

## 2

# Avaliação de desempenho de uma rede de telecomunicações

Ao longo do presente capítulo são introduzidos os principais elementos qualitativos e quantitativos capazes de permitir a avaliação do desempenho de uma rede de telecomunicações.

### 2.1. Introdução

Sempre que uma rede de telecomunicações é projetada, uma das principais dificuldades encontradas é o atendimento das características de desempenho desejadas. Uma vez que o projeto é executado, pode ser essencial a realização de testes probatórios de qualidade. Muitas vezes, os engenheiros precisam ensaiar determinados cenários de operação, mais críticos, e observar se os resultados obtidos atendem às especificações desejadas ou são compatíveis com simulações realizadas. Estes testes podem ser utilizados para avaliar desde grandes trechos de rede até dispositivos individuais.

Basicamente os testes de desempenho são realizados com a injeção de um determinado tráfego na rede e a observação da resposta da rede a este tráfego. O mecanismo de geração deste tráfego pode ser simples, ou obedecer a padrões complexos. Vários parâmetros de desempenho podem ser aferidos, como a taxa de transmissão máxima suportada, o tempo que um quadro levou em trânsito, ou quanto tempo a rede precisa para se recuperar de uma falha. Geralmente, o módulo responsável por esta análise deve conhecer as características do tráfego que foi gerado e, assim, ser capaz de aumentar a precisão dos seus resultados.

Redes com características de tráfego peculiares também são candidatas a testes rigorosos, como por exemplo, em casos de redes com elevado tráfego de voz misturado a tráfego de dados. Como o tráfego de voz é sensível às variações

de desempenho[3], o operador da rede deve garantir que este tráfego não será afetado mesmo sob as condições mais severas. Nos próximos anos as redes de IPTV estarão presentes em quase todas as cidades e, há algum tempo, grandes empresas têm conduzido estudos de qualidade para estas redes. Assim como o tráfego de voz, o tráfego de vídeo também requer uma qualidade de transmissão elevada, além de exigir uma taxa muito superior. O problema do tráfego de vídeo se agrava quando utilizado de forma interativa, como em videoconferências, aulas à distância, etc.

O protocolo Ethernet[2] tem sido utilizado e sua penetração nas aplicações de redes de telecomunicações está se intensificando. Em muitas aplicações, redes virtuais ou via túneis fornecem a um cliente residencial ou corporativo uma extremidade de um cabo. A forma como o serviço é estruturado dá ao usuário final a sensação de possuir uma rede única e privada. A operadora se comprometerá com seu cliente, através de um acordo de qualidade, ou SLA (*Service Level Agreement*), a atender requisitos mínimos de desempenho na prestação daquele serviço. O cliente poderá, caso julgue necessário, testar se aqueles parâmetros de qualidade estão sendo respeitados.

## **2.2. Principais parâmetros de desempenho**

Existem inúmeros parâmetros, testes e dados referenciais para avaliação de desempenho dos equipamentos de redes. A escolha da melhor configuração de teste pode variar drasticamente conforme o ambiente envolvido ou resultados esperados. Testes altamente críticos em um cenário podem ser de menor importância em outro, cabendo aos responsáveis pela avaliação determinar, não apenas o ferramental técnico usado, mas também a metodologia que irá conduzir o trabalho.

Alguns parâmetros, no entanto, são consensualmente valorizados e, devido a este elevado reconhecimento, são amplamente utilizados. Neste tópico, vamos citar rapidamente alguns deles, pois terão grande importância no desenvolvimento da presente dissertação. É importante citar que, para a grande maioria dos

parâmetros de desempenho, as causas responsáveis pela sua degradação podem estar concentradas em um único ponto ou espalhadas pelos diversos elementos responsáveis pela transmissão de dados. Um trabalho que objetive unicamente a aferição do desempenho pode não exigir a identificação dos pontos responsáveis pela sua degradação. Outros testes poderão exigir como produto, não apenas a identificação destes pontos, mas também minuciosas descrições das condições envolvidas e até mecanismos de resolução ou mitigação dos efeitos indesejados.

A maioria dos testes costuma ser realizada iterativamente com variação discreta e conhecida do padrão de transmissão. São comumente encontrados testes que relacionam os resultados com a taxa de transmissão empregada e o tamanho dos quadros. Também podem ser usados padrões pseudo-aleatórios, controlados, para simular ambientes específicos. Por exemplo, podem ser gerados quadros com características semelhantes aos de uma rede de voz, permitindo avaliar os efeitos obtidos sobre o tráfego. Podem então ser destacados os seguintes parâmetros, abaixo relacionados.

### **2.2.1. Perda de quadros**

Do inglês, *Frame Loss*, refere-se à taxa de quadros perdidos entre dois pontos da rede, e costuma ser representado em notação porcentual ou fracionada. O mecanismo de detecção de perda de quadros pode usar lógicas distintas, conforme o cenário. Avaliar se um quadro foi perdido, depende do entendimento de como esse quadro poderia ser recebido. Imagine um teste em que quadros são transmitidos com números seqüenciais de controle. Em uma rede onde não ocorre reordenação de quadros, o recebimento de um quadro com numeração superior ao imediatamente posterior ao último recebido, indica a falha. Em uma rede onde a reordenação é possível, outros mecanismos de avaliação seriam necessários. O mais simples envolve o uso de um contador de quadros. Ao fim do teste a diferença entre o número de quadros transmitidos e recebidos indica o número de quadros perdidos. Quadros também podem ser considerados como perdidos se não forem recebidos após um determinado intervalo de tempo da sua transmissão.

