

CAPITULO 1 - TRANSMISSÃO DE INFORMAÇÃO	5
1.1 - Informação e Sinal	5
1.2 - O meio Físico	6
1.3 - Representação do Sinal	6
1.4- Os termos analógico e digital	7
1.4.1 Dados	7
1.4.2 Sinais	7
1.4.3 Transmissão	7
1.5 - Bit e Byte	8
1.6 - Códigos ASCII e EBCDIC	8
1.7 - Tipos de Transmissão	8
1.8 - Modos de Transmissão	12
1.9 - Exercícios	12
CAPÍTULO 2 - MEIOS FÍSICOS DE TRANSMISSÃO.....	14
2.1 - Taxa de transmissão	14
2.2 – Deterioração na Transmissão de Dados	14
2.2.1 Atenuação	14
2.2.2 Distorção por Atraso.....	15
2.2.3 Ruído	15
2.3 - Cabos e Fios	16
2.4 - Meios de Transmissão.....	16
2.4.1 - Par Trançado.....	16
2.4.2 - Cabo Coaxial.....	17
2.4.3 - Fibra Ótica.....	19
2.5 - Discriminação das Interfaces	20
2.6 - Algumas Interfaces	20
2.7 - Conectores SCSI.....	22
2.8 - Outros Meios de Transmissão	22
2.9 - Exercícios	22
CAPÍTULO 3 - MODULAÇÃO.....	23
3.1 - Introdução.....	23
3.2 - Modens	23
3.3 - Conceito de Modem	24
3.4 - Modens Analógicos	25
3.4.1 - Modulação Analógica-Analógica.....	25
3.4.2 - Modulação Digital-Analógica.....	25
3.5 - Modens Digitais	27
3.5.1 - Codificações Digitais.....	28

3.5.2 - Alcance dos Modems Digitais.....	28
3.5.3 - Modulação Digital-Digital.....	28
3.6 - Técnicas Multinível	29
3.7 - Modulação QAM	30
3.8 - Modulação Analógica-Digital (Técnicas de Pulso).....	31
3.9 - Fatores que Determinam a Escolha de um Modem.....	31
3.10 - Padrões	32
3.11 - Protocolos para Correção de Erros e Compressão de Dados. .	33
3.12 - Taxa de Sinalização.....	33
3.13 - Comparações entre Modems Digitais e Analógicos	33
3.14 - Exercícios	34
CAPÍTULO 4 - INTRODUÇÃO A REDES	36
4.1 - Redes de Computadores	36
4.2 - Redes Locais	37
4.3 - Redes Metropolitanas	37
4.4 - Redes Geograficamente Distribuídas.....	38
4.5 - Exercícios	39
CAPÍTULO 5 - TOPOLOGIAS	40
5.1 - Métodos de Ligação	40
5.2 - Modos de Transmissão.....	42
5.3 - Redes Geograficamente Distribuídas.....	43
5.4 - Análise das Topologias de WAN.....	48
5.4.1 - Topologia em Anel	48
5.4.2 - Topologia Totalmente Ligada.....	48
5.4.3 - Topologia Parcialmente Ligada.....	48
5.5 - Redes Locais e Metropolitanas	49
5.5.1 - Topologia em Estrela	49
5.5.2 - Topologia em Anel	52
5.5.3 - Topologia em Barra.....	53
5.6 - Outras Topologias	55
5.7 - Topologia Física e Lógica.....	56
5.8 - Critérios de Escolha	57
5.9 - Exercícios	57
CAPÍTULO 6 - CONTROLE DE ACESSO AO MEIO.....	58
6.1 - Introdução.....	58
6.2 - Parâmetros para Avaliação.....	58
6.3 - Sinal e Colisão.....	59
6.4 - Acesso Baseado em Contenção.....	59

6.4.1 - Aloha.....	59
6.4.2 - Slotted Aloha	60
6.4.3 - Protocolos Para Redes Locais.....	61
6.4.4 - CSMA Persistente e Não-persistente	61
6.4.5 - CSMA com Detecção de Colisões	62
6.5 - Acesso Ordenado sem Contenção.....	64
6.5.2 – Slots.....	64
6.5.3 - Passagem de Permissão	65
6.6 - Protocolos de Acesso em Redes Óticas	66
6.7 - Protocolos de Acesso com Prioridade.....	66
6.8 - Exercícios	67
CAPÍTULO 7 - PADRÕES DE REDES LOCAIS.....	68
7.1 - Padrão IEEE 802.....	68
7.2 Padrão IEEE 802.3 (CSMA/CD).....	69
7.2.1 - Especificação 10BASE5	70
7.2.2 - Especificação 10BASE2	71
7.2.3 - Especificação 10BASE-T.....	72
7.2.4 - Especificação 10BASE-F	73
7.2.5 – 10BROAD36.....	73
7.3 - Padrão IEEE 802.4 (<i>Token Bus</i>).....	74
7.4 - Padrão IEEE 802.5 (<i>Token Ring</i>).....	74
7.6 – FDDI – (<i>Fiber Distributed Data Interface</i>)	75
7.7 - IEEE 802.11 (<i>Wireless Networks</i>).....	75
7.8 - Extensões à Rede Ethernet	75
7.8.1 - <i>Switches</i> Ethernet (Ethernet Comutada).....	76
7.8.2 - 100BASE-T (IEEE 802.3u Fast-Ethernet).....	76
7.8.3 - 100VG AnyLAN (IEEE 802.12).....	76
7.9 - GIGABIT ETHERNET.....	77
7.9.1 - Especificações do Fibre Channel adotados pelo Gigabit.....	77
7.9.2 - Gigabit partilhado ou não partilhado?.....	77
7.10 - Exercícios	78
CAPÍTULO 8 - PADRONIZAÇÃO POR CAMADAS.....	79
8.1 - Hierarquias de protocolos	79
8.2 - O Modelo de Referência OSI	80
8.2.1 - Camada Física.....	81
8.2.2 - Camada de Enlace de Dados.....	81
8.2.3 - Camada de Rede.....	82
8.2.4 - Camada de Transporte.....	82

8.2.5 - Camada de Sessão	82
8.2.6 - Camada de Apresentação	82
8.2.7 - Camada de Aplicações	82
8.3 - Utilização de Camadas	82
8.4 - Exercícios	83
CAPÍTULO 9 - Equipamentos de Conexão	84
9.1 - Placas de Rede	84
9.2 - <i>Transceiver</i>	84
9.3 - Repetidor	85
9.4 - Hub	86
9.5 - <i>Bridge</i> (Pontes)	88
9.6 - <i>Switches Ethernet</i> (Comutadores)	90
9.7 - Roteadores e <i>Gateways</i>	91
9.8 - Exercícios	91
Apêndice:	92
Referências	94

CAPITULO 1 - TRANSMISSÃO DE INFORMAÇÃO

A transmissão de informação através de sistemas de comunicação consiste, basicamente, em se fazer chegar uma informação a um ponto distante do local em que foi gerada através dos meios físicos de comunicação que compõem as redes. As propriedades físicas dos meios de transmissão e as características dos sinais transmitidos apresentam uma série de questões tecnológicas que influenciam na construção e no projeto de redes de computadores.

