

Capítulo 01 – Introdução à Tecnologia de Comunicação Digital

Apresentação:

Os sistemas digitais de telecomunicações, inicialmente criados para permitir a comunicação de usuários remotos com seus computadores de grande porte, e depois aperfeiçoados para permitir a interligação de redes de computadores, continuam evoluindo a cada dia.

Hoje estes sistemas formam a base da maior parte dos sistemas de comunicação, já que, com a migração, para o formato digital, da maior parte das informações do mundo moderno, os sistemas de comunicação também acabaram migrando para o formato digital.

O maior exemplo do sucesso dos sistemas de comunicação digital está na Internet, a maior rede de comunicação do mundo, que hoje é o repositório para informações digitais dos mais variados tipos, como texto, hiper-texto, imagens, vídeos e sons. Além disto, a Internet hoje é o ambiente de comunicação típico para aplicações de vídeo-conferência, automação bancária e sistemas corporativos, entre outros.

Neste capítulo, iniciamos o estudo dos principais conceitos envolvidos em um ambiente de comunicação digital, suas principais variáveis, unidades de medida e estruturas.

1. Por que a comunicação é Digital?

O grande objetivo de um sistema de comunicação é transferir informações. Desde os primórdios da civilização, o homem vem desenvolvendo sistemas cada vez mais sofisticados e eficientes. Partindo dos sinais de fumaça e das mensagens levadas por mensageiros, a tecnologia tem evoluído, buscando representar as informações da forma mais precisa através dos dois principais sentidos humanos (visão e audição). Sistemas de comunicação baseados nos outros três sentidos (olfato, paladar e tato) não se desenvolveram adequadamente, pelo menos até hoje. ([ver quadro, ao final deste capítulo, sobre as tecnologias de transmissão de paladar, olfato e tato](#)).

Como a percepção humana admite um número muito grande de níveis para cada um dos sinais interpretados pela visão e audição, nada mais natural do que buscar sistemas de comunicação baseados em sistemas analógicos.

Por quê, então, observamos a tendência atual de “digitalizar” a maior dos sistemas de comunicação, ou, de forma ainda mais abrangente, as próprias informações?

A explicação está na simplicidade. Informações representadas por sinais com níveis discretos tendem a ser mais facilmente armazenadas, transmitidas e interpretadas, além de serem menos sujeitas a erros de comunicação, que tão facilmente afetam os sistemas de comunicação analógicos.

Confundir, por exemplo, o sinal que representa a cor verde, entre outras centenas de cores possíveis, é bem mais provável do que confundir um sinal que representa o número binário 0 (zero) com o sinal que representa o número 1 (um). É por este motivo que normalmente não nos limitamos a trabalhar com informações digitais, como também adotamos a base de numeração binária, que possui a menor quantidade possível de variações de estado (0 e 1).

2. Alguns conceitos básicos

2.1. O *hardware* é fundamental!

Muito embora a informação não seja algo material, é fundamental, pelo menos com a nossa tecnologia atual, representá-la sob a forma típica de um sinal elétrico, ótico ou eletromagnético para que esta possa ser transportada ou armazenada.

Normalmente armazenada dentro de um dispositivo, ou obtida através da transformação de uma grandeza analógica (voz, imagem ou mesmo a seleção de uma opção representada pelo clicar de um mouse), a informação precisa ser codificada em um sinal para que possa ser transportada.

Tal necessidade implica no uso de dispositivos de *hardware* especiais, responsáveis pela transformação das informações representadas em formato binário em sinais que possam ser transmitidos pelos meios físicos adequados.

Sendo assim, conhecer os principais dispositivos utilizados em um ambiente de comunicação de dados é fundamental. Dominar todos os aspectos de codificação e *software* envolvidos normalmente não é suficiente para resolver todos os problemas.

2.2. Protocolos: o componente de *software* nos ambientes de comunicação

Muito embora o hardware seja fundamental, nenhuma transferência de informação ocorrerá se não houver a obediência a regras pré-definidas entre os agentes participantes da comunicação.

É fácil exemplificar tal necessidade. Para tanto, vamos esquecer temporariamente os sistemas de comunicação digitais e vamos focar em uma atividade corriqueira, executada muitas vezes por dia por boa parte da população mundial¹: um simples telefonema.

Para fazer um simples telefonema, somos obrigados a conhecer e utilizar uma série de convenções definidas ao longo dos tempos, e que se tornaram padrões nacionais, ou até mesmo, em alguns casos, internacionais.

¹ É importante lembrar que, embora possa parecer incrível, aproximadamente 40% da população da Terra **jamais fez um telefonema!** Em 47 países do mundo, há menos de uma linha telefônica para cada 100 habitantes. E se pensarmos na África negra? Todo o continente possui menos telefones do que a ilha de Manhattan!

Começamos pelo próprio ato de conversar à distância através de um aparelho de telefonia celular. Tente convencer a uma criança de 1 ano que, através daquele aparelho próximo de seu ouvido, ela pode falar e ouvir o seu pai. Você já tentou fazer isto? Demora algum tempo até que a criança consiga entender a lógica deste simples ato. Mesmo para uma criança um pouco maior, você vai se surpreender ser tentar apresentar um aparelho telefônico com disco. Peça para ela telefonar para um amiguinho...

Saber como utilizar um aparelho telefônico, como discar os códigos de operadora e de localidade em uma ligação interurbana ou internacional, ou mesmo que palavra deve-se utilizar quando a outra pessoa atender ao telefone em outro país (mesmo que a língua também seja o português!) são conhecimentos adquiridos ao longo do tempo, que formam uma espécie de “protocolo”, obedecido automaticamente por todos em nosso dia-a-dia.

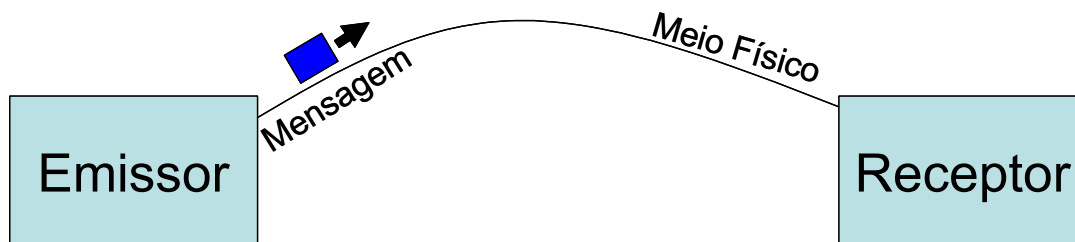
Esta analogia entre um simples telefonema e um moderno protocolo de comunicação demonstra o principal conceito descrito na palavra “protocolo”: *Uma série de regras e procedimentos definidos para que uma comunicação possa acontecer de forma eficaz.*

Seguindo o mesmo conceito descrito na analogia, podemos perceber que, quanto mais complexa a comunicação, mais complexo é o protocolo. Telefonar para um amigo em outro país, por exemplo, normalmente é bem mais complexo do que fazer o mesmo para um amigo do seu bairro. A depender da complexidade da comunicação, existem protocolos que sequer podem ser utilizados, por não serem eficientes. Quantas pessoas são obrigadas a viajar milhares de quilômetros para participar de uma reunião, mesmo com os modernos recursos de comunicação existentes hoje em dia?

Em um ambiente de comunicação digital, os protocolos definem, entre outras coisas, a codificação utilizada para os dados, o estabelecimento e encerramento das conexões, a taxa de transferência de dados, os métodos para correção de erros etc.

3. Os quatro elementos

Da mesma forma que identificamos os três elementos básicos de um computador (CPU, Memória e Periféricos) quando começamos a estudá-lo, é interessante conhecer os elementos básicos de qualquer comunicação digital. São quatro os elementos: Emissor, Receptor, Meio Físico e Mensagem.

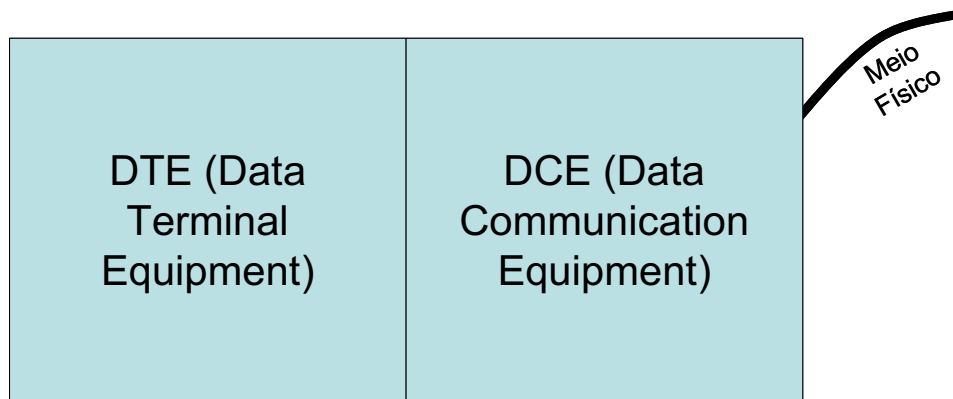


3.1. Emissor

É o componente responsável pela geração e transmissão das informações. As informações podem estar armazenadas no dispositivo ou serem obtidas através da conversão de informações analógicas, sejam estas fornecidas por um usuário, ou obtidas no próprio ambiente, utilizando-se de dispositivos apropriados (microfones, câmeras de vídeo ou sensores).