Um ponto importante a mencionar é o fato de que quadros podem ser perdidos, por exemplo, por descarte quando a fila de um equipamento está cheia ou por falha na verificação do código de detecção de erro. No segundo caso, o quadro pode ter sido entregue ao seu destino final, mas será igualmente contabilizado na estatística de perda.

### **2.2.2. Atraso ou retardo**

Outro importante parâmetro de desempenho, conhecido como atraso, refere-se ao tempo decorrido desde a transmissão de um quadro até seu efetivo recebimento no destino. O atraso total é, na verdade, a soma de uma série de atrasos, consequência de todos os processos envolvidos na transmissão daquela informação. Alguns desses componentes têm maior significância do que outros sobre o resultado final.

Como exemplos, podemos citar a taxa de transmissão de bits empregada nos enlaces ao longo do trajeto, o tempo gasto pelos equipamentos ativos para processar o quadro e o tempo que o quadro permaneceu armazenado em filas de recepção e transmissão desses equipamentos. Outro fator que deve ser considerado é o tempo de propagação do sinal transmitido. Em redes de curta distância e com taxas de transmissão reduzidas, este parâmetro assume dimensões diminutas em relação aos demais e, por isso, costuma ser desprezado. Em redes de longa distância e com taxas de transmissão muito elevadas, o tempo gasto pelo sinal para percorrer um meio de transmissão se torna comparável, em ordem de grandeza, aos demais efeitos causadores de atraso e, portanto, deve ser considerado.

Considerando-se os usuários e os aplicativos, o atraso pode exercer grande impacto negativo sobre o resultado obtido se estiver acima dos padrões exigidos. As aplicações mais sensíveis ao atraso são aquelas que trabalham de forma interativa, por exemplo, voz, videoconferência ou terminais remotos.

### 2.2.3. Variação do retardo ou *jitter*

Supondo que o tráfego e todos os componentes, ativos e passivos, da rede trabalhem constantemente sob um regime estável, é de se esperar que o atraso obtido sobre os quadros seja constante. Na prática, toda a transmissão está sujeita a inúmeras variações e, entre elas, a variação no comprimento das filas dos equipamentos. Como consequência, obtém-se uma seqüência de quadros recebidos com variação no atraso entre eles, efeito conhecido, em inglês, como *jitter*. O efeito também poderá ser causado em redes onde ocorram multi-percursos, ou seja, quadros seguindo caminhos distintos e, conseqüentemente, com retardos diferentes.

A variação do atraso pode ser extremamente danosa aos serviços interativos. O motivo está no fato que, quanto maior for a variação, mais imprevisível será o momento do recebimento do próximo quadro. Quando a variação é nula, ou seja, o atraso é constante, os quadros são recebidos com o mesmo intervalo com que foram transmitidos. O *jitter* implica no recebimento dos quadros com intervalos distintos aos da sua transmissão.

Aplicativos de voz ou videoconferência, quando transportados através de uma rede de dados, utilizam filas[4] de armazenamento temporário como forma de mitigar os efeitos da variação de retardo. A fila protege o serviço da variação em duas situações: armazenar quadros recebidos antes do seu instante de processamento e garantir uma reserva de quadros a processar para suprir períodos em que eles sejam recebidos com taxa inferior à necessária. O dimensionamento das filas é importante para aperfeiçoar o desempenho da aplicação. Se a fila for curta demais ela poderá não servir a seu propósito, porém se for grande demais poderá criar um retardo inadequado ao serviço.

#### **2.2.4. Máxima capacidade de transmissão**

Na análise de desempenho de uma rede, um dos principais objetivos é o conhecimento da capacidade máxima de transmissão[5] associada. É a partir dessa informação que os técnicos e engenheiros responsáveis poderão afirmar se o objeto do teste, seja um único equipamento ou um segmento de rede, será capaz de suportar um determinado tráfego desejado. Grande parte dos fabricantes de equipamentos de rede, sejam comutadores (*switches*) ou roteadores, costuma divulgar em seus manuais as especificações de tráfego suportadas. Estas informações são de vital importância, mas não oferecem precisão para estimativas envolvendo arranjos de vários equipamentos numa rede, nem o comportamento real daquele equipamento quando submetido a tráfegos com características peculiares.

O teste de máxima capacidade objetiva descobrir qual a maior taxa que pode ser transmitida através da rede ou de um equipamento, sem a interferência dos efeitos negativos já descritos, especialmente a perda de pacotes. Os métodos usados, em sua grande maioria, realizam sucessivos testes por curtos espaços de tempo, variando de forma discreta as taxas de transmissão. O teste completo costuma ser repetido inúmeras vezes, sendo aplicadas variações em outros parâmetros como, por exemplo, o tamanho do quadro transmitido.

#### **2.2.5. Comentários e conclusões**

Ao longo do presente capítulo foram introduzidas e comentadas as principais características das redes de telecomunicações associadas ao seu desempenho. Além de considerações qualitativas, parâmetros descrevendo a perda de quadros, retardo, *jitter* e a máxima capacidade de transmissão foram também introduzidos para permitir que o desempenho quantitativo fosse também avaliado.