

Engenharia de Computação
Disciplina: Redes de Computadores II – 8º Período
Professor: José Maurício S. Pinheiro

AULA 2: Desempenho dos Sistemas de Comunicação de Dados

1. COMUNICAÇÃO DE DADOS

Um sistema de comunicação de dados em sua forma mais simples apresenta uma fonte de dados e um receptor de dados (p. ex. dois computadores), designados como ETD's (Equipamento Terminal de Dados). O equipamento que possibilita a comunicação entre ETD's numa rede (p. ex. modem) denomina-se Equipamento de Comunicação de Dados (ECD). A interação entre ETD e ECD é feita através de interfaces definidas internacionalmente.

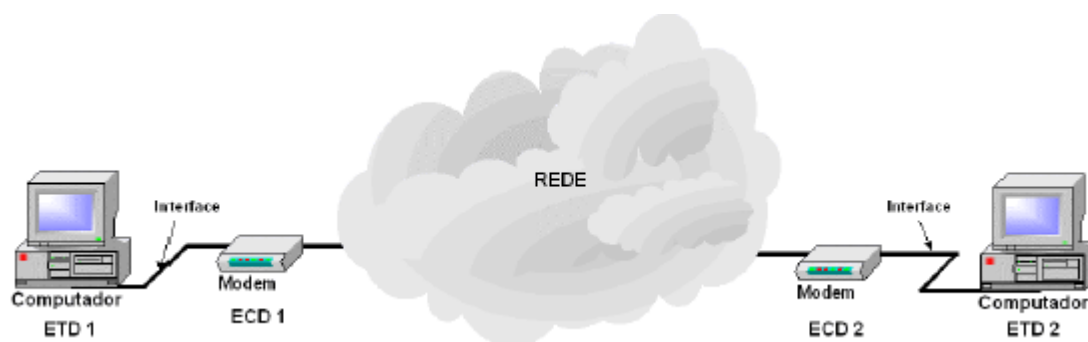


Figura 1 - Modelo básico de comunicação de dados

Para assegurar que equipamentos de diferentes fabricantes possam ser interconectados (tanto mecanicamente como eletricamente), acordaram-se especificações para essas interfaces (normas, padrões e protocolos). A interface é, dessa forma, um ponto de referência para análise de dados durante a operação normal ou para medições e simulação de erros quando a rede encontra-se fora de serviço.

Uma transferência incorreta de dados pode ser resultado de sinais anormais na interface, ocasionados por falhas como:

- Amplitudes de sinal muito baixas ou tempos de subida muito lentos;
- Sinais ausentes ou interrupções esporádicas;
- Ruído no meio de comunicação
- Sinais de relógio distorcidos;
- Sinais de indicação e controle incorretamente sincronizados.

2. DESEMPENHO DE UM SISTEMA COMPUTACIONAL

O custo de uma rede de computadores é dividido entre o custo das estações de processamento (computadores, servidores, periféricos etc.), o custo das

interfaces com o meio de comunicação e o custo do próprio meio de comunicação.

O custo das conexões dependerá muito do desempenho que se espera da rede. Redes de baixo a médio desempenho usualmente empregam poucas estações com uma demanda de taxas de dados e volume pequeno, com isso as interfaces serão de baixo custo devido as suas limitações e aplicações. Redes de alto desempenho já requerem interfaces de custos mais elevados, devido em grande parte ao protocolo de comunicação utilizado e ao meio de comunicação.

A rede deve ser moldada ao tipo particular de aplicação de modo a assegurar um retardo de transferência baixo. Várias são as medidas que caracterizam o desempenho de um sistema computacional. Entre elas destacam-se o retardo de acesso, o retardo de transmissão e o retardo de transferência.