Tal como vimos, estas informações precisam ser codificadas em um sinal que possa ser transportado pelo meio físico conectado ao emissor. Tal tarefa é realizada pelo DCE (*Data Communication Equipment*).

Para entender melhor o conceito de DCE, vale a pena conhecer as duas partes em que se subdivide o emissor:



A parte responsável pela geração dos dados a serem transmitidos é o DTE (*Data Terminal Equipment*). Como este fica localizado na extremidade do ambiente de comunicação, é o dispositivo “terminal”. Além de gerar as informações, o mesmo normalmente concentra a execução dos procedimentos e regras definidas pelos protocolos.

Entre o DTE e o meio físico, temos o DCE, que fará a codificação da informação a ser transmitida no formato mais adequado para transmissão. No caso de cabos UTP, por exemplo, o DCE será o responsável pela transformação dos dados em sinais elétricos. Já para uma transmissão sem fios (*wireless*), o DCE será o responsável pela geração dos sinais eletromagnéticos a serem injetados na antena do transmissor.

3.2. Receptor

É o componente responsável pela recepção e interpretação das informações digitais transmitidas. Estas podem ser processadas e armazenadas no próprio dispositivo ou mesmo transformadas em informações analógicas para um determinado usuário ou aplicação.

Da mesma forma que no emissor, o receptor também se encontra subdividido em duas partes, o DTE e o DCE. Ambas têm a mesma função

que tinham no emissor, só que agora, com o objetivo de receber as informações.

3.3. Meios Físicos - Propriedades

É o material ou substrato responsável pelo suporte ao encaminhamento dos sinais. Estes, por sua vez, encontram-se, tal como já vimos, codificados com a informação a ser transmitida.

O meio físico mais adequado para a transmissão dos sinais é determinado, entre outras coisas, pelas características do ambiente por onde o sinal será encaminhado, pelo custo associado à sua disponibilidade, pela velocidade e taxa de transferência necessárias, e também pela distância entre emissor e receptor.

A análise das aplicações dos meios físicos nos leva a interpretar suas principais características:

3.3.1. Velocidade de Propagação

É medida em metros por segundo (m/s), e representa a velocidade com que o sinal que carrega as informações se propaga pelo meio físico em questão. Embora normalmente esta característica não seja levada em consideração, existem situações em que a velocidade de propagação e seus impactos podem determinar o sucesso ou o fracasso na implementação de um determinado ambiente de comunicação. É o caso, por exemplo, das transmissões a longas distâncias, ou com taxas de transferência muito elevadas.

A velocidade de propagação é definida como a razão entre o espaço percorrido por um determinado sinal em um meio físico, e o tempo decorrido para percorrê-lo. Ou seja, a mesma definição formal de velocidade que vimos nos cursos de física. É importante, porém, saber que a velocidade de propagação de um sinal sobre um meio físico é uma característica associada ao próprio meio físico. Sendo assim, só é possível aumentar a velocidade de propagação de um sinal se efetuarmos mudanças no meio físico (na maior parte dos casos, isto implica na **substituição** do meio físico).

No caso das transmissões de sinais de telecomunicações, normalmente temos velocidades de propagação extremamente elevadas (algumas vezes próximas da velocidade da luz). Como, devido a isto, o tempo decorrido para uma transmissão é muito curto, normalmente os efeitos da velocidade de propagação são simplesmente desprezados na maior parte dos problemas.

No entanto, quando a quantidade de informação transmitida é muito grande, mesmo pequenos intervalos de tempo podem ser significativos. Nestes casos, meios físicos que permitem velocidades de propagação mais elevadas são mais interessantes.

Em outros casos, quando a distância a ser percorrida é muito elevada, nem mesmo viajando na velocidade da luz conseguiríamos resolver os problemas associados ao tempo de transmissão. Neste caso, deve-se analisar cuidadosamente as aplicações adequadas ao ambiente. Um bom exemplo são as transmissões via satélite. Como os satélites típicos são geoestacionários, e por isto ficam muito distantes da superfície da terra, onde estão os transmissores (36.000 km de altitude), mesmo trafegando à velocidade da luz, um sinal demora cerca de $\frac{1}{4}$ de

segundo apenas para subir e descer a um satélite posicionado imediatamente acima de sua posição na Terra. Um quarto de segundo (250 ms) normalmente é muito tempo para a propagação de um sinal de telecomunicações. Desta forma, aplicações de alta interatividade (vídeo-conferência, VoIP etc) devem ser evitadas em *links* por satélite.

3.3.2. Taxa de Sinalização

Medida em bauds, ou Hertz, a taxa de sinalização indica a frequência máxima de alterações de estado no sinal que se propaga por um meio físico, sem distorções significativas.

A taxa de sinalização, tal como a velocidade de propagação, é uma propriedade diretamente associada ao meio físico, e só pode ser modificada com alterações no mesmo (o que normalmente implica na **substituição** do meio físico). Quanto maior a taxa admitida de sinalização, maior a capacidade de codificação de informações admitida pelo meio físico.

3.3.3. Taxa de Transferência

Medida em bps (bits por segundo), a taxa de transferência é a propriedade mais importante do meio físico, embora não esteja diretamente associada ao mesmo. Na prática, utilizando as modificações de estado descritas no item anterior para representar unidades de informação (por exemplo, bits), somos capazes de transferir informações.

Ao contrário da Velocidade de Propagação e da Taxa de Sinalização, a quantidade de informações transferidas por unidade de tempo (Taxa de Transferência) não está relacionada apenas ao meio físico, mas sim à taxa de sinalização e à tecnologia de codificação utilizada. A tecnologia determina como os bits serão codificados no sinal transportado pelo meio físico. Codificações binárias normalmente determinam taxas de transferência nominalmente iguais às taxas de sinalização empregadas. O uso de técnicas especiais de codificação pode, no entanto, elevar significativamente a taxa de transferência de um determinado meio físico.

A taxa de transferência e a taxa de sinalização estão inter-relacionadas, então, pela tecnologia de codificação utilizada.

$$Tx. \text{ (em bps)} = Tx. \text{ (em Hz)} \cdot \log_2 n$$

A fórmula anterior representa a tecnologia de codificação pelo coeficiente $\log_2 n$, onde n é a quantidade de estados diferentes que podem ser assumidos pelo meio físico de comunicação. Observe a necessidade de crescimento exponencial do número de estados possíveis para o crescimento linear da taxa de transferência.

O crescimento indefinido do número de estados possíveis é, no entanto, limitado pela capacidade de identificação, sem erros, dos diferentes níveis no receptor. Ao aumentar o número de níveis estamos nos afastando do motivo que levou a tecnologia de comunicação a se tornar digital e binária. A penalidade é a elevação da taxa de erros (BER – *Bit Error Rate*), que na prática inviabiliza o uso de um número muito elevado de estados.

Apesar das limitações determinadas pelo meio físico e sua taxa de sinalização, e das limitações tecnológicas da técnica de codificação, a taxa de transferência é um dos aspectos mais importantes em um ambiente de comunicação. Em

determinadas situações, a utilização de um meio pode se tornar inviável em função de sua taxa de transferência nominal.

3.4. Meios Físicos – classificação quanto ao alcance

Além das características citadas acima, a distância é um aspecto extremamente importante na análise do meio físico utilizado em um ambiente de comunicação. Com base neste aspecto, as redes de comunicação costumam ser classificadas em função de seu alcance:

3.4.1. Redes Locais (LAN – *Local Area Network*)

São definidas como redes de comunicação de alcance limitado, normalmente utilizando meios físicos de propriedade privada da organização atendida pela rede.

Como os meios físicos são de uso dedicado, normalmente estes são dimensionados para oferecer a melhor performance possível dentro das limitações de distância da organização. Por isto as LANs normalmente oferecem taxas de sinalização e velocidades de propagação bastante elevadas. Como é bem mais fácil evitar fontes de interferência e ruído dentro de distâncias limitadas, as taxas de erro típicas (BER) são reduzidas. Conseqüentemente, as taxas de transferência típicas são elevadas, atendendo a um conjunto bastante grande de aplicações.