O objetivo fundamental de um sistema de comunicação é a troca de informação entre dois parceiros, na figura 1.1 apresentamos um exemplo particular, o qual a comunicação entre uma estação de trabalho e um servidor através de uma rede pública de telefone. Outro exemplo é a troca de sinais de voz entre dois telefones sobre a mesma rede. Os elementos chaves do modelo são:

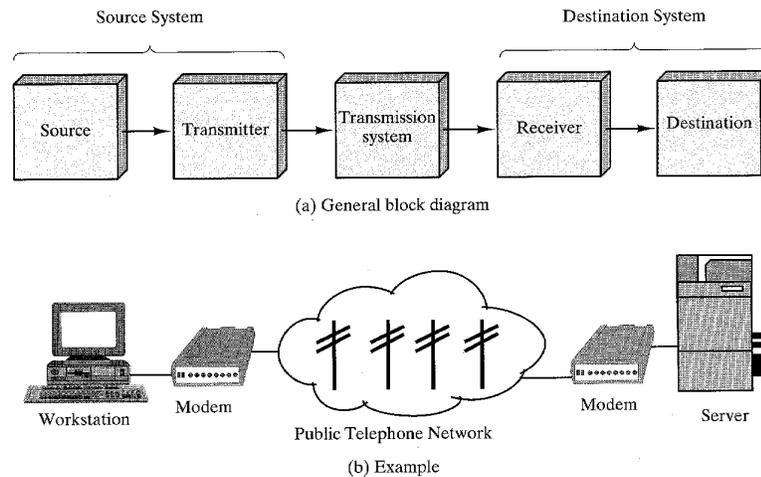


FIGURE 1.1 Simplified communications model.

- **Fonte.** Este dispositivos gera os dados para ser transmitidos; um exemplo são os computadores pessoais.
- **Transmissor.** Usualmente, os dados gerados pela fonte não são transmitidos diretamente na forma que eles são gerados. Ao invés um transmissor transforma e codifica a informação para ser enviada.
- **Sistemas de Transmissão.** Este sistema pode ser uma simples linha de transmissão ou uma rede complexa conectando fonte e destino.
- **Receptor.** O receptor aceita o sinal proveniente do sistema de transmissão e transforma o mesmo em uma forma que pode ser manipulado o dispositivo de destino.
- **Destino.** Recebem as informações do receptor.

1.1 - Informação e Sinal

Temos que notar que existe informação e sinal. A **informação**, no nosso contexto é idéia, um arquivo, e o **sinal** é o responsável por levar as nossas informações utilizando de algum mecanismo físico, como as ondas sonoras que levam a nossa voz.

O processo de comunicação envolve a transmissão de informação de um ponto a outro através de uma sucessão de processos, a saber:

1. A geração de uma idéia, padrão ou imagem na origem.
2. A descrição dessa idéia, com uma certa medida de precisão, por um conjunto de símbolos.

3. A codificação desses símbolos em uma forma propícia à transmissão em um meio físico disponível.
4. A transmissão desses símbolos codificados ao destino.
5. A decodificação e reprodução dos símbolos.
6. A recriação da idéia transmitida - com uma possível degradação de qualidade - pelo destinatário.

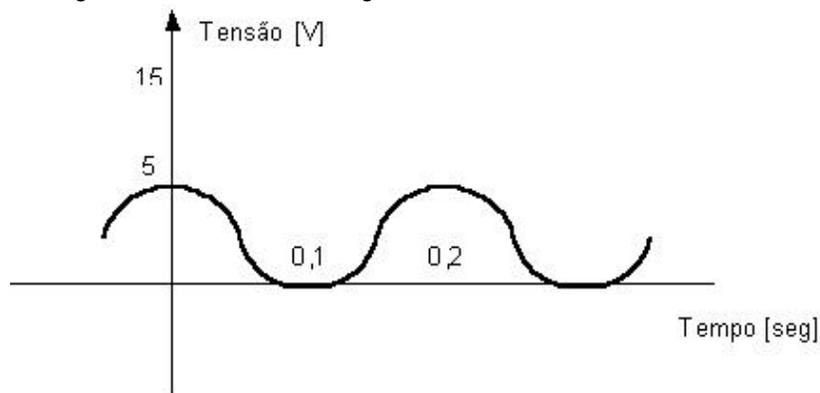
1.2 - O meio Físico

O meio físico será o meio por onde irão trafegar todas as nossas informações. Para conexão de terminais utiliza-se os meios existentes como por exemplo a rede telefônica. Porém hoje em dia já existem redes especializadas na transmissão de dados, fato que deu um grande impulso nesta área.

Os meios físicos podem ser **guiados** ou **sem guias**, em ambos os casos, iremos utilizar um tipo especial de sinal, que será mais esclarecido à frente chamado de ondas eletromagnéticas, no tipo guiado os sinais são levados através de um caminho físico da origem até o destino, um exemplo é uma ligação telefônica, nos tipos sem guias, os sinais são levados através de propagação no ar, como o rádio e a televisão.

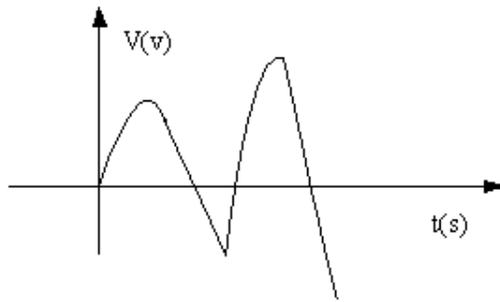
1.3 - Representação do Sinal.

Um sinal normalmente é representado por uma grandeza física que varia no tempo, gerando assim um gráfico. No nosso curso esta grandeza que varia no tempo será conhecida como tensão e um gráfico típico é o mostrado na abaixo, gerando um sinal eletromagnético.

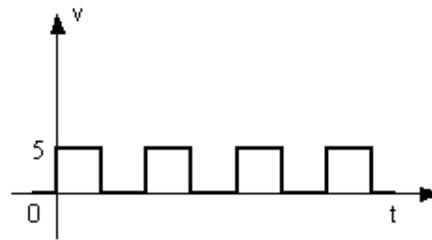


Visto como uma função do tempo, um sinal eletromagnético pode ser **contínuo** ou **discreto**. Um sinal contínuo é um no qual a intensidade do sinal varia de modo suave através do tempo, imagine o exemplo de um interruptor de lâmpada o qual você controla a intensidade do brilho da mesma, um sinal discreto é um no qual por um período de tempo mantém um valor constante e então muda para outro para valor constante, imagine agora um interruptor normal que só possui duas posições acesso ou apagado.