- **Retardo de acesso** - o intervalo de tempo decorrido desde que uma mensagem a transmitir é gerada pela estação até o momento em que a estação consiga obter somente para ela o direito de transmitir, sem que haja colisão de mensagens no meio.
- **Retardo de Transmissão** - é o intervalo de tempo decorrido desde o início da transmissão de uma mensagem por uma estação de origem até o momento em que a mensagem chega à estação de destino.
- **Retardo de Transferência** - é a soma dos retardos de acesso e transmissão, incluindo o todo o tempo de entrega de uma mensagem, desde o momento em que deseja transmiti-la, até o momento em que ela chega para ser recebida pelo destinatário.

Podemos aferir a confiabilidade de um sistema em rede em termos de:

- **Tempo médio entre falhas (*Mean Time Between Failures* - MTBF)** – corresponde ao tempo em que o sistema está disponível ao usuário desde a última falha corrigida. Geralmente é medido em horas, estando relacionado com a confiabilidade de componentes e nível de redundância do sistema;
- **Tolerância a falhas** - a rede deve ser tolerante a falhas causadas por hardware e/ou software, de forma que tais falhas causem apenas mau funcionamento momentâneo, que será resolvido sem recursos de redundância;
- **Degradação amena (*Gracefull Degradation*)** - é dependente da aplicação e mede a capacidade de a rede continuar operando em presença de falhas, embora com um desempenho menor;
- **Tempo de reconfiguração após falhas** - requer caminhos redundantes sejam acionados tão logo ocorra uma falha ou esta seja detectada.
- **Tempo médio para recuperação (reparo) (*Mean Time to Recovery* - MTTR)** - O tempo de recuperação das falhas ocorridas na rede. Corresponde aos intervalos de tempo desde a abertura da solicitação de reparo até o fechamento desse chamado;
- **Modularidade** - pode ser caracterizada como grau de alteração de desempenho e funcionalidade que um sistema pode sofrer em mudar seu projeto original. Os três maiores benefícios de uma arquitetura modular são:

- Facilidade para modificação, que é a simplicidade como funções lógicas ou elementos de hardware podem ser substituídos, a despeito da relação íntima com outros elementos;
- Facilidade para crescimento, que diz respeito a configurações de baixo custo, melhora de desempenho e funcionalidade e baixo custo de expansão;
- Facilidade para o uso, onde um conjunto de componentes básicos oferecerá mais facilidade para viabilizar um projeto, adicionar equipamentos a rede e manutenção do sistema como um todo.

3. QUALIDADE DE SERVIÇO

A Qualidade de Serviço (*Quality of Service* - QoS) é um requisito das aplicações para a qual exige-se que determinados parâmetros estejam dentro de limites bem definidos (um valor mínimo e um valor máximo).

A QoS é garantida pela rede, seus componentes e equipamentos. Do ponto de vista da aplicação, a QoS é tipicamente expressa e solicitada em termos de uma "Solicitação de Serviço" ou "Contrato de Serviço". A solicitação de QoS da aplicação é denominada de Acordo de Nível de Serviço (*Service Level Agreement* - SLA).

3.1. ACORDO DE NÍVEL DE SERVIÇO - SLA

O Acordo de Nível de Serviço – SLA - é um contrato negociado entre um provedor de serviços de rede e um usuário na contratação de um serviço de TI ou de telecomunicações que especifica quais serviços o provedor irá fornecer. O SLA tem como objetivo especificar níveis mínimos de desempenho que o provedor deverá manter a disposição do usuário e o não cumprimento do acordo implica em penalidades, estipuladas no contrato, para o provedor.

Um contrato de SLA pode cobrir itens como qualidade do serviço, critérios de cobrança, provisionamento de recursos, processo de atendimento e relatórios fornecidos ao usuário. Deve conter também parâmetros objetivos e mensuráveis os quais o provedor de serviços se compromete a atender. Algumas medidas que um SLA pode especificar incluem:

- A percentagem de tempo em que o serviço estará disponível. Tipicamente o SLA estabelece o tempo para recuperação de falhas ou tempo máximo de indisponibilidade, e o tempo para provisionamento do serviço;
- O número de usuários que poderão ser atendidos simultaneamente;
- Benchmarks (ponto de referência de medição) de performance (desempenho) específicas aos quais a performance atual será comparada periodicamente;
- O horário para notificações de mudanças na rede que podem afetar os usuários;
- Tempo de resposta do suporte técnico para resposta aos problemas. O SLA normalmente exige que o prestador do serviço disponha de um centro de atendimento (Call center) e um sistema de acompanhamento de problemas (Trouble ticket);

- Disponibilidade de acesso telefônico (dial-in);
- Relatórios e estatísticas de utilização dos links.