3.4.2. Redes de Área Estendida (WAN – *Wide Area Network*)

Ao contrário das LANs, as WANs não possuem limites de distância. Normalmente são atendidas por meios físicos ofertados por concessionárias de serviços de telecomunicações, e por isto têm a capacidade total de seus meios físicos rateados entre os diversos usuários.

As WANs normalmente possuem performance limitada, e taxas de erro elevadas. Isto limita as aplicações que podem ser utilizadas em ambientes baseados neste tipo de infra-estrutura de telecomunicação.

3.4.3. Redes Metropolitanas (MAN – *Metropolitan Area Network*)

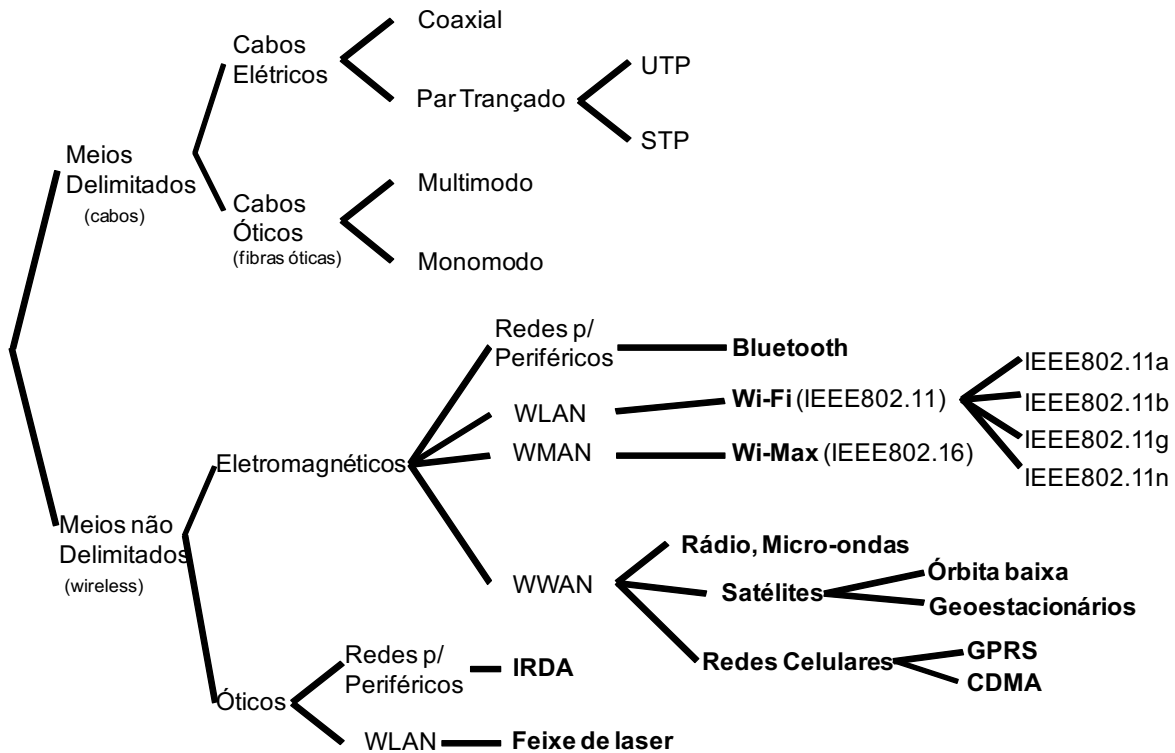
Embora alguns autores definam inúmeras classificações para as redes de comunicação em função de seus alcances, definimos aqui apenas três classificações, que incorporam a esmagadora maioria dos ambientes de comunicação digital existentes atualmente.

O terceiro tipo é a MAN, que possui um misto de características entre as LANs e as WANs. Normalmente espalhadas dentro dos limites de uma cidade (raio típico de até 70km), as MANs oferecem performance normalmente superior às WANs, e com isto permitem aplicações mais especializadas.

3.5. Meios Físicos - Tipos

Para facilitar a análise dos diferentes meios físicos disponíveis nas redes de comunicação atuais, apresentarei, na próxima página, uma classificação simplificada de tecnologias para meios físicos de comunicação digital,

algumas vezes indicando diretamente o meio físico, e em outras a tecnologia mais empregada naquele caso.



3.5.1. Meios Delimitados X Não Delimitados

O primeiro nível de classificação separa os meios físicos delimitados dos meios não delimitados. Os meios físicos delimitados, também chamados de meios guiados, são tipicamente representados pelos **cabos**. Analogamente, os meios físicos não delimitados tipicamente são aqueles que não usam cabos, ou mais simplesmente, não possuem fios (*wireless*).

3.5.2. Os meios óticos

Tanto para os meios físicos delimitados quanto para os não delimitados, o segundo nível de classificação aqui adotado considera uma separação clara entre os meios físicos que transportam sinais luminosos e os meios que transportam sinais elétricos, no caso dos cabos, ou eletromagnéticos, no caso dos ambientes *wireless*.

O transporte da informação codificada em sinais de luz normalmente está associado à insensibilidade às interferências de origem elétrica, além da segurança, já que sinais óticos muito dificilmente podem ser detectados (já que tipicamente são invisíveis), e, mesmo que sejam detectados, a simples interrupção do feixe de luz já pode denunciar uma eventual tentativa de interpretação dos dados transportados.

3.5.3. Os cabos elétricos

Os cabos elétricos apresentados são de dois tipos: o cabo coaxial é construído com um condutor central protegido por uma estrutura em formato cilíndrico ao redor do mesmo. Esta estrutura, formada por fios condutores, quando ligada ao sistema de aterramento, cria um campo elétrico que protege o condutor contra interferências eletromagnéticas. Já os cabos de par trançado são constituídos de pares de fios trançados em torno de seu próprio eixo. Quando estes condutores possuem uma estrutura de proteção similar aos cabos coaxiais, estes são classificados como STP (*Shielded Twisted Pair*). Já os cabos que não possuem esta proteção (muito mais comumente utilizados) são denominados de UTP (*Unshielded Twisted Pair*).

3.5.4. Os cabos de Fibra Ótica

Os cabos Óticos, ou simplesmente fibras óticas, podem ser construídos de duas formas típicas: as fibras multimodo e as fibras monomodo. Enquanto que as últimas permitem a transmissão de um único feixe de luz, as fibras multimodo trabalham com múltiplos feixes de luz simultâneos. Os nomes derivam desta característica. As fibras multimodo normalmente possuem limitações de distância e taxa de transferência máximas determinadas pela distorção provocada pela diferença de tempo de propagação entre os diversos feixes de luz simultâneos. Já as fibras monomodo não possuem tal tipo de limitação, embora normalmente utilizem emissores de luz de custo bem mais elevado.

3.5.5. Os meios não delimitados

Na classificação dos meios não delimitados, identificamos tecnologias, e não meios físicos, mesmo porque os mesmos não existem neste caso. As tecnologias foram classificadas em:

- Redes para Periféricos: utilizadas para interligação de periféricos em pequenas distâncias, e tipicamente com taxas de transferência também limitadas.
- WLAN: utilizadas para formar LANs com tecnologia *wireless*.
- WMAN: utilizadas para formar MANs com tecnologia *wireless*.
- WWAN: utilizadas para formar WANs com tecnologia *wireless*.

3.5.6. Redes para Periféricos

Nas tecnologias para Redes de Periféricos, temos duas representantes típicas. A IRDA (*InfraRed Data Architecture*) atender às aplicações baseadas em sinais luminosos, enquanto que o BlueTooth permite a conexão com base em ondas de rádio. O mercado tem fortalecido muito a tecnologia BlueTooth, que é largamente utilizada hoje em diversas aplicações. Com esta última, elimina-se a necessidade de alinhamento que tanto limita as aplicações da IRDA.

3.5.7. Redes Locais por Feixe de Laser

Uma outra tecnologia ótica, desta vez para LANs, são as redes baseadas em feixes de laser alinhados entre prédios. Distâncias de até 2 km podem ser suportadas, com toda a segurança e imunidade típicas das aplicações óticas. A figura ao lado mostra um emissor utilizado nesta tecnologia.



3.5.8. Redes Locais Wireless

As LAN *wireless* baseadas em sistemas de rádio são as chamadas redes Wi-Fi, que utilizam-se das técnicas de espalhamento espectral para garantir taxas de transferência típicas de ambientes de LAN, mesmo considerando todos os problemas que afetam uma comunicação *wireless* (distâncias, interferências, taxa de erros). A tecnologia Wi-Fi, normatizada pelo IEEE sob o código 802.11, possui atualmente diversas sub-padronizações, sendo que as mais conhecidas são a “b”, a “g” e a “a”, e, mais recentemente, o padrão “n”. As duas primeiras são compatíveis entre si, e trabalham com taxas de transferência nominais entre 11 e 54 Mbps, enquanto que a terceira, apesar de incompatível com as demais, apresenta diversas características técnicas superiores, além da taxa de transferência de 54 Mbps. A incompatibilidade, porém, aliada à demora do lançamento dos primeiros produtos compatíveis com o padrão IEEE802.11a, acabou por reduzir, e muito, o mercado desta tecnologia. O novo padrão “n” parte do princípio da utilização de diversos dispositivos simultaneamente, aumentando a taxa de transferência nominal.

3.5.9. Redes Metropolitanas Wireless

Uma outra tecnologia *wireless* muito comentada hoje em dia é o Wi-Max. Esta é considerada como uma tecnologia para redes metropolitanas, por suportar comunicações em distâncias mais elevadas, abrangendo áreas que podem chegar a 70km de raio. Trata-se de uma tecnologia muito recente, que vem sendo implementada no mercado agora.

3.5.10. Redes de Longa Distância Wireless

Para as redes *wireless* de longa distância (WWAN), temos 3 diferentes tecnologias relacionadas: os enlaces de rádio e microondas, os satélites e as redes celulares.

Os enlaces de rádio de micro-ondas são utilizados para interligações, tipicamente ponto-a-ponto, geralmente entre pontos com linha de visada direta, às vezes com torres que permitem aumentar o alcance.

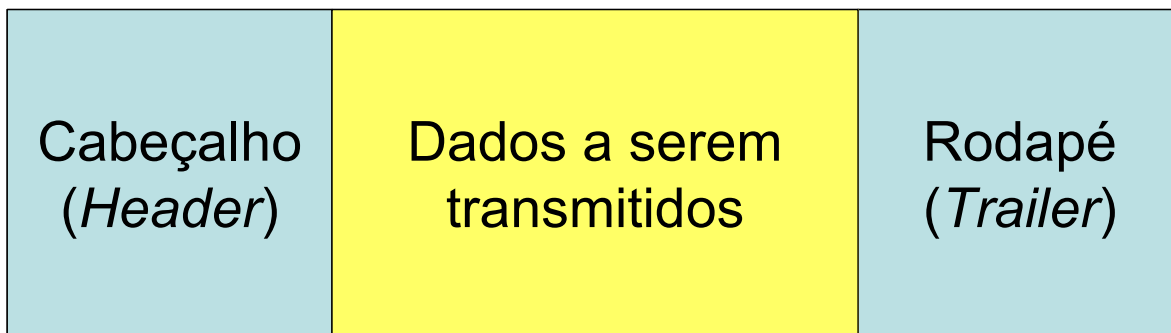
Os satélites são utilizados para interligação entre pontos mais distantes, muitas vezes em locais onde não existe infra-estrutura de telecomunicações, com alcance global, inclusive nos oceanos. Existem basicamente dois tipos de satélites: os geoestacionários, que giram junto com a terra, mantendo sua posição fixa em relação à superfície da terra; e os de órbita baixa, que, como não se mantêm fixos, precisam ser substituídos por outros após alguns minutos. No último caso, são necessários diversos satélites. No entanto, temos um tempo de propagação bem

menor, o que viabiliza o uso de aplicações com requisitos de retardo mais críticos.

As redes celulares permitem a conexão à Internet através de celulares convencionais, o que garante mobilidade aos usuários em todos os pontos onde existe suporte à telefonia celular. Existem basicamente dois tipos de rede celular disponíveis hoje no mundo: a CDMA e a GPRS. A rede CDMA oferece tipicamente taxas de transferência mais elevadas, embora a rede GPRS, normalmente associada aos telefones GSM, seja mais facilmente encontrada em todo o mundo.

3.6. Mensagem

O último dos elementos básicos de uma comunicação é a mensagem. Em termos simples, o mais importante a ser discutido neste momento é a composição da mensagem: esta é formada pelos dados a serem transmitidos, além dos protocolos.



Os protocolos normalmente são adicionados à frente e no final da mensagem, como um cabeçalho (*header*) e rodapé (*trailer*). Este processo de acréscimo do protocolo a uma mensagem é chamado de “envelopamento” ou “encapsulamento”. Normalmente ele acontece repetidamente em diversas camadas, na medida em que a mensagem no transmissor vai sendo encaminhada dos protocolos de camada mais alta para os protocolos de camadas mais baixas, aumentando o tamanho da mensagem a ser transmitida, tal como veremos no próximo capítulo. O processo acontece de forma inversa no receptor, que vai retirando os cabeçalhos e rodapés das mensagens na medida em que a mesma vai sendo encaminhada para os protocolos das camadas superiores, até que fique apenas a mensagem original.

O conhecimento dos protocolos utilizados para encapsular uma mensagem é fundamental para o receptor, ou a mensagem não poderá ser interpretada corretamente.

4. Unidades de Medida (Relação de Potências & Potência)

Nos sistemas digitais de telecomunicações, são transmitidos sinais, geralmente elétricos, eletromagnéticos ou luminosos, que devem trafegar entre dois pontos, através de um meio físico qualquer. O próprio tráfego destes sinais pelos meios

físicos acaba provocando alterações na potência dos mesmos. Analogamente, os equipamentos de comunicação também podem realizar o tratamento destes sinais, realizando alterações em suas características, entre elas sua potência.

A potência de um sinal é uma característica fundamental para a análise de um sistema de telecomunicações, já que o sinal que chega ao receptor deve ter uma potência mínima para que possa ser interpretado. Por isto é importante conhecer as unidades de potência, assim como as unidades de relação de potências. Estas últimas efetivamente medem as alterações ocorridas na potência de um sinal ao atravessar um sub-sistema qualquer, seja um meio físico ou equipamento de comunicação qualquer. Medir a relação de potências, na prática, equivale a medir o ganho ou atenuação que afetaram um sinal.

Considera-se que houve ganho em um sinal quando sua potência de saída é superior à potência de entrada, enquanto considera-se como atenuação quando sua potência de saída é inferior à de entrada. Em função das grandes variações existentes na medição destes tipos de sinais, são utilizadas escalas logarítmicas, que tornam as variações lineares.

4.1. Decibel

O Decibel é a relação logarítmica entre as potências de saída e de entrada. Como estamos dividindo uma potência pela outra, trata-se de uma unidade adimensional (sem dimensão). No entanto, o valor resultante do logaritmo decimal desta divisão recebeu o nome de BELL (B), em homenagem ao grande inventor Alexander Graham Bell, que iniciou a história da telefonia em 10 de março de 1876.

No entanto, devido aos típicos valores fracionários desta unidade, na prática é mais utilizada a sub-unidade decibel (dB), que igual a valor em Bells multiplicado por 10. Sendo assim, pode-se determinar o ganho ou atenuação de um circuito, considerando-se a fórmula abaixo:

$$\text{Ganho / Atenuação} = 10 \log \frac{\text{PotênciaSaída}}{\text{PotênciaEntrada}}$$

É importante notar que o decibel não representa nenhum valor absoluto, e sim uma relação de potências. Para tanto, é necessário que ambas as potências estejam representadas na mesma unidade de medida. Por isto, é importante tomar cuidado com os sub-múltiplos do Watt, principalmente considerando-se que potências pequenas são extremamente comuns em telecomunicações:

| | | | |
|---------------|------------|---------------------|--------------------|
| mW | Miliwatts | Milésimo do Watt | 10^{-3}W |
| μW | Microwatts | Milionésimo do Watt | 10^{-6}W |
| nW | Nanowatts | Bilionésimo do Watt | 10^{-9}W |
| pW | Picowatts | | 10^{-12}W |

Para exemplificar o comportamento logarítmico da unidade decibel, vamos verificar como seria representada em decibéis uma relação de potências que na prática dobre o valor da potência de entrada:

$$x = 10 \log \frac{2}{1}$$

$$x = 10 \log 2$$

$$x = 10 \times 0,3010299$$

$$x = 3,010299 \text{ dB}$$

Como podemos ver, dobrar uma potência implica em uma relação de potências de apenas 3dB.

4.2. dBm

Para simplificar os cálculos de relação de potência, usando as propriedades dos logaritmos, é adotado pelos profissionais de telecomunicações uma nova unidade de potência absoluta, o dBm. Os valores de potência em dBm são obtidos através da comparação das potências expressas em Watts com uma potência de referência de 1mW.

$$P[\text{dBm}] = 10 \log \frac{P[W]}{1\text{mW}}$$

Desta forma, o dBm passa a ser uma unidade de medição de valores de potência absolutos. O resultado é que aplicar ganho ou atenuação em dB a uma potência expressa em dBm é muito simples – basta somar os dois valores no caso de ganhos, ou subtrair em caso de atenuação.

Isto é facilmente explicado pelas propriedades dos logaritmos:

- O logaritmo de um produto é igual à soma dos logaritmos das parcelas:

$$\log(a \times b) = \log a + \log b$$

- O logaritmo de um quociente é igual à subtração do logaritmo do denominador do logaritmo do numerador:

$$\log(a \div b) = \log a - \log b$$

Muito embora seja extremamente incomum a necessidade de somar duas ou mais potências, é importante lembrar que não é possível realizar operações de soma e subtração diretamente em dBm. Por se tratar de uma unidade de valor relativo, quaisquer operações deste tipo devem ser realizadas sobre as potências efetivas em Watts. Isto implica na conversão prévia dos valores em dBm para Watts antes das operações.

5. Tempo de Resposta & Tipos de Processamento

Um dos parâmetros mais utilizados para designar a qualidade de um ambiente de telecomunicações é o seu tempo de resposta, que deve ser compatível com a aplicação em uso. Tipicamente são desejáveis valores baixos de tempo de resposta.

O tempo de resposta representa o tempo decorrido entre uma solicitação de processamento e o seu respectivo retorno. Pode ser representado, por exemplo, no caso de um terminal de vídeo, pelo tempo decorrido entre a digitação do último caractere de um comando pelo usuário e a recepção do primeiro caractere de resposta pelo sistema remoto.

A determinação do tempo de resposta compatível com a aplicação pode implicar no sucesso ou no fracasso de um projeto de telecomunicações. É importante também destacar que o tempo de resposta não depende apenas do sistema de telecomunicações, como também de outros elementos, como do processador local e remoto, da arquitetura da aplicação utilizada etc. No entanto, tipicamente o sistema de telecomunicações é geralmente responsabilizado por qualquer problema de performance ou estabilidade.

Para avaliar corretamente o tempo de resposta, um dos passos fundamentais é identificar o tipo de processamento adotado naquela aplicação. É isto que veremos a seguir.

5.1. Processamento em Lote (Batch)

Neste tipo de processamento, cada informação a ser processada é arquivada temporariamente até a formação de um grupo (conhecido como lote ou *batch*), para posterior processamento.

Embora os requisitos de telecomunicações para este tipo de aplicação sejam modestos, o que muitas vezes pode levar um usuário menos especializado a julgar a tecnologia como antiquada, na verdade o processamento em lote é apenas um tipo de processamento largamente utilizado para aplicações específicas (um exemplo é o processamento de multas de um guarda de trânsito ou de jogos lotéricos).

5.2. Processamento On-Line

Indica o encaminhamento imediato das informações para o processamento, sem nenhum agrupamento anterior. Isto exige a conexão contínua entre o emissor e o receptor do sistema de telecomunicações.

Determinadas aplicações só podem operar com base em sistemas on-line. Um bom exemplo é o sistema de reservas aéreas, onde a confirmação de um assento só pode ser feita considerando-se que nenhum outro passageiro tenha reservado o mesmo assento anteriormente.

É importante destacar que a conexão on-line não implica necessariamente em alta performance ou tempos de resposta baixos. Caso isto seja

fundamental na aplicação em análise, devemos partir para o próximo tipo de processamento, o Processamento em Tempo Real.

5.3. Processamento em Tempo Real

Antes de tudo, é fundamental que o sistema seja on-line para que o mesmo possa ser considerado de Tempo Real. O conceito de Tempo Real está diretamente associado aos reduzidos tempos de resposta.

Na prática, o tempo de resposta deve ser suficientemente pequeno para garantir a influência no processo subsequente. Sendo assim, a depender da aplicação, podemos ter diferentes tempos de resposta, sem perder a característica de processamento em tempo real.

Um bom exemplo é o processamento de limites de crédito em uma rede de lojas. O valor da compra deve ser debitado do limite de crédito do usuário em tempo suficiente para impedir que o crédito esteja disponível em outra loja do mesmo grupo. Este exemplo pode implicar em tempos de resposta elevados, porém compatíveis com o conceito de tempo real. Já outras aplicações, como os simuladores e jogos de computador, por exemplo, exigem tipicamente tempos de resposta bem mais reduzidos.

6. Classificação das Transmissões quanto ao sentido do fluxo

Em um sistema de telecomunicações, as informações podem fluir em diversos sentidos, a depender da aplicação e da tecnologia empregada. Para caracterizar e identificar os sentidos dos fluxos de informação em um sistema de telecomunicações, utiliza-se as seguintes nomenclaturas:

6.1. Simplex

A transmissão ocorre em apenas um sentido. Podemos fazer uma analogia com a transmissão de televisão, o que exemplifica o sentido único do fluxo.

6.2. Half-Duplex

A transmissão ocorre em ambos os sentidos, porém não simultaneamente. Quando esta ocorre simultaneamente, é sobre canais diferentes.

6.3. Full-Duplex

A transmissão ocorre simultaneamente em ambos os sentidos.

7. Classificação das transmissões quanto ao formato

Ao encaminhar as informações, pode-se escolher entre o envio serial ou paralelo dos dados. Em uma transmissão, os dados são codificados em conjuntos de bits, ou palavras (tipicamente iguais a um byte).

Na transmissão paralela, são transmitidos todos os bits de uma palavra ao mesmo tempo, por meios físicos individuais. Apesar de rápida, a transmissão paralela tem problemas, como o custo mais elevado para distâncias mais elevadas, devido à necessidade de meios físicos mais complexos e caros, além da maior sensibilidade a interferências externas, também devido à exposição de um maior número de meios físicos.

Na transmissão serial, os bits são transmitidos de um a um, em série (daí o nome). Apesar de mais lenta, é largamente utilizada devido à sua padronização e baixo custo.

Ainda falando da transmissão serial, esta pode ocorrer de duas formas:

7.1. Transmissão Assíncrona:

Caracteriza-se pela necessidade de sincronização ao final da transmissão de cada palavra. Em função disto, são acrescentadas informações no início e final de byte, para identificação e sincronismo.

O termo **assíncrona**, embora possa nos levar a acreditar que trata-se de uma transmissão sem sincronismo, na verdade deve ser interpretada como um **sincronismo simplificado**, e não muito preciso. O mesmo termo também é utilizado, em algumas situações, para identificar o fato do DCE do receptor nunca saber quando será recebido o próximo byte (ou caractere), já que a transmissão pode ser iniciada e interrompida a qualquer momento. Isto advém da transmissão ocorrer de forma dividida em pequenas unidades.

A transmissão assíncrona é ideal para pequenas taxas de transferência. Seus equipamentos, por possuírem circuitos de sincronismo mais simplificados, tem custo reduzido, muito embora o avanço tecnológico tenha provocado também a redução significativa nos custos das transmissões síncronas.

7.2. Transmissão Síncrona:

Neste tipo de transmissão, os DCEs do emissor e do receptor se sincronizam para a transmissão de um conjunto de dados, normalmente bem maior do que os caracteres transmitidos na transmissão assíncrona. O processo de estabelecimento do sincronismo (durante o qual não ocorre transmissão de dados) ocorre apenas no início de cada bloco, o que implica em um desperdício da capacidade de transmissão do canal bem menor do que nas transmissões assíncronas. Esta maior eficácia de transmissão exige, tipicamente, a utilização de técnicas mais apuradas para detecção de erros.

Além disto, como a verificação dos erros só pode ser realizada ao final da transmissão de cada bloco, os DCEs do emissor e do receptor devem ser capazes de armazenar o conjunto de bytes a ser transmitido ou recebido em um *buffer*.

Todas estas características tornam os equipamentos mais sofisticados. No entanto, hoje em dia, devido à miniaturização e escala de mercado destes produtos, conseguimos, mesmo diante de tal complexidade, a manutenção de custos acessíveis.

8. Redes e Ambientes Distribuídos

Quando falamos em rede, normalmente estamos considerando um conjunto de dispositivos autônomos e interconectados. Os dispositivos podem ser computadores ou mesmo outros sistemas de telecomunicação especializados. Basta que exista capacidade de processamento embutida. Telefones celulares, por exemplo, podem ser considerados, já que, na prática, falar ao telefone é apenas uma das múltiplas aplicações que um celular possui hoje. A interconexão é a característica que permite que estes dispositivos troquem informações.

Em termos simples, isto significa que não existe um componente responsável pela concentração da capacidade de processamento, tal como era comum nos modelos mestre-escravo anteriores². Uma rede pressupõe que todos os seus elementos são igualmente capazes de processar, enviar e receber informações.

Um outro conceito normalmente associado às redes é o de **ambiente distribuído**. Este é constituído de uma rede onde a existência dos dispositivos autônomos é invisível ao usuário. Isto significa que, apesar das atividades executadas no ambiente estarem sendo realizadas de forma distribuída por diversos componentes da mesma, para o usuário existe apenas um grande ambiente responsável por todas as atividades. É tarefa das diversas camadas de software escolher o processador onde serão executadas as diversas tarefas, o local e o formato como estes dados serão apresentados etc. Com frequência, uma camada de software sobre o sistema operacional, chamada *middleware*, é responsável pela implementação desse modelo. Um exemplo bem conhecido de sistema distribuído é a *World Wide Web*, na qual tudo tem a aparência de um documento (uma página da Web). Costuma-se inclusive dizer que a transformação de uma rede em um verdadeiro sistema distribuído é tarefa do *software*³.

8.1. Aplicações para uma Rede

A interligação de dispositivos em uma rede teve como objetivo inicial o compartilhamento de recursos de *hardware*. Unidades de disco e

² Antes das redes de computadores, os ambientes de processamento dominantes eram os *main-frames*, estruturas baseadas em um computador com alta capacidade de processamento interligadas a diversos "terminais de computador", que funcionavam apenas como interface para entrada e saída de dados dos usuários. Sem o *main-frame*, os terminais de computadores eram incapazes de executar qualquer aplicação. Por isto, tratava-se de um ambiente "mestre-escravo".

³ Um ambiente distribuído é constituído de uma rede, onde a automação da distribuição de tarefas e recursos é obtida devido às características do software. Por este motivo diz-se que é o software que realiza a transformação de uma rede em um sistema distribuído.

impressoras podiam, assim, ser utilizados por mais de um usuário do ambiente, permitindo a redução do custo por usuário destes componentes.

Além disto, muitas vezes, alguns recursos, embora úteis para diversos usuários, permaneciam a maior parte do tempo sem uso, como as impressoras, por exemplo. A necessidade que o usuário tinha de se deslocar até onde os recursos estavam tornava os computadores pessoais isolados pouco práticos. Com as redes, acabou a necessidade de que o usuário estivesse próximo, ou diretamente conectado, ao dispositivo que ele queria utilizar.

A interligação entre computadores e outros dispositivos não tardou, no entanto, a permitir outras aplicações. O compartilhamento de arquivos, fundamental para o uso de aplicações corporativas, que eram comuns nos ambientes com *main-frames*, permitiu o uso profissional das redes de computadores. Estas passaram a ser vistas como substitutas eficazes dos sistemas de maior porte, e, com isto, geraram o movimento de “*downsizing*”, que acabou por substituir milhares de computadores de grande porte por redes de computadores.

Inicialmente consideradas muito instáveis, ou contrário dos sistemas baseados em *main-frames*, as redes de computadores de hoje dispõem de componentes extremamente robustos, e muitas vezes ainda implementam redundância, a depender de seu projeto.

Um aspecto também importante foi a redução de custo que adveio do emprego extensivo das redes. Os computadores e dispositivos de pequeno porte, embora muitas vezes tenham performance bem inferior aos computadores de grande porte, têm uma relação preço X desempenho extremamente interessante. Além disto, a depender do projeto do ambiente, muitas vezes temos a vantagem da escalabilidade, que permite um crescimento gradual e a distribuição dos custos ao longo do tempo.

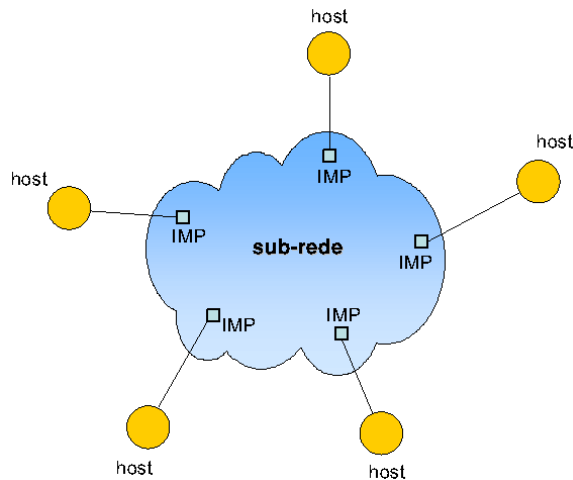
Para finalizar, um das mais poderosas aplicações das redes atuais são na comunicação entre pessoas. Uma rede hoje é uma das ferramentas de comunicação mais poderosas que pode existir, mesmo entre pessoas dispersas geograficamente. Utilizando-se de uma rede de computadores, duas ou mais pessoas que moram em lugares distantes podem não só se comunicar, como produzir de forma cooperativa.

8.2. Estrutura das Redes

Em qualquer rede, tal como vimos, existe um conjunto de dispositivos interconectados. Cada um destes dispositivos normalmente hospeda aplicações para os seus respectivos usuários, e encontra-se interligado aos demais através de uma infra-estrutura específica.

Para cada um dos dispositivos interligados ao ambiente de rede, vamos dar o nome de *host* (hospedeiro). O ambiente de comunicação envolvido na interligação dos *hosts* será chamado de sub-rede de comunicação, ou

simplesmente de sub-rede. Esta separação simplifica bastante o estudo e avaliação de ambientes mais complexos. Esta nomenclatura foi adotada desde o surgimento da ARPANET, uma das primeiras grandes redes de computadores.



Complementando a terminologia, para que seja mais simples a análise de sub-redes mais complexas, temos mais dois elementos básicos: os circuitos ou canais de comunicação e os elementos comutadores. Chamaremos estes elementos comutadores de **IMP (Interface Message Processors)**. Os *hosts* encontram-se conectados diretamente aos mesmos.

8.3. Tipos de Sub-Rede

8.3.1. Ponto a Ponto

Neste tipo de projeto, existem diversas linhas de comunicação, cada uma interligando um par de IMPs. Se dois IMPs que não compartilham um cabo desejarem se comunicar, terão que fazê-lo através de outros IMPs, ou seja, indiretamente. Desta forma, é necessário que cada IMP seja capaz de receber uma mensagem (normalmente chamada de pacote no contexto da sub-rede), armazená-la e depois enviá-la para o outro IMP assim que a linha de saída estiver disponível. Estas sub-redes são normalmente chamadas de sub-rede **ponto a ponto**, **store-and-forward** ou mesmo **sub-rede de pacotes comutada (packet switching)**. Este é o tipo de projeto normalmente adotado nas redes de longa distância (WAN).

Na configuração ponto a ponto, existe apenas um emissor e um receptor interligados ao meio de comunicação de dados. Neste tipo de interligação, normalmente é utilizado um método de acesso ao meio define um terminal primário e um secundário. Nestes casos, apenas o terminal primário é quem define o fluxo da informação, para evitar problemas como colisões.

8.3.2. Difusão (*broadcasting*)

Neste tipo de sub-rede, existe apenas um canal de comunicação, que é compartilhado por todas as estações. Desta forma, um pacote enviado por uma

estação é recebido por todas as outras. Ao receber um pacote, a estação deve ser capaz de analisar o endereço de destino para verificar se o pacote pertence a ela. O endereçamento é um ponto essencial para um funcionamento de uma sub-rede por difusão.

Mesmo em ambientes mais complexos, com múltiplos meios físicos, pode-se determinar a operação com base no endereçamento. Pode-se garantir o envio de um pacote a todas as destinações através de um código especial no campo endereço (*broadcasting*). Alguns sistemas permitem inclusive que sejam enviados pacotes para conjuntos determinados de estações, em um esquema conhecido como *multicasting*. Tipicamente, todos os endereços com o bit de mais alta ordem igual a 1 são reservados para *multicasting*. Os bits restantes identificam que grupo deseja-se endereçar. Para endereços de *broadcast*, tipicamente se utilizam todos os bits do endereço iguais a 1.

8.4. Topologias

A interligação entre as estações na sub-rede é definida pela **topologia**. A topologia de rede descreve o modo como os dispositivos estão interligados, bem como é feita a troca de informação entre eles. Esta pode garantir não só a performance do ambiente, como também a segurança e os custos envolvidos na implementação do projeto.

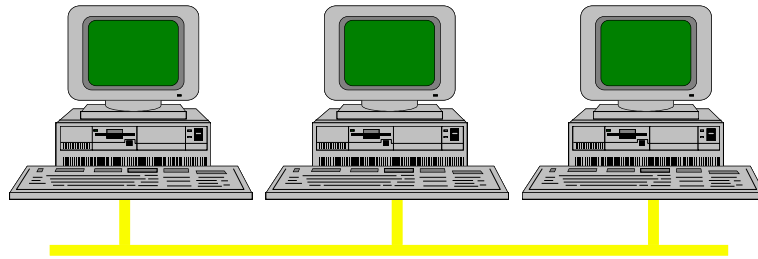
Como existem dois conceitos bastante diferentes diretamente relacionados a esta interligação, é importante diferenciá-los bem: o conceito da **topologia física** e o conceito do **método de acesso ao meio**. Estes são bastante confundidos.

A **topologia física** nada mais é do que a representação física da interligação dos equipamentos. Esta topologia pode ser muitas vezes reconhecida pelo simples exame da disposição dos cabos e equipamentos de comunicação. Já o **método de acesso ao meio** define o protocolo utilizado para acesso ao meio. Desta forma, podemos ter redes com topologia física diversas para o mesmo método de acesso. Um exemplo comum são as redes *Ethernet 10BaseT*, que embora possuam topologia física em estrela, tem método de acesso claramente inspirado nas redes em barramento.

8.4.1. Barramento

O barramento compartilha um único meio físico para todos os *hosts* conectados. Esta característica implica na existência de um protocolo que determina a utilização do meio de transmissão por todos os dispositivos existentes na rede.

Analisando mais detalhadamente, cada estação, ao transmitir, se torna "proprietária" do meio físico único, impedindo que as demais estações o utilizem, a não ser que seja para a escuta dos pacotes enviados. Para que isto funcione, é necessário um mecanismo de arbitragem para resolver eventuais conflitos quando duas ou mais máquinas desejam transmitir simultaneamente. O mecanismo de arbitragem, também conhecido como alocação do canal, pode ser centralizado ou distribuído. Redes em barramento normalmente adotam mecanismos de arbitragem distribuídos.



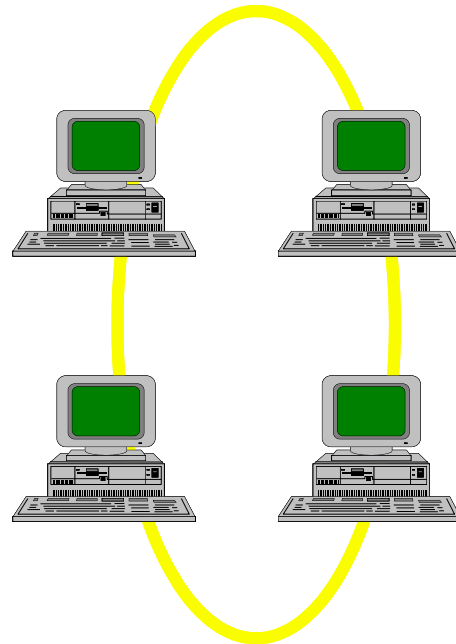
Como o meio de transmissão é único, é necessária a identificação inequívoca de cada dispositivo. Isto é conseguido através da atribuição de endereços únicos a cada dispositivo. Como todos os dispositivos estão ligados ao mesmo meio, a informação que é transmitida por um deles é detectada por todos os outros, mas só o destinatário é que a retira da rede.

O grande problema desta topologia é dependência em relação ao meio físico, que é único. Ou seja, falhas no meio físico podem provocar a parada total do ambiente.

8.4.2. Anel

A topologia em anel consiste em ligações ponto a ponto entre pares de dispositivos que, no seu conjunto, formam um ciclo fechado.

A informação é transmitida através do anel em unidades de dados que são enviadas rotativamente segundo uma direção predefinida (que pode ser alterada em caso de falhas). Os mesmos contêm a informação sobre a origem da mensagem e o respectivo destinatário. Ao receber a mensagem, o dispositivo receptor analisa a informação do destinatário e passa a mesma ao dispositivo seguinte. Caso o receptor seja o destinatário, ele também recolhe uma cópia da mensagem para interpretação.



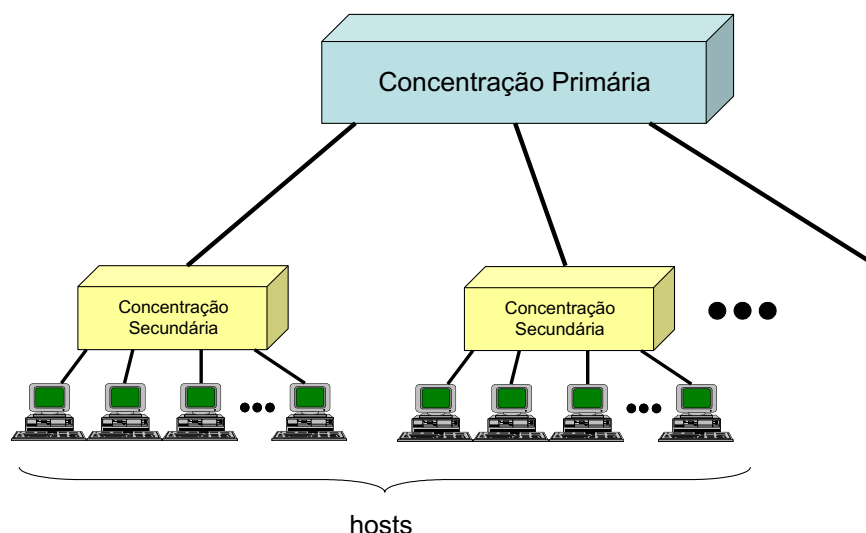
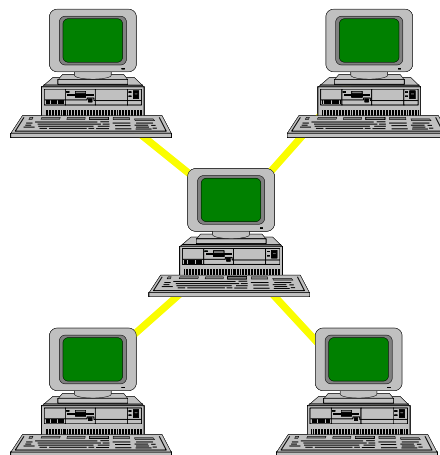
A topologia em anel é a mais segura entre as topologias básicas analisadas (barramento, anel e estrela), pois permite a comunicação entre os dispositivos mesmo em caso de falhas no meio físico, já que sempre existe um caminho redundante para a mensagem. Esta característica pode ainda ser reforçada com o uso de anéis duplos, utilizados em tecnologias como o FDDI (*Fiber Distributed Data Interface*).

8.4.3. Estrela

Utilizada desde os primeiros computadores que permitiram acesso multiusuário, o modelo em estrela considera a interligação de todos os pontos a um equipamento

central, que pode ser composto por um dos *hosts* ou por um equipamento especial, conhecido como concentrador (ou HUB⁴).

O aumento do número de dispositivos na topologia em estrela é normalmente ilimitado, o que torna fácil a expansão da rede. Em alguns casos, adota-se uma topologia derivada, chamada de topologia em árvore. Nesta, todas ou algumas extremidades da estrela se transformam no centro de novas estrelas secundárias. Neste caso, temos 3 níveis: o ponto central, os pontos secundários, e os *hosts*.

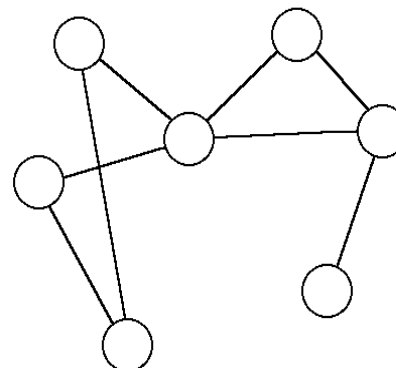


A topologia estrela tem como desvantagem a dependência do ponto central. No entanto, devido às características dos modernos concentradores, normalmente temos altos índices de confiabilidade, e mesmo recursos de redundância que tornam os pontos centrais praticamente infalíveis.

Um outro problema é que a troca de grandes quantidades de informação pode sobrecarregar os dispositivos centrais, congestionando o fluxo de informação, e prejudicando a performance na rede. O uso inadequado de múltiplos níveis também pode introduzir atrasos na propagação das unidades de informação, dificultando o uso de aplicações sensíveis ao retardo.

8.4.4. Malha ou *mesh*

Esta topologia é raramente encontrada em redes locais, sendo mais comum em redes de longa distância (WANs). As conexões são feitas de ponto a ponto,



⁴ A palavra HUB é tipicamente utilizada como sinônimo de “repetidor ethernet”. No entanto, o significado real da palavra está relacionado à capacidade de concentração do dispositivo, que possui diversas portas. A palavra “HUB” está relacionada a esta concentração.

usualmente não interligando todas os *hosts*. Desta forma, as estações intermediárias precisam ser capazes de encaminhar as mensagens para as estações interligadas indiretamente, muitas vezes escolhendo rotas mais adequadas.

8.5. Alocação de canal :

Assim como vimos as topologias físicas comuns, o tipo de alocação do canal de comunicação também é muito importante. Em sistemas determinísticos, normalmente se divide o tempo em intervalos discretos, permitindo que cada estação utilize o meio físico na sua abertura de tempo. Este tipo de alocação é conhecida como **alocação estática**. Apesar de sua simplicidade, ela implica no desperdício da capacidade do canal (que mais tarde vamos identificar como **largura de banda**) quando uma estação não tem nada a transmitir durante o seu período.

Este desperdício implicou na criação da **alocação dinâmica**, comum em sistemas estatísticos. A alocação dinâmica pode ser centralizada ou descentralizada. No método de alocação centralizada, existe uma entidade responsável pela coordenação do meio físico, disponibilizando o mesmo para as estações que desejam transmitir. Para tanto, esta entidade identifica as estações que possuem informações a serem transmitidas e decide quem ficará com o canal, em função de decisões tomadas com base em seu algoritmo interno. Na alocação descentralizada, não há entidade central; cada máquina deve decidir por si só se deve ou não transmitir. Para tanto foram desenvolvidos algoritmos especiais que controlam estas situações.

CURIOSIDADE: Transmissão de Paladar, Olfato e Tato

Estamos acostumados a ver nas telas e ouvir nos sistemas de áudio, transmissões cada vez mais maravilhosas para a nossa visão e audição. No entanto, nós temos 5 sentidos, e não apenas 2! Pode parecer estranho, mas pesquisas têm sido desenvolvidas para a transmissão de informações coletadas pelos outros três sentidos humanos: o paladar, o tato e o olfato. As pesquisas determinam, inclusive, a taxa de transferência que seria necessária para a transmissão deste tipo "especial" de informação.

Paladar

O paladar humano é baseado na sensibilidade de quatro tipos diferentes de células localizadas na língua. Desenvolvendo um "receptor de paladar", alguns pesquisadores trabalham em um projeto de "língua eletrônica", utilizando sensores químicos. O equipamento responde a diferentes paladares apresentando uma combinação de cores RGB, cada uma com 256 diferentes níveis. Os trabalhos, embora ainda estejam em um estágio muito primário, já demonstraram a capacidade de tal "língua" de identificar diferentes paladares.

Para efeito de cálculo da suposta "taxa de transferência" para a transmissão do paladar, a combinação de 10 sensores para cada um dos 4 tipos de receptores naturais do paladar.

Foram considerados as 3 cores (RGB), cada uma com 256 diferentes níveis (8 bits). Levando-se em conta que as reações ao paladar não são tão rápidas, já que tratam-se de reações químicas, foi considerada uma amostragem de 25 Hz. Sendo assim, a taxa requerida seria de:

Tx.Sinalização X N°Tipos de Sensores X N°Sensores X N°Cores X 8 bits:

$25 \times 4 \times 10 \times 3 \times 8 = 24 \text{ Kbps}$

Olfato

De forma análoga ao estudo do paladar, pesquisas vêm sendo desenvolvidas para o desenvolvimento de um "nariz eletrônico" (enose, em inglês). Até mesmo protótipos já foram desenvolvidos (ver foto ao lado), e embora estes tenham aplicações ainda limitadas à detecção de gases que podem causar problemas à saúde humana, acredita-se que no futuro poderemos aplicações cada vez mais sofisticadas.



Para a transmissão do olfato, os especialistas consideraram combinações de 1000 diferentes componentes de "cheiro", cada um com 256 diferentes níveis (8 bits). Considerando-se a mesma taxa de amostragem, temos um resultado de 200 Kbps.

Tato

De todos os sentidos ainda não transmitidos tipicamente pelas redes, o tato é o mais simples de entender. Trata-se apenas de sensores de pressão que funcionariam como uma "pele eletrônica". Neste caso, devido à rapidez dos reflexos típicos, seria necessária uma taxa de amostragem maior. Da mesma forma, é igualmente importante definir uma maior variação de valores possíveis. Outro ponto importante seria definir qual a área de tal sensor para determinar a taxa de transferência necessária, já que esta determinaria, em última instância, a quantidade de sensores necessários ao trabalho.

Considerando-se uma matriz de 100 x 100 sensores, cada um com 16 bits, representando 65.536 diferentes níveis de pressão, e com uma amostragem de 60Hz, teríamos uma taxa de transferência de 9,6Mbps.

Fonte:

A Survey of Network Requirements to Support Current and Future Data Streams

Yong Zhu
Georgia Institute of Technology

Exercícios de Fixação

Nas perguntas de múltiplas alternativas a seguir, identifique cada um dos itens como (C)ertos ou (E)rrados:

1) Dentre as diversas formas de telecomunicações existentes hoje em dia, a comunicação digital se destaca:

- Pelo transporte de informações digitais e geralmente binárias.
- Por exigir a presença de dois computadores, um de cada lado da linha.
- Pela velocidade superior aos meios de comunicação analógicos.
- Pela precisão dos dados recebidos.

2) O **Data Communications Equipment (DCE)** :

- É encontrado no elemento EMISSOR em uma comunicação de dados.
- É geralmente constituído de um modem.
- Serve de interface entre o DTE e o meio físico.
- Desde que exista no EMISSOR, não necessariamente precisa existir no RECEPTOR.

3) Quanto à taxa de transferência, podemos dizer :

- É mais elevada em meios públicos, graças à capacidade de investimento.
- Pode determinar a viabilidade de execução de projeto de comunicação de dados.
- É diretamente proporcional à quantidade de dados que trafegarão pelo meio.

4) Identifique abaixo alguns exemplos de meios físicos não delimitados e suas principais características:

5) Justifique por quê uma aplicação *On-Line* nem sempre é *Real-Time*:

6) Associar os conceitos com as afirmações abaixo :

- (a) Código (b) Sinal Digital (c) *Full-Duplex* (d) Transmissão Síncrona
(e) N.R.A.

- Transmissão que utiliza meios físicos independentes para transmissão simultânea nos dois sentidos.

- () Determina quais as combinações de bits que representam cada um dos caracteres, números e símbolos utilizados.
- () Os sinais presentes no meio físico tem variações discretas, representando os valores digitais correspondentes.
- () Para facilitar o trabalho de sincronismo, são enviados sinais de identificação no início e final de cada caractere.
- () Compartilhamento de um único meio físico para transmissão simultânea nos dois sentidos.

7) Identifique vantagens na utilização da transmissão síncrona, justificando cada uma delas :

8) Associe as definições abaixo:

- (a) Configuração ponto a ponto.
 - (b) *Baud*
 - (c) dBm
 - (d) dB
 - (e) N.R.A.
- () Admite diversos tipos de métodos de acesso ao meio, como por exemplo o polling e o CSMA/CD.
 - () Medida de taxa de transferência, que é equivalente à taxa em bps, apenas para sinais com variação binária.
 - () Unidade de Potência absoluta, equivalente ao valor em dB, para tensões de entrada de 1 mV.
 - () Unidade de medida de relação de potência, expressa em escala logarítmica.
 - () Para sinais com quatro níveis de variação, apresentam valores que correspondem a um terço do valor em bps.

9) Realize as seguintes conversões de potência :

- | | | | |
|-----------|----------|-----------|----------|
| a) 9 mW | para dBm | c) 10 pW | para dBm |
| b) 27 dBm | para W | d) -8 dBm | para mW |

10) Calcule as seguintes operações, apresentando o resultado em dBm :

- | | |
|-------------------|-------------------|
| a) 18 dBm - 30 mW | c) 44 dBm - 6 dB |
| b) -32 dBm + 9 dB | d) 20 dBm + 12 mW |

11) Quais dos exemplos abaixo representam uma rede ? Por quê?

- a) Computador de grande porte do banco e terminais de saque/dépósito automático. Considere que apenas as operações de saque necessitam de confirmação de saldo no computador central.
- b) Sistema de Terminais para reserva e venda de passagens aéreas.
- c) Computadores ligados à **Internet**⁵ em todo o mundo.

⁵ Caso tenha dúvidas acerca de Internet, consulte o material distribuído em sala sobre a mesma.

12) Graças à utilização de sistemas distribuídos, conjuntos de computadores podem ser utilizados como apenas um processador virtual único por determinado usuário do ambiente. Para que se tenha um sistema distribuído, é necessária a existência de uma rede ? Por quê?

13) Dentre as características de funcionamento de uma rede ponto-a-ponto, qual delas implica na necessidade de armazenamento dos IMPs ?

14) Pode se considerar que uma rede com topologia física em anel tem maior independência em relação ao meio físico do que uma rede com topologia em barramento ? Por quê?

15) Por quê o endereçamento é essencial em uma rede por difusão ?

16) Considere n IMPs interligados pelas seguintes topologias :

- a) Estrela (considere que o nó central é apenas um comutador, não um IMP).
- b) Anel.
- c) Interconexão Completa.

Para cada uma delas, dê o número médio de saltos IMP-IMP (sem tráfego para si próprio). Qual a conclusão que se chega a partir deste cálculo?