de Qualidade de Serviço seja baseada no conceito subjetivo da satisfação do usuário, na prática, Qualidade de Serviço está associada a alguns parâmetros de desempenho. Esses parâmetros são descritos abaixo.

- **Atraso fim-a-fim:** É o tempo entre o envio de uma mensagem pelo nó de origem e a recepção desta mensagem em um nó de destino. Este atraso ocorre devido ao caminho de transmissão e aos dispositivos responsáveis pelo processamento dos mesmos.
- **Variação do atraso (jitter):** Variação do atraso é a flutuação ocorrida nos tempos de chegada entre pacotes comparados aos tempos originais de transmissão entre pacotes.
- **Taxa de perda de pacotes:** A taxa de perda de pacotes é definida como a porcentagem de pacotes transmitidos que não chegam ao destino, devido principalmente a atraso excessivo, problemas físicos nos equipamentos de transmissão e congestionamento. Como visto anteriormente, as redes IP não garantem a entrega dos pacotes, portanto a perda de pacotes é inevitável e pode influenciar significativamente a qualidade de serviço.
- **Largura de faixa e vazão:** Largura de faixa indica a capacidade máxima de transmissão necessária para uma conexão. A vazão é uma medida da quantidade de tráfego de dados movidos de um nó da rede para outro em um determinado intervalo de tempo.

### 3.2. Características das fontes de tráfego

Esta seção descreve resumidamente as principais características das fontes de tráfego de voz, vídeo e dados.

#### 3.2.1. Voz

As conexões de voz [39] geram um conjunto de pequenos pacotes a uma taxa de bits relativamente baixa. A taxa típica de uma conversa telefônica varia de 5 Kbps a 64 Kbps, dependendo do esquema de codificação e do

cabeçalho a ser adicionado. A tabela 2.1 apresenta alguns codificadores de voz com as suas respectivas taxas.

Padrão	Esquema de Codificação	Taxa
G. 711	PCM	64 Kbps
G. 729A	CELP	8 Kbps
G. 723	CELP	5.33 Kbps

Tabela 3.1: Taxas de bits para serviço de voz

A redução das taxas de codificação de voz ocorre devido à utilização de esquemas de compressão de voz e supressão de silêncio. A supressão de amostras que correspondem a períodos de silêncio (que corresponde a 45 % do tempo em uma conversação típica) [39] proporciona uma redução substancial da taxa média.

Lin [39], para que a Internet seja capaz de transportar serviços de voz, requisitos severos devem ser satisfeitos. A interatividade impõe um *Round Trip Time* (RTT)<sup>1</sup> máximo de 200-300 ms. Isso significa que o atraso total devido à codificação de voz, empacotamento, transmissão, ajuste da variação estatística do atraso e decodificação deve ser inferior a 100-150 ms. A variação estatística do atraso deve ser limitada a um valor inferior a 50 ms, para assegurar uma boa reprodução no receptor.

Períodos de perdas de pacotes de voz maiores do que 60 ms afetam a inteligibilidade da recepção. Sabendo-se que as perdas de pacotes na Internet ocorrem em surtos, é necessário limitar adequadamente a taxa de perda garantindo inteligibilidade na recepção.

### 3.2.2. Vídeo

As fontes de tráfego de vídeo geram informações que ocupam uma ampla faixa de taxa de transmissão que variam de dezenas de Kbps a dezenas de Mbps. As características da codificação de vídeo variam de acordo com o conteúdo e com os esquemas de compressão e codificação utilizados. Em relação ao conteúdo, cenas mais complexas com mudanças mais freqüentes de

---

<sup>1</sup> Round Trip Time representa o tempo decorrido entre a transmissão de um pacote e o recebimento de confirmação de que o pacote chegou ao receptor.

cenários requerem uma quantidade maior de dados para manter o nível de qualidade. A tabela 2.2 apresenta alguns esquemas de codificação de vídeo e suas características.

Padrão	Características
H. 261	Taxas múltiplas de 64 Kbps a 2 Mbps
H.263	Taxas menores que 64 Kbps
MPEG-1	Taxas de aproximadamente 1.2 Mbps Vídeo comprimido Voz e Vídeo são codificados de forma independente.
MPEG-2	Taxas variam de 3Mbps a 35Mbps Vídeo comprimido Voz e Vídeo são codificados de forma independente.

Tabela 3.2: Taxas de bits para diferentes padrões de codificação de vídeo

As características do vídeo são também afetadas pelos esquemas de codificação utilizados. Para um tráfego constante CBR (*Constant Bit Rate*) a taxa de envio de informação permanece praticamente constante ao longo do tempo. Em contrapartida, um tráfego de vídeo variável VBR (*Variable Bit Rate*) pode possuir uma taxa de pico muito maior que a taxa média.

Da mesma forma que o tráfego de voz, comunicações de vídeo interativas requerem um valor de RTT entre 200 e 300 ms. Entretanto, uma transmissão de vídeo *broadcast* e vídeo sob demanda toleram vários segundos de atraso.

### 3.2.3.

#### Aplicações básicas da Internet

O tráfego gerado pelas aplicações de dados corresponde a uma boa parcela do tráfego Internet. Algumas das aplicações intensamente utilizadas atualmente são o correio eletrônico (SMTP, POP e IMAP), transferência de arquivos (FTP) e conexão remota (Telnet).

O correio eletrônico e a transferência de arquivo se caracterizam por uma transferência em rajadas de pacotes de dados. Entretanto, o volume de dados pode variar enormemente, de pequenos volumes típicos de mensagens usuais

até arquivos de tamanhos enormes. Através do protocolo TCP, esses arquivos são segmentados e transmitidos. Assim, nos roteadores de entrada da rede, estas aplicações são modeladas como uma seqüência contínua de pacotes, totalizando o tamanho do arquivo a ser transferido. Entretanto, através de mecanismos do próprio TCP que limitam a janela de transmissão, esses pacotes têm a sua entrada na rede controlada, resultando em uma taxa média de transferência ou vazão.

Sessões típicas Telnet consistem em um conjunto de caracteres digitados por um usuário em um terminal e transmitidos pela rede a um servidor, o qual pode ocasionalmente enviar um comando de resposta à solicitação do usuário. O fluxo de pacotes gerado consiste em pequenos datagramas (tipicamente menores do que 50 bytes). Em geral o tráfego é assimétrico, com o tráfego gerado do servidor para o usuário sendo, em média, vinte vezes maior do que do usuário para o servidor. O tempo de chegada de pacotes é limitado pela velocidade de digitação do usuário (o que raramente é superior a 5 caracteres por segundo), fazendo com que o tráfego gerado pela aplicação telnet utilize pouca banda e possua baixa explosividade.

O Telnet é um aplicativo interativo, e assim como a voz e o vídeo, possui requisitos severos para atraso. Atrasos superiores a 200 ms comprometem a aplicação. Além disso, esse tipo de tráfego é muito sensível à perda de pacotes, pois o tempo requerido para retransmissão possui em geral um valor maior do que o máximo atraso aceitável para a resposta do servidor.

O tráfego HTTP na maioria das vezes gera requisições de páginas que são menores do que 500 bytes. As respostas HTTP são tipicamente menores do que 50 KB, porém, elas podem assumir tamanhos significativamente maiores quando envolvem transferência de grandes arquivos. Em [39] os autores mostram que o intervalo de chegada de pacotes obedece a uma distribuição de Pareto de Cauda Pesada, resultando em um tráfego explosivo. As respostas das conexões HTTP também obedecem a uma distribuição de cauda pesada de Pareto, e o tráfego gerado pela agregação de várias conexões WWW apresentam propriedades de auto-similaridade.

O tempo necessário para se visualizar uma página deve estar em torno de 5 seg. para garantir um nível aceitável de satisfação do usuário.

A tabela 2.3 compara a sensibilidade das diferentes aplicações aos parâmetros de QoS.

Tipo de Tráfego	Vazão	Perda	Atraso	<i>Jitter</i>
Correio eletrônico	Baixa	Alta	Alta	Baixa
Voz	Muito baixa	Média	Alta	Alta
Comércio eletrônico (http)	Baixa	Alta	Alta	Alta
Acesso Remoto (telnet)	Baixa	Alta	Média	Baixa
Transferência de arquivos (FTP)	Alta	Média	Baixa	Baixa
Vídeo conferência	Alta	Média	Alta	Alta

Tabela 3.3: Aplicações versus sensibilidade aos parâmetros de QoS.