Deve-se observar que a ausência ou excessiva flexibilidade do SLA dificulta a monitoração e cobrança da qualidade dos serviços do provedor. Por outro lado, um SLA muito rigoroso pode levar a um alto custo de manutenção do serviço e itens que dificilmente serão cumpridos pelo provedor de serviços. Um exemplo típico de SLA para uma aplicação de voz sobre IP (VoIP) com algumas centenas de canais voz simultâneos numa rede IP WAN poderia ser:

- Vazão ≥ 2 Mbps;
- Atraso ≤ 250 ms;
- Disponibilidade $\geq 99,8\%$

Do ponto de vista dos usuários, tem-se normalmente que a qualidade obtida de uma aplicação pode ser variável e, a qualquer momento, pode ser alterada ou ajustada. Embora este comportamento possa ser dinâmico do ponto de vista dos usuários, do ponto de vista da rede, o SLA é estático e, eventualmente, pode ser alterado, o que implica em uma nova solicitação de qualidade de serviço à rede em questão.

3.2. DEFINIÇÕES DE QUALIDADE DE SERVIÇO

A Qualidade de Serviço (QoS) pode ser definida de várias maneiras. A ISO define como sendo o efeito coletivo do desempenho de um serviço, que determina o grau de satisfação de um usuário desse serviço. Em redes de computadores a QoS pode ser definida como o desempenho de uma rede relativa às necessidades das aplicações ou o conjunto de tecnologias que possibilita a essa rede oferecer garantias de desempenho.

A QoS nas redes de computadores é um aspecto operacional importante para o desempenho fim-a-fim das aplicações. Assim, a obtenção de uma qualidade de serviço adequada é um requisito de operação da rede e suas componentes para viabilizar a operação com qualidade para uma determinada aplicação.

3.3. PARÂMETROS DE QoS

A QoS necessária às aplicações é definida em termos de SLA. Na especificação de SLA são definidos os parâmetros de qualidade de serviço e alguns dos mais comumente utilizados são:

- Vazão;
- Atraso e Latência;
- Jitter;
- Taxa de Erros;
- Disponibilidade.

3.3.1. VAZÃO

É a quantidade de dados, isentos de erros, transferidos com sucesso entre dois nós da rede, por unidade de tempo (normalmente medida em segundos). A vazão é o parâmetro básico de QoS e é necessário para a operação adequada de qualquer aplicação. Em termos práticos as aplicações geram vazões que devem ser atendidas pela rede.

Em condições ideais a vazão deve ser igual à capacidade da rede, porém este não é o caso em condições reais. Teoricamente a vazão deveria aumentar à medida que a carga oferecida na rede aumenta até o máximo da capacidade total da rede (Figura 2). Na prática, porém, a vazão depende do método de acesso, da carga na rede e da taxa de erros.