Um sinal também pode ser **periódico**, o que significa que a cada intervalo de tempo ele repete, um exemplo de um sinal periódico são as horas de um relógio, a cada vinte e quatro horas, repetimos o ciclo. A **freqüência** é a taxa na qual o sinal se repete (em ciclos por segundo) medida em Hertz (Hz), por exemplo o minuto se repete a cada 60 segundos, então a freqüência do minuto é de 1/60 (um ciclo a cada 60 segundos)



Sinal Analógico



- Sinal digital

1.4 - Os termos analógico e digital

Os termos **analógico** e **digital** correspondem, de certa maneira, à variação contínua e discreta respectivamente. Estes termos são freqüentemente utilizados no contexto de comunicação de dados para qualificar:

- **Dados**
- **Sinalização**
- **Transmissão**

Dados são as informações que queremos transportar. Sinais são codificações elétrica ou eletromagnética dos dados. Sinalização é o ato da propagação do sinal através de um meio físico. Transmissão é a comunicação de dados pela propagação e processamento de sinais.

1.4.1 Dados

O conceito de informação digital e analógico, são fáceis de compreender. Informações analógicas tem variação contínua no intervalo de tempo, por exemplo a voz e vídeo. Informações digitais tem valores discretos, exemplos são valores inteiros.

O exemplo mais familiar de dados analógicos é o áudio, o qual na forma de ondas de som, pode ser percebido diretamente pelo ser humano

1.4.2 Sinais

Em um sistema de comunicação, dados são propagados de um ponto ao outro através de sinais elétricos. Um sinal analógico é uma onda eletromagnética variando continuamente que pode ser propagado sobre uma variedade de meios. Um sinal digital é uma seqüência de pulsos de voltagem que podem ser transmitidos sobre fios.

O sinal é construído através de uma seqüência de intervalos de tamanho fixo iguais a T segundos, chamados intervalos de sinalização, durante os quais a amplitude do sinal permanece fixa, caracterizando um dos símbolos digitais transmitidos.

1.4.3 Transmissão

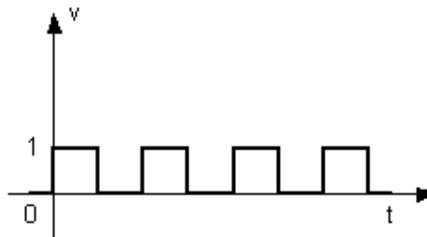
Uma transmissão analógica significa a transmissão de sinais analógicos sem se preocupar com seu conteúdo, os sinais podem representar dados analógicos ou digitais. Uma transmissão digital é ligada com o conteúdo do sinal, ou seja, se o sinal for digital irá atuar de uma forma, caso contrário terá outra conduta.

É importante que se entenda que qualquer tipo de informação (seja analógica ou digital) pode ser transmitida através de um sinal analógico ou digital. Um sinal de voz analógico, por exemplo, pode ser amostrado, quantizado e o resultado dessa quantização, codificado em um sinal digital para transmissão. A

transmissão de informação digital através de sinais analógicos também é possível; técnicas de modulação transformam sinais digitais em sinais que apresentam variação contínua de amplitude.

1.5 - Bit e Byte

Quando estamos trabalhando com redes de computadores, normalmente ouviremos falar de bit e byte. Bit e byte são as informações que serão transmitidas pelo meio físico, representadas por um sinal elétrico que varia no tempo. É interessante notar que o bit só tem dois valores 1 e 0 como mostrado abaixo. O byte é um conjunto de oito bits.



Bit e Byte

1.6 - Códigos ASCII e EBCDIC

Enquanto dados textuais são mais convenientes para os seres humanos, eles não podem, na forma de carácter, serem facilmente armazenados ou transmitidos pelos sistemas de processamento e comunicação de dados. Tais sistemas são projetados para dados binários. Assim, um número de códigos foram gerados nos quais caracteres são representados por uma seqüência de bits. Talvez o exemplo mais antigo seja o código Morse. Hoje o código mais utilizado é o **ASCII** (*American Standard Code for Information Interchange*) promulgado pela ANSI. Cada carácter neste código é representado por um conjunto de 7-bit; totalizando 128 caracteres diferentes.

O EBCDIC foi o código mais utilizado até uma década atrás já que a maioria dos computadores existentes eram mainframes IBM. Hoje a própria IBM usa o código ASCII em suas máquinas de pequeno e médio porte.

1.7 - Tipos de Transmissão

Existem duas formas de transmissão de dados em linhas de comunicação: **transmissão paralela e serial**.

Na **transmissão paralela** todos os bits do caractere codificado são transmitidos simultaneamente, o que significa que para cada bit existe um canal dedicado, figura 1.6. O termo transmissão paralela refere-se ao fato de que os bits do caractere são transmitidos em paralelo, enquanto que os caracteres propriamente ditos são transmitidos serialmente, isto é, um após o outro.

A transmissão paralela é freqüentemente usada para a transmissão de dados entre o computador e seus periféricos a pequenas distâncias. Os circuitos usados na transmissão paralela são simples, porém o custo de conexão (cabos) é alto. Numa transmissão paralela são necessárias tantas linhas quantos bits tiver o caractere sendo transmitido.

Numa transmissão paralela típica tem-se 8 vias de dados (1 byte para representar o caractere), 1 terra de referência e duas linhas de controle, totalizando 11 vias de dados. É de fácil implementação porém o custo com cabeamento é alto.

Esse método de transmissão é utilizado nas ligações internas dos computadores, ligações entre computador e periféricos bastante próximos.

Imagine uma situação onde tenhamos oito lâmpadas para transmitir um byte, ao enviarmos uma sinalização para as lâmpadas, estaremos enviando de uma única vez um caractere, porém necessitamos de ter uma lâmpada pelo menos para termos certeza que a informação foi enviada.

A **transmissão serial** é o método de comunicação mais usado. Os bits do caractere codificado são transmitidos um após o outro sobre o canal, como mostra a figura 1.7. O receptor, reúne o conjunto de bits em caracteres. A transmissão serial apresenta dois problemas na recepção: a **sincronização de bits** e a **sincronização de caracteres**.

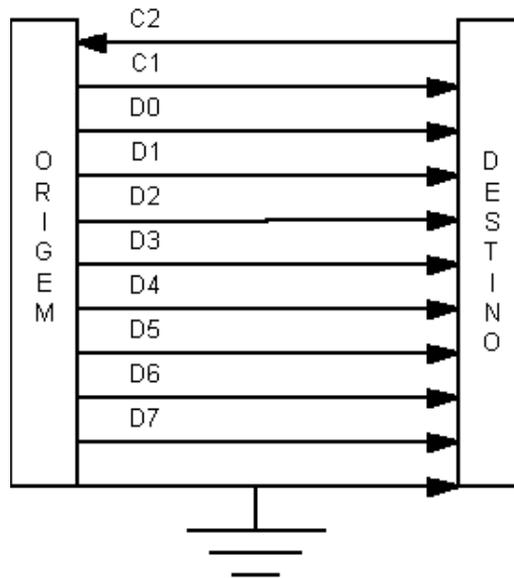


Figura 1.6 - Transmissão paralela

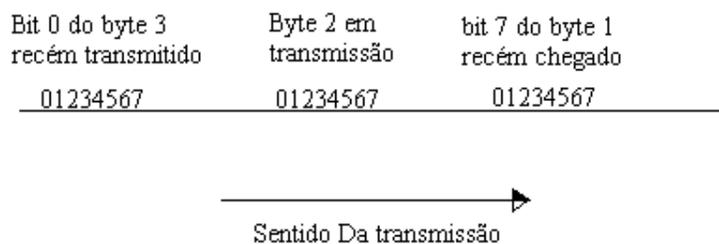


Figura 1.7 - Transmissão serial

Solução para os problemas mencionados:

1 - Sincronização de bits

- O receptor precisa interpretar corretamente o padrão de bits gerados pela fonte, ou seja, determinar o momento certo de extrair os bits da linha. Isto é feito com o auxílio de dois relógios (clocks), cada um instalado em uma ponta da linha.

- O relógio da fonte dirá com que frequência os bits deverão ser colocados na linha e o relógio do receptor dirá com que frequência ele deverá amostrar a linha. Para que o receptor extraia os bits corretamente é necessário que os relógios funcionem na mesma velocidade e estejam em sincronismo.

- Na prática, pode existir uma diferença mínima nas velocidades dos relógios, sendo necessária uma sincronização periódica dos mesmos.

- Isto quer dizer que os dois elementos envolvidos na transmissão devem estar operando na mesma velocidade.

2 - Sincronismo de caracteres

Quando o receptor consegue recuperar o sincronismo dos bits, ele ainda precisa determinar qual conjunto de bits pertence a um determinado caractere. O problema se resume em determinar qual é o primeiro bit de um caractere. Visto que o receptor sabe quantos bits formam um caractere e a velocidade com que eles chegam, então, após a identificação do primeiro bit, basta contar o número de bits e construir o caractere. Existem duas técnicas usadas na determinação do primeiro bit: **transmissão síncrona** e **transmissão assíncrona**.

Transmissão Síncrona → É usada para transmitir blocos inteiros de dados de uma só vez. Para identificar o primeiro bit do primeiro caractere, cada bloco de dados é precedido de um padrão de controle do código empregado. No código ASCII é usado o padrão SYN. Para evitar falso sincronismo, costuma-se usar dois ou mais caracteres de controle, como mostra a figura 1.8. O receptor ao identificar o primeiro SYN, verifica se existe outro(s) caractere(es) do mesmo tipo, para então declara-los sincronizado ou não.

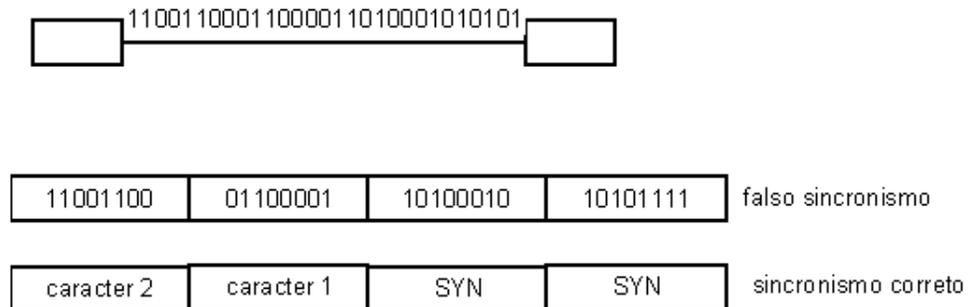


Figura 1.8 - Sincronismo numa transmissão serial

O **protocolo**, uma linguagem de comunicação entre máquinas, BSC (*Binary Synchronous Communication*) exemplificado na figura 1.9, mostra a presença de caracteres de sincronização, que permitirá a transmissão síncrona entre dois equipamentos.

Comumente, a transmissão síncrona é empregada em transmissão de dados com velocidades acima de 2400 bps.

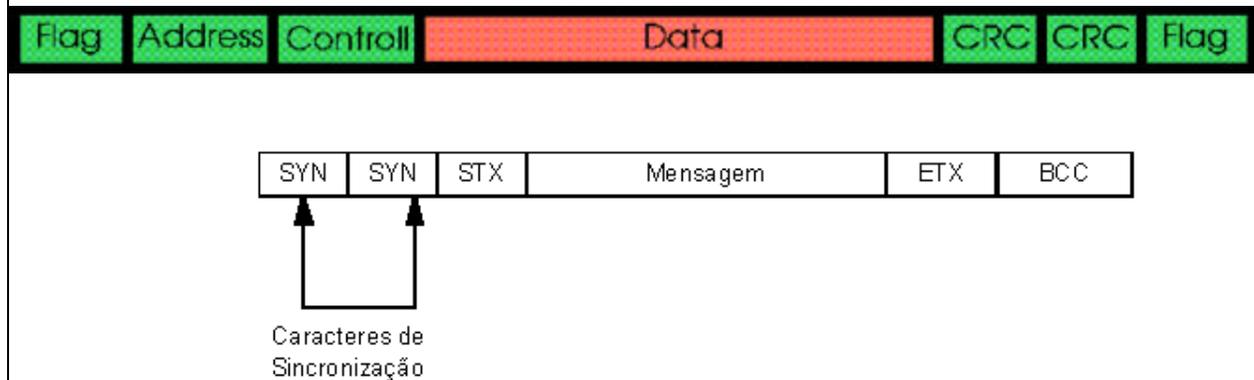


Figura 1.9 - Transmissão serial síncrona

A transmissão síncrona permite a utilização de técnicas mais sofisticadas de detecção de erros, como, por exemplo, a técnica CRC. Além disso é mais eficiente, pois permite passar muito mais informação sobre um canal de comunicação por unidade de tempo.

Um fator que encarece o custo dos equipamentos síncronos é a necessidade dos mesmos possuírem dispositivos de armazenamento (*buffers*) para os caracteres, que serão enviados em blocos e não quando eles

se tornam disponíveis, pois o fluxo de caracteres deve ser transmitido à velocidade constante e tipicamente por pulsos de mesma duração.

Transmissão Assíncrona → A transmissão assíncrona é usada em sistemas cujos caracteres são transmitidos um a um sem haver, necessariamente, alguma relação de tempo fixa entre um caractere e outro. Neste caso, o receptor tem que restabelecer o sincronismo a cada início de um caractere, ou seja, reconhecer o primeiro bit de cada caractere. Isto é feito, introduzindo-se um pulso de partida (*start*) no início do caractere e, um pulso de término (*stop*) no fim, como mostra a figura 1.10.

O receptor detecta o pulso *start* monitorando a linha. Enquanto a linha estiver ociosa, ou seja, quando não está sendo transmitida nenhuma informação, o transmissor estará enviando *strings* de 1's (na realidade o transmissor mantém o nível de tensão do valor lógico "1"). Para transmitir um caractere, o transmissor precede de um pulso *start*, mudando o estado da linha. O receptor identifica a mudança de estado e inicia a contagem dos bits. Ao final de cada caractere o transmissor insere um pulso *stop*, que é usado para que o receptor se estabilize antes que outro caractere seja transmitido. Normalmente o *STOP* corresponde a 1,4 ou 2,0 vezes o tempo de *START*.

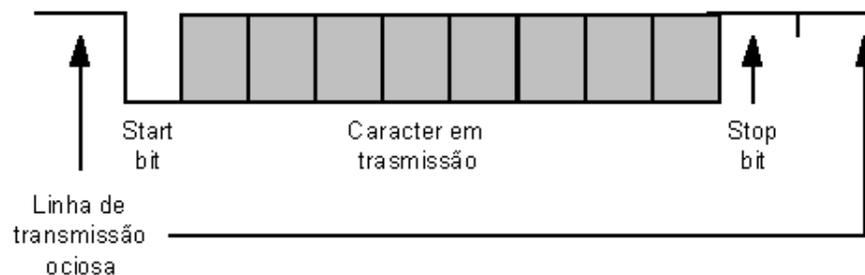
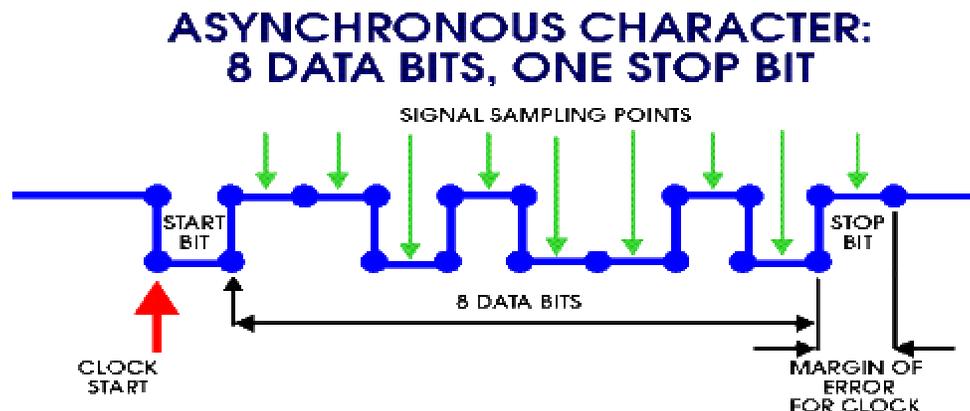


Figura 1.10 - Um caractere transmitido assincronamente



O termo "Assíncrono" refere-se à irregularidade dos instantes de ocorrência dos caracteres, ou seja o tempo decorrido entre dois caracteres (tempo de repouso) pode ser variado pelo equipamento transmissor sem que o equipamento receptor tome conhecimento.

A transmissão assíncrona, apesar da emissão dos caracteres ser irregular, possui um sincronismo ao nível dos bits que compõem o caractere (obtido pela identificação do *START*), pois o equipamento receptor deve necessariamente conhecer os instantes que separam os bits dentro do caractere.

Os equipamentos assíncronos têm, normalmente, um custo bem menor que os equipamentos síncronos por serem de fabricação mais fácil.

Este tipo de transmissão é o mais utilizado nos modems que nós usamos em casa para acessar a internet.

A principal desvantagem desse tipo de transmissão é a má utilização do canal, já que os caracteres são transmitidos irregularmente espaçados no tempo, além do alto *overhead* (bits de controle à informação),

ocasionando uma baixa eficiência na transmissão. Exemplificando, no caso do código EBCDIC (8 bits), acrescentando-se um bit de *START* e um de *STOP* (sendo igual a dois *START*), temos um total de 11 bits, ou seja, 27% do total transmitido não é informação útil:

$$OVERHEAD = \frac{\text{total de bits de controle}}{\text{total de bits transmitidos (controle + caractere)}} \times 100\%$$

$$OVERHEAD = (3/(3+8)) \times 100\% = 27\%$$

1.8 - Modos de Transmissão

Os modos de transmissão são classificados quanto às direções possíveis do fluxo de informação que conduz, podendo ser:

Simplex: Se a comunicação for efetuada em apenas uma direção. Por exemplo, uma linha usada para conduzir o resultado de medidas efetuadas em um alto-forno até o computador, transmissão do sinal de televisão e rádio.

Half-duplex (ou Semi-duplex): Se ele conduzir a informação em ambas as direções, mas não simultaneamente. Por exemplo transmissão de mensagens escritas pelo telex, comunicação entre radioamadores.

Full-duplex (ou Duplex): Se ele puder conduzir informação em ambas as direções ao mesmo tempo. Exemplo: Conversação telefônica entre duas pessoas.

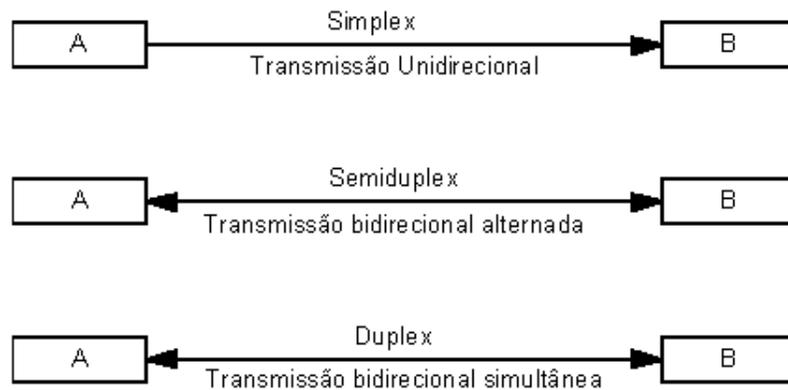


Figura 1.11 - Modos de operação

1.9 - Exercícios

- 1) Defina meio físico?
- 2) Diferencie sinal de informação?
- 3) Como é representado um sinal?
- 4) O que é bit e byte?
- 5) O que é sinal analógico e digital, diferencie um do outro.
- 6) Quais as formas de transmissão de dados existentes?
- 7) Quais os dois modos da transmissão serial?

- 8) Quais os dois problemas relativos a recepção na transmissão serial?
- 9) O que é sincronização a nível de bit?
- 10) Por que se diz que a transmissão assíncrona é ineficiente no uso do canal de comunicação?
- 11) Quais os modos de transmissão existentes?
- 12) O que encarece a fabricação dos equipamentos síncronos?
- 13) Calcule o *overhead* numa transmissão assíncrona onde o *stop* bit é 1,5 o *start* bit

TABLE 2.1 The American Standard Code for Information Interchange (ASCII).

bit position							
b ₇	b ₆	b ₅	b ₄	b ₃	b ₂	b ₁	b ₀
0	0	0	0	0	0	1	1
0	0	1	1	0	0	1	1
0	1	0	1	0	1	0	1
0	1	1	1	1	0	1	1
1	0	0	0	0	0	0	0
1	0	0	0	1	0	0	0
1	0	1	0	0	0	0	0
1	0	1	1	0	0	0	0
1	1	0	0	0	0	0	0
1	1	0	0	1	0	0	0
1	1	0	1	0	0	0	0
1	1	0	1	1	0	0	0
1	1	1	0	0	0	0	0
1	1	1	0	1	0	0	0
1	1	1	1	0	0	0	0
1	1	1	1	1	0	0	0
1	1	1	1	1	1	0	0

NUL	DLE	SP	0	@	-	P	'	p
SOH	DC1	!	1	A	Q	a	q	
STX	DC2	"	2	B	R	b	r	
ETX	DC3	#	3	C	S	c	s	
EOT	DC4	\$	4	D	T	d	t	
ENQ	NAK	%	5	E	U	e	u	
ACK	SYN	&	6	F	V	f	v	
BEL	ETB	'	7	G	W	g	w	
BS	CAN	(	8	H	X	h	x	
HT	EM	)	9	I	Y	i	y	
LF	SUB	*	:	J	Z	j	z	
VT	ESC	+	;	K	[	k	{	
FF	FS	,	<	L	\	l	|	
CR	GS	-	=	M	]	m	}	
SO	RS	.	>	N	^	n	~	
SI	US	/	?	O	_	o	DEL	

CAPÍTULO 2 - MEIOS FÍSICOS DE TRANSMISSÃO

O meio físico de transmissão é o caminho entre transmissor e receptor em um sistema de transmissão de dados. A característica e qualidade da transmissão de dados são determinadas pelas características do meio e do sinal. No caso de meio guiado, o próprio meio físico é mais importante para determinar as limitações da transmissão.

Na consideração de um projeto para um sistema de transmissão de dados, um ponto comum, é taxa de transmissão e distância: quanto maior a taxa e a distância, melhor.

A seguir iremos fazer uma análise de vários fatores que influenciam diretamente a taxa de transmissão e a distância que poderemos alcançar.

2.1 - Taxa de transmissão

Um parâmetro muito importante para ter como medida na comparação dos vários meios físicos é a taxa de transmissão. Esta medida está relacionada com a quantidade de bits que podem trafegar em determinado meio, por um período de tempo. Normalmente esta taxa é medida em bps (bits por segundo), e os valores comumente encontrados vão de 300 bps à 100 Mbps.

Onde : 1K → 1024 bps
1M → 1000K
1G → 1000M

2.2 – Deterioração na Transmissão de Dados

Com qualquer sistema de transmissão, deve ser reconhecido que o sinal recebido será diferente do sinal transmitido devido à vários fatores. Para sinais analógicos, estas deteriorações introduzem as mais aleatórias modificações que afetam a qualidade do sinal, voz diferente da pessoa, chiados. Para sinais digitais, erros de bits são os que aparecem: O binário 1 é transmitido e o binário 0 é recebido, ou vice versa.

Os mais importantes fatores de deterioração de sinais são:

- **Atenuação**
- **Distorção por atraso**
- **Ruído**

2.2.1 Atenuação

A força de um sinal diminui com a distância sobre qualquer meio de transmissão. Para meios guiados, esta redução de força, ou **atenuação**, é geralmente logarítmica e expressa como um número constante de décibéis por unidade de distância. A atenuação introduz três fatores importantes na análise da transmissão. Primeiro, um sinal recebido deve ter força suficiente para que o circuitos do receptor possam detectar e interpretar o sinal, imagine uma estação de rádio que o sinal é tão fraco que chega apenas ruído. Segundo, o sinal deve manter um nível alto em relação ao ruído para que possa chegar sem erros. Terceiro, a atenuação é uma função do aumento da frequência.

2.2.2 Distorção por Atraso

A distorção por atraso é um fenômeno peculiar a transmissão em meios guiados. A distorção é causada pelo fato de a velocidade de propagação de um sinal variar com a frequência

2.2.3 Ruído

Ruído são sinais indesejáveis que são inseridos entre a origem e o destino do sinal, um fator forte de limitação na performance dos sistemas de comunicação.

O ruído pode ser dividido entre quatro categorias principais:

- Térmico
- Intermodulação
- *Crosstalk*
- Impulsivo

O **ruído térmico** é gerado pela agitação térmica dos elétrons em um condutor. Ele está presente em todos dispositivos eletrônicos e meios físicos de transmissão e é uma função da temperatura

Intermodulação é produzido quando existe alguma anormalidade em aparelhos como transmissores e receptores, fazendo com que os mesmos não atuem de forma linear, ou seja alterando o sinal de saída.

Crosstalk já foi experimentado por qualquer um, que ao utilizar uma ligação telefônica ouviu a conversa de outra pessoa.

Impulsivo é não contínuo, consistindo de pulsos irregulares de pequena duração e de amplitude relativamente alta. Ele aparece de uma variedade de causas, incluindo distúrbios eletromagnéticos externos, como raios, reatores, transformadores e faltas e imperfeições no sistema de comunicação. Normalmente um fator pequeno para dados analógicos, por exemplo, você pode ouvir pequenos *clicks* na conversação de telefone, e mesmo assim entender o significado da mensagem. Entretanto, o ruído impulsivo é a fonte primária de erros na comunicação digital de dados, por exemplo, um pico de energia de duração de 0.01 segundos, não destruiu nenhum dado de voz, porém acabaria com 50 bits de dados sendo transmitidos a uma taxa de 4800 bps.

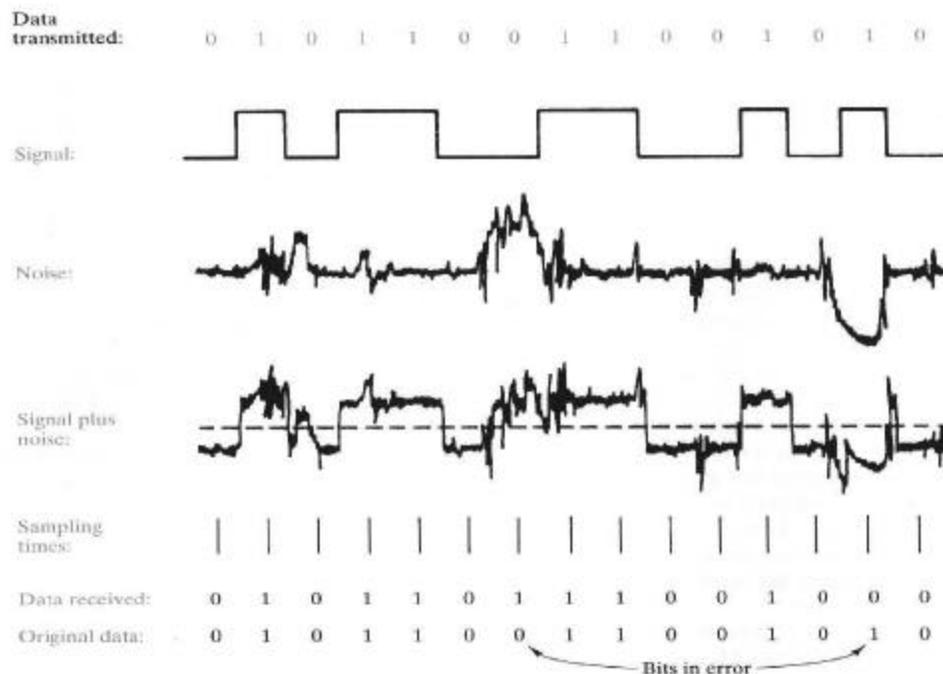


FIGURE 2.15 Effect of noise on a digital signal.

A taxa média de erros em canais de baixa e média velocidade é em torno de 1 'bit' errado em cada 100.000 'bits' transmitidos. Para algumas aplicações, isso pode ser aceitável, em outras pode ser necessário mais precisão. Porém para fibra ótica a taxa de erro é da ordem de 1 'bit' errado para cada 100.000.000.000 'bits' transmitidos.

Outro problema é o relacionado a ecos, que causam efeitos similares ao ruído. Eco é a reflexão de sinais nas linhas, podendo corromper os sinais que estão sendo transmitidos.

Precauções para que não haja reflexão devem ser tomadas. Em sistemas telefônicos, os ecos podem ser bastante desagradáveis quando percebidos em intervalos maiores que dezenas de milissegundos. Nesses sistemas é comum a utilização de canceladores de eco.

2.3 - Cabos e Fios

Normalmente as pessoas confundem cabos com fios, porém existe uma grande diferença entre. O fio é composto de um único elemento sólido e o cabo é um conjunto de fios enrolados.. Ver figura 2.2.

O cabeamento é a linha vital de comunicações de sua rede. Todo dia, os usuários dependem dessa linha para enviar e recuperar dados para trabalharem. Eles não se importam com o tipo de cabo que você usa desde que suas workstations continuem no ar e trabalhando. Se um cabo falhar, sua rede também falha. E os usuários tem que ficar esperando enquanto você conserta. Portanto, ao escolher cabos escolha o melhor possível, pois relativamente é o material mais barato da sua instalação.

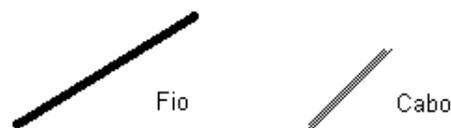


Figura 2.2: Fio e Cabo

2.4 - Meios de Transmissão

Para meios de transmissão guiados, a capacidade de transmissão, em termos de taxa de dados e capacidade do canal, depende fundamentalmente da distância.

Os meios diferem com relação à capacidade de transmissão, limitação geográfica, devido a resistência do meio, imunidade a ruído, custo, disponibilidade de componentes e confiabilidade.

A escolha do meio de transmissão adequado às aplicações é extremamente importante não só pelos motivos mencionados, mas também pelo fato de que ele influencia diretamente no custo final.

Qualquer meio físico capaz de transportar sinais eletromagnéticos é passível de ser usado. Os mais normais são o par trançado, o cabo coaxial e a fibra ótica. Sob circunstâncias especiais, radiodifusão, infravermelho, enlaces de satélite e microondas também são escolhas possíveis.

Vale lembrar que muitas vezes você não tem escolha, pois quando utilizar linhas fornecidas pelas operadoras locais o sinal poderá passar por vários meios diferentes.

2.4.1 - Par Trançado

O mais barato dos meios físicos e mais usado. No par trançado, dois fios são enrolados em espiral de forma a reduzir o ruído de *crosstalk* e manter constantes as propriedades elétricas do meio através de todo o seu comprimento. A transmissão no par trançado pode ser tanto analógica quanto digital. Vale notar que a capacidade máxima de transmissão do par trançado é notavelmente alta, considerando o fato de ele ter sido projetado para o tráfego analógico telefônico. Taxas de transmissão podem chegar até a ordem de alguns megabits por segundo, dependendo da distância, técnica de transmissão e qualidade do cabo.

A perda de energia é um parâmetro importante quando se discute não só a taxa máxima de transmissão, mas também a distância máxima permitida, qualquer que seja o meio de transmissão. A perda de energia

aumenta com o aumento da distância, até chegar a um ponto onde o receptor não consegue mais reconhecer o sinal. A energia pode ser perdida por radiação ou por calor.

Uma desvantagem do par trançado é a sua facilidade à interferência de ruído. Esses efeitos podem, no entanto, ser minimizados com uma blindagem adequada. O par trançado pode possuir diferentes propriedades (par trançado comum, par trançado blindado etc), dependendo a escolha dependerá sempre da aplicação.

As redes mais comuns que utilizam par trançado são as PABX, utilizadas principalmente em telefonia. Está sendo muito utilizado em redes locais devido a sua grande capacidade de transmissão de dados.

Como já falamos existe basicamente duas categorias bem diferentes de cabos, os blindados e os não blindados. Os blindados são conhecidos como STP (*Shielded Twisted Pairs*) e os não blindados são conhecidos como UTP (*Unshielded Twisted Pairs*). Os cabos UTP se subdividem em 5 categorias a saber, porém a norma EIA-568-A reconhece três categorias da 3 a 5:

Categoria 1 é basicamente utilizada em sistemas de telefonia

Categoria 2 é utilizado em sistemas com baixas taxas de transmissão

Categoria 3 Cabos e *hardware* com características de transmissão típica de 10 Mbps, operando até 16Mhz.

Categoria 4 Cabos e *hardware* com características de transmissão típica de 16 Mbps, operando até 20Mhz.

Categoria 5 Cabos e *hardware* com características de transmissão típica de 100 Mbps, operando até 100Mhz.

A principal diferença entre a categoria 3 e 4 para a 5 é que na 5 cinco os cabos possuem mais voltas por cada unidade de espaço.

Par trançado é o meio de transmissão de menor custo por comprimento. A ligação de nós ao cabo é também extremamente simples, e portanto de baixo custo.



Figura 2.3: Par Trançado

O cabeamento Categoria 5 é o mais popular. Um dos motivos para isso é que a Categoria 5 é, teoricamente, certificada para redes que trabalham a 100 Mbps. A chave aqui é o “teoricamente”. Nem todos os cabos Categoria 5 são certificados. E, infelizmente, os administradores de rede arcam com falhas na rede e nos equipamentos, ou deste fato. Neste tipo de meio físico o conector utilizado é o RJ-45 que possui oito vias.

2.4.2 - Cabo Coaxial

Um cabo coaxial é constituído de um condutor interno circundado por um condutor externo, tendo, entre os condutores, um isolante elétrico, que os separa. O condutor externo é por sua vez circundado por outra camada isolante, ver figura 2.4.

Comparado com o par trançado, o cabo coaxial tem uma imunidade a ruído bem melhor, e menor perda. Quanto ao custo, o cabo coaxial é mais caro do que o par trançado, assim como é mais elevado o custo das interfaces para ligação ao cabo.

Uma classificação dos cabos diz respeito a impedância do cabo que pode ser de 50, 75 ou 93 ohms um só funciona com o mesmo ou seja não podemos misturar dois cabos de tipos diferentes. Uma outra coisa que deve se observar é a composição interna da alma do cabo que deve ser de fio de cobre e não cabo feito de aço, pois dificulta muita o manuseio do mesmo.

Existe basicamente 2 tipos de cabos coaxiais: O coaxial grosso e o coaxial fino, a diferença básica está no alcance de cada cabo. O alcance é o tamanho máximo de um segmento da rede, para coaxial fino o tamanho máximo de um segmento é de 200 metros, para um coaxial grosso o tamanho máximo de 500 metros, a desvantagem do coax grosso para o fino, está nas interface das placas de rede, pois para o grosso o conector é bem mais caro, e o cabo é muito mais difícil de ser manuseado.

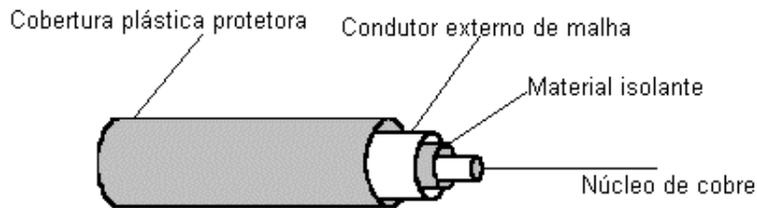


Figura 2.4: Cabo coaxial

Existem problemas, para utilização do cabo coaxial, o primeiro deles é a confecção do conector que não é uma tarefa muito agradável, pois dependendo do tipo de conector, pode ser necessário utilizar solda, existe um outro tipo que o conector é feito utilizando um alicate próprio para isto. Outro problema é mal contato nesse conectores, que é coisa normal de acontecer.

O conector depois de pronto é encaixa em um T, que por sua vez é ligado a estação, outro problema surgiu aqui, com toda a rede ligada no cabo coaxial se um usuário "expert" abrir o barramento ou seja retirar o conector do T, toda a sua rede irá parar no mesmo instante, pior ele pode esquecer como estava ligado, e em vez de ligar no T ligar diretamente na estação, ai você que é o responsável pela rede terá que sair tentando descobrir onde está o problema.

Toda barra, utilizando cabo coaxial, teve ter em cada ponta um coisa chamada *terminador de rede*. Em inglês "terminator".

Outra parte que existe, é um conector chamado I, que server para emendar dois cabos coaxiais.

Este cabo já teve seus dias de glória em redes locais, porém perdeu o trono para o par trançado.

Um detalhe interessante a respeito do cabo coaxial, está relacionado com o conector interno, que pode ser um conector retorcido ou sólido.

O condutor sólido deve ser usado para instalações entre dois gabinetes de cabeamento, ou do gabinete de cabeamento para uma tomada de parede. Um cabo coaxial de condutor sólido não deve ser dobrado, curvado ou torcido repetidamente. Ele é projetado para instalações de cabos horizontais e de backbone. A atenuação é mais baixa que nos cabos de condutores retorcidos.

O cabo retorcido deve ser usado em instalações mais curtas, entre placas de rede e tomadas de paredes, ou entre concentradores e patch panels, hubs e outros equipamentos montados em rack. O cabo de fios retorcidos é muito mais flexível que o cabo de núcleo sólido. A atenuação é mais alta no cabo de fios retorcidos e, portanto, o comprimento total de cabo retorcido no seu sistema deve ser o mínimo possível para reduzir a degradação do sinal no seu sistema.

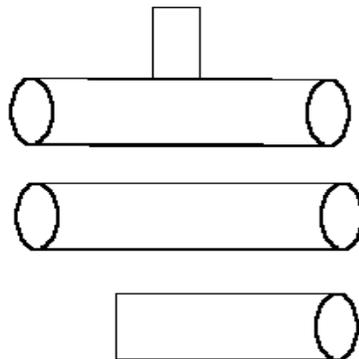


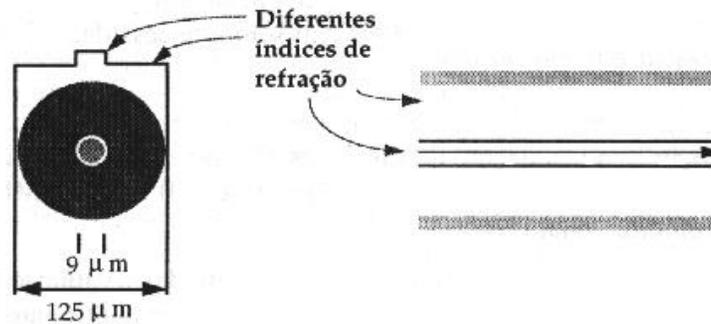
Figura 2.5: Conectores BNC, na sequência T, I e Terminator

2.4.3 - Fibra Ótica

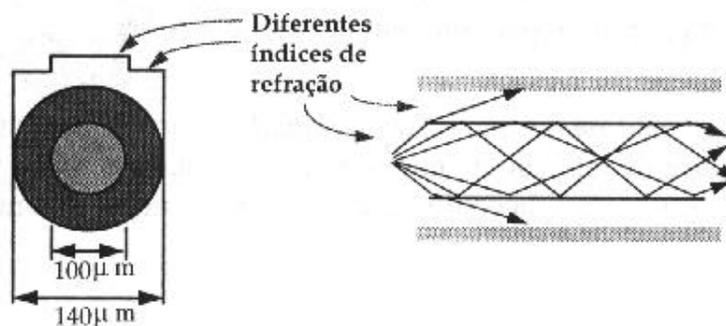
A transmissão em fibra ótica é realizada pelo envio de um sinal de luz codificado, dentro do domínio de frequência do infravermelho, através de um cabo ótico.

O cabo ótico consiste em um filamento de sílica ou plástico, por onde é feita a transmissão da luz. Existem três tipos de fibras óticas: as multimodo degrau, as multimodo com índice gradual e as monomodo.