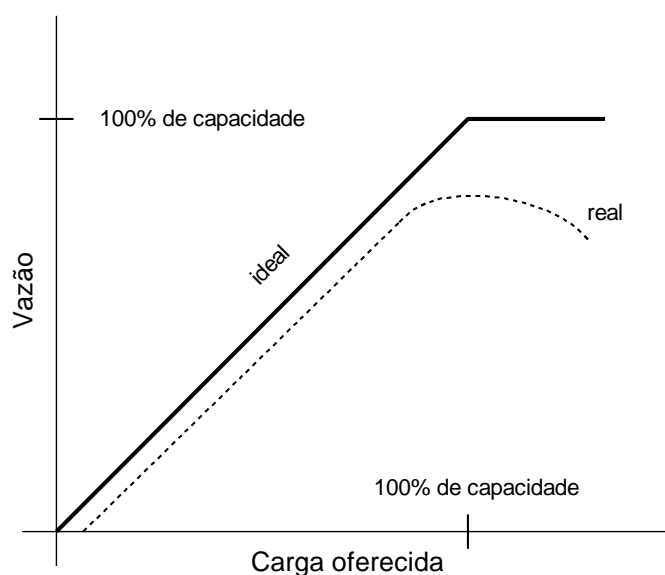


Figura 2 - Carga oferecida e vazão

O atendimento do requisito vazão para a qualidade de serviço é um dos aspectos levados em conta no projeto da rede local. A tabela 1 ilustra a vazão típica de algumas aplicações:

Tabela 1 - Vazão Típica de Aplicações em Rede

Aplicação	Vazão (Típica)
Aplicações Transacionais	1 Kbps a 50 Kbps
Aplicações de Voz	10 Kbps a 120 Kbps
Aplicações Web (WWW)	10 Kbps a 500 Kbps
Transferência de Arquivos	10 Kbps a 1 Mbps
Vídeo (Streaming)	100 Kbps a 1 Mbps
Aplicação Videoconferência	500 Kbps a 1 Mbps
Vídeo MPEG	1 Mbps a 10 Mbps
Imagens Médicas	10 Mbps a 100 Mbps
Realidade Virtual	80 Mbps a 150 Mbps

Exemplo I: É comum a especificação da vazão em redes Ethernet em termos de PPS (pacotes por segundo). Assim, considerando uma rede Ethernet com o tamanho do frame igual a 1.518 octetos e número máximo de PPS (no fluxo Ethernet) de 562 PPS (37%), para um switch com 30 portas, o fluxo máximo teórico será de $562 \times 30 = 16860$ PPS.

3.3.2. ATRASO E LATÊNCIA

A latência e o atraso são parâmetros importantes para a qualidade de serviço das aplicações. Ambos os termos podem ser utilizados na especificação de QoS, embora o termo "latência" seja convencionalmente mais utilizado para equipamentos e o termo "atraso" seja mais utilizado com as transmissões de dados, por exemplo: atrasos de transmissão, atrasos de propagação, etc. O sinal em um cabo viaja a aproximadamente 2/3 da velocidade da luz no vácuo, ou seja, 200.000 km/s. Os satélites geoestacionários, que estão em órbita acima da Terra a uma altitude de cerca de 36.000 km, apresentam um atraso de cerca de 270 ms para um salto de comunicação via satélite.

Em geral, a latência da rede pode ser entendida como o somatório dos atrasos impostos pela rede e equipamentos utilizados na comunicação. Do ponto de vista da aplicação, a latência resulta em um tempo de resposta (tempo de entrega da informação, pacotes, etc.) para a aplicação.

Os principais fatores que influenciam na latência de uma rede são o atraso de propagação (*Propagation Delay*), velocidade de transmissão e tempo de processamento nos equipamentos:

- **Atraso de propagação** corresponde ao tempo necessário para a propagação do sinal elétrico ou propagação do sinal óptico no meio utilizado (fibras ópticas, satélite, par trançado etc.) e é um parâmetro imutável onde o administrador de rede não tem nenhuma influência (Figura 3);
- **Velocidade de transmissão** é um parâmetro que pode ser controlado pelo administrador visando normalmente à adequação da rede à qualidade de serviço solicitada. Em se tratando de redes locais as velocidades de transmissão são normalmente elevadas, tipicamente superiores aos 10 Mbps, dedicada por usuário;
- **Tempo de processamento** tem haver com o atraso introduzido pelos equipamentos de rede uma vez que a latência é um parâmetro fim-a-fim e os hosts também têm sua parcela de contribuição para o atraso.

No caso das redes WAN as velocidades de transmissão são dependentes da escolha da tecnologia. Embora exista a possibilidade de escolha da velocidade adequada para garantia da qualidade de serviço, observam-se neste caso restrições e/ ou limitações nas velocidades utilizadas, tipicamente devido aos custos envolvidos na operação.

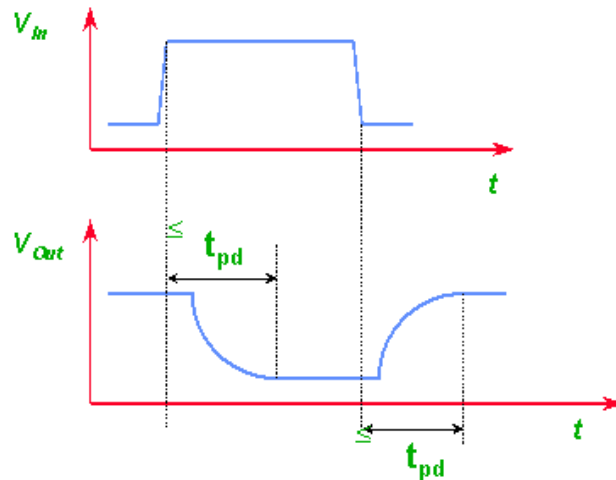


Figura 3 - Exemplo de Propagation Delay

Pode-se concluir que a garantia de QoS é mais crítica em redes MAN e WAN pelo somatório de dois fatores, ambos negativos: Trabalha-se com velocidades (vazão) mais baixas e a latência é muito maior quando se compara com o cenário das redes locais.

Outro fator que contribui para a latência da rede é a contribuição de atraso referente ao processamento realizado nos equipamentos. Como exemplo, em uma rede IP, os pacotes são processados entre origem e destino por Roteadores (comutação de pacotes), Switches (comutação de quadros), Firewalls (processamento no nível de pacotes ou no nível de aplicação) entre outros. Os equipamentos finais (hosts) também contribuem para o atraso. No caso dos hosts, o atraso depende de uma série de fatores como:

- Capacidade de processamento;
- Disponibilidade de memória;
- Mecanismos de armazenamento temporário (cache);
- Processamento nas camadas de nível superior da rede.

Observa-se que os hosts são também um fator importante para a qualidade de serviço e, em determinados casos, podem ser um ponto crítico na garantia de QoS. Esta consideração é particularmente válida para os servidores da rede que têm a tarefa de atender solicitações dos clientes.

O retardo de comutação de pacotes/frames também pode incluir o retardo de enfileiramento. O número de pacotes em uma fila de um dispositivo de comutação de pacotes/frames aumenta exponencialmente à medida que cresce a utilização. A regra básica geral para a profundidade de uma fila é:

Profundidade da fila = utilização / (1- utilização)

Exemplo II: Um switch nível 3 (WAN), com 5 usuários conectados e cada um transmitindo frames a uma taxa de 10 pacotes por segundo, com comprimento médio do frame de 1.024 bits, precisam transmitir seus dados sobre um link WAN de 56kbps. Calcule a profundidade da fila e informe como será possível diminuir o retardo e a própria fila.

Primeiro é necessário calcular a carga (em bits por segundo) oferecida na rede, ou seja, o somatório de todos os dados que todos os nós da rede estão prontos para enviar em um determinado momento:

Carga = 5 (usuários) x 10 (pacotes por segundo) x 1.024 (tamanho médio do frame) = 51.200 bps

Calcula-se agora a utilização do link de dados:

Utilização = $51.200 / 56.000 = 0,914$ (91,4%)

Profundidade da fila = $(0,914) / (1 - 0,914) = 10,6$ frames

Aumentando a largura de banda do link WAN pode-se diminuir a profundidade da fila e conseqüentemente reduzir o tempo de retardo.

3.3.3. JITTER

O jitter, também conhecido como variação de retardo, é outro parâmetro importante para aplicações em rede, cuja operação adequada depende de alguma forma da garantia de que os pacotes sejam processados em períodos de tempo bem definidos. Variações no retardo causam interrupções na qualidade de voz e saltos nos fluxos de vídeo.

O jitter pode ser entendido como a variação no tempo e na seqüência de entrega das informações devido à variação na latência (atrasos) da rede (Figura 4).

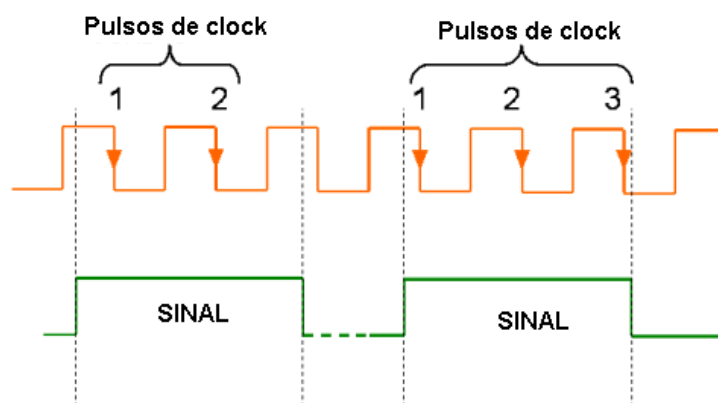


Figura 4 - Jitter

Uma rede e seus equipamentos impõem um atraso à informação (por exemplo, nos pacotes) e este atraso é variável devido a uma série de fatores como:

- Tempos de processamento diferentes nos equipamentos intermediários (roteadores, switches, etc.);
- Tempos de retenção diferentes impostos pelas redes públicas (Frame relay, ATM, X.25, IP, etc.);

- Fatores diversos ligados à operação da rede.

A Figura 5 mostra o efeito do jitter entre a entrega de pacotes na origem e o seu processamento no destino. Observe que o jitter causa não somente uma entrega com periodicidade variável (*Packet-Delay Variation*) como também a entrega de pacotes fora de ordem.

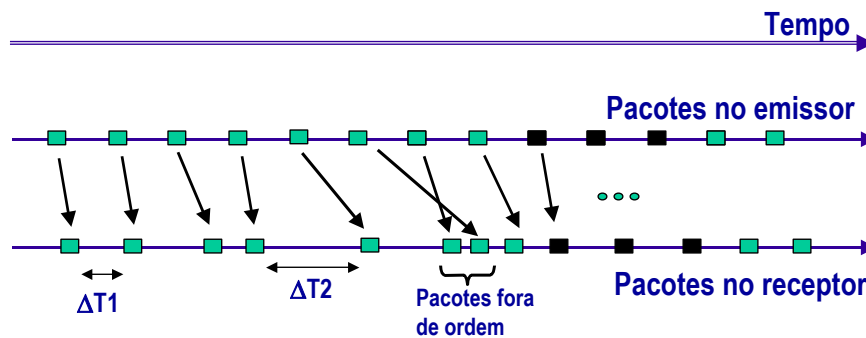


Figura 5 - Efeito do Jitter para as aplicações

O jitter introduz distorção no processamento da informação na recepção e deve ter mecanismos específicos de compensação e controle que dependem da aplicação em questão. Genericamente, uma das soluções mais comuns para o problema consiste na utilização de *buffers*.

3.3.4. TAXA DE ERROS

As perdas de pacotes em redes de computadores ocorrem principalmente em função de fatores tais como descarte de pacotes (erros, congestionamento, etc.) e perda de pacotes devido aos erros ocorridos durante sua transmissão. O que deve ser feito em caso de perdas de pacotes é uma questão específica de cada aplicação em particular. Do ponto de vista da qualidade de serviço da rede (QoS) a preocupação é normalmente no sentido de especificar e garantir limites razoáveis (taxas de perdas) que permitam uma operação adequada da aplicação.

3.3.5. DISPONIBILIDADE

Refere-se ao tempo durante o qual uma rede está disponível para os usuários. Significa a proporção de tempo que a rede está operacional. A disponibilidade está vinculada à redundância, confiabilidade (precisão, taxas de erros, estabilidade e período de tempo entre falhas), capacidade de lidar com as falhas (resiliência) e à recuperação de desastres.

A disponibilidade pode ser definida em termos do MTBF e do MTTR: $D = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR}$. Por exemplo, a meta de MTBF típica para uma rede de computadores altamente confiável é 4.000 horas ou 167 dias. A meta de MTTR típica é de 1 hora. O que daria uma disponibilidade de 99,98% (característica de uma rede de missão crítica).

A meta de disponibilidade pode ser diferente para os diversos segmentos da rede. Em termos práticos, a disponibilidade é uma medida da garantia de execução da aplicação ao longo do tempo e depende de fatores tais como:

- Disponibilidade dos equipamentos utilizados na rede local;
- Disponibilidade da rede pública, quando a mesma é utilizada.

3.3.6. CALCULANDO A DISPONIBILIDADE

Existe uma fórmula simples para calcular a disponibilidade de equipamentos numa rede de computadores: $D = (\text{Total do Tempo Medido} - \text{Total do Tempo Indisponível (Downtime)}) / \text{Total do Tempo Medido} \times 100$. O período de indisponibilidade – Downtime - é o tempo em que os serviços de rede ficam indisponíveis para seus usuários e é medido em porcentagem (%)

Exemplo III: Calcular a disponibilidade de um servidor de rede num período de 1 ano considerando 3 horas de downtime para atualizações ou outro tipo de manutenção.

Total do Tempo Medido = 1 ano (8760 horas)
Total do Tempo Indisponível (Downtime) = 3 horas
 $D = (8760 \text{ horas} - 3 \text{ horas}) / 8760 = 99,9658 \%$

Conseguir 100% de disponibilidade é algo quase impossível por diversos fatores. Um desses fatores é a vida útil de alguns componentes da máquina como, por exemplo, um disco rígido. Digamos que certo disco rígido tenha uma vida útil de 15.000 horas. Isso quer dizer que a cada 15.000 horas ele deve ser substituído.

Exemplo IV: Foi instalado um servidor de banco de dados no ambiente da rede de sua empresa. Periodicamente é necessário aplicar atualizações (*service packs*) e a cada atualização, o banco de dados fica indisponível para os usuários. A aplicação do Service pack demora 15 minutos em média. Após instalar a atualização é preciso reinicializar o sistema, o que demora cerca de 5 minutos. Ou seja, temos 20 minutos de indisponibilidade para cada procedimento de atualização do banco de dados. Considerando que ocorra apenas uma atualização anual, qual será a disponibilidade do serviço?

1 ano = 8760 horas = 525600 minutos, logo: $D = (525600 - 20 / 525600) \times 100$
 $\Rightarrow D = 99,9962\%$

A disponibilidade de um serviço também é estimada a partir da disponibilidade das suas partes. Essa afirmativa significa que a disponibilidade de um serviço que consiste de partes em série é dada pelo produto da disponibilidade das partes. Assim, a disponibilidade de um sistema (A_s), com sistemas em série ($A_1, A_2, A_3 \dots A_n$) pode ser calculada pela seguinte expressão: $A_s = (A_1 \times A_2 \times A_3 \dots \times A_n)$.

Exemplo V: Um link de telecomunicações interligando duas redes locais, sendo uma LAN situada em São Paulo e a outra LAN no Rio de Janeiro com os seguintes valores de disponibilidade:

A1= Disponibilidade do acesso local em São Paulo de 99,9%;
 A2= Disponibilidade do backbone entre São Paulo e Rio de 99,9%;
 A3= Disponibilidade do acesso local no Rio de Janeiro de 99,9%.

A disponibilidade total do serviço de longa distância será:
 $A1 \times A2 \times A3 = 99,9\% \times 99,9\% \times 99,9\% = 99,7\%$.

Consultando a Tabela 2, que apresenta valores de disponibilidade anual em função do tempo que um serviço ficou indisponível no ano ou no mês, se um circuito de longa distância com 99,9% de disponibilidade implica em 8,76 horas de indisponibilidade por ano, mas ao se considerar o serviço completo adicionando-se os acessos, a disponibilidade cai para 99,7% e o tempo de indisponibilidade anual aumenta para 26,28 horas.

Tabela 2 - Tabela de disponibilidades anuais

Disponibilidade Anual (%)	Indisponibilidade Anual	Indisponibilidade Mensal
99,9999999	0,03 segundos	0,003 segundos
99,999999	0,32 segundos	0,026 segundos
99,99999	3,15 segundos	0,259 segundos
99,9999	31,54 segundos	2,592 segundos
99,9995	2,63 minutos	12,96 segundos
99,999	5,26 minutos	25,92 segundos
99,995	26,28 minutos	2,16 minutos
99,99	52,56 minutos	4,32 minutos
99,95	4,38 horas	21,60 minutos
99,9	8,76 horas	43,20 minutos
99,8	17,52 horas	1,44 horas
99,7	26,28 horas	2,16 horas
99,6	35,04 horas	2,88 horas
99,5	43,80 horas	3,60 horas
99,4	52,56 horas	4,32 horas
99,3	61,32 horas	5,04 horas
99,2	70,08 horas	5,76 horas
99,1	3,29 dias	6,48 horas
99,0	3,65 dias	7,20 horas
98	7,30 dias	14,40 horas
97	10,95 dias	21,60 horas
96	14,60 dias	28,80 horas
95	18,25 dias	36,00 horas
94	21,90 dias	43,20 horas
93	25,55 dias	50,40 horas
92	29,20 dias	57,60 horas
91	32,85 dias	64,80 horas
90	36,50 dias	72,00 horas

Considerando:

- 1 ano = 365 dias = 8.760 horas = 525.600 minutos = 31.536.000 segundos;
- 1 mês = 30 dias = 720 horas = 43.200 minutos = 2.592.000 segundos.

Exercícios

1. Como é dividido o custo de uma rede de computadores?
2. O que é o “retardo de transferência”?
3. Caracterize o Tempo Médio entre Falhas e o Tempo Médio para Recuperação.
4. O que é Acordo de Nível de Serviço?
5. Do ponto de vista das redes de computadores, como podemos definir QoS?
6. Quais parâmetros de QoS são normalmente especificados no SLA?
7. Qual a vazão típica de rede necessária para atender uma aplicação de realidade virtual?
8. Periodicamente é necessário aplicar atualizações num servidor web e, a cada atualização, seus serviços ficam indisponíveis aos usuários. As atualizações são quinzenais e demoram 10 minutos aproximadamente. Após cada atualização é preciso reinicializar o sistema, o que leva aproximadamente 5 minutos. Qual é a disponibilidade anual desse serviço?
9. Uma LAN utiliza a rede Ethernet como padrão e como tamanho de quadro o menor valor permitido. Considerando um rendimento de 37% para o padrão Ethernet e um fluxo máximo na rede de 1184 PPS, calcule o número máximo de estações que poderão transmitir na unidade de tempo.
10. Um switch de 24 portas está conectado a um link WAN de 500 kbps, transmitindo quadros a uma taxa de 10 PPS, com comprimento médio de 256 octetos. Calcule a profundidade da fila.
11. Considerando uma profundidade de fila de 50 frames, qual seria a carga de um link WAN de 512 kbps?
12. Uma empresa possui matriz na cidade de São Paulo, uma filial na cidade do Rio de Janeiro e outra filial na cidade de Salvador. A interconexão das redes locais entre matriz e filiais é feita por meio de uma operadora de telecomunicações. Segundo o contrato de SLA firmado entre a empresa e a operadora, a disponibilidade anual para o link para o Rio de Janeiro é de 99,999% e a disponibilidade do link para Salvador é de 99,950%. Considerando que a rede local de São Paulo apresenta uma indisponibilidade anual de 30 minutos e as redes locais do Rio de Janeiro e Salvador apresentam indisponibilidades anuais de 45 minutos e 50 minutos respectivamente, calcule a disponibilidade total para cada link de comunicação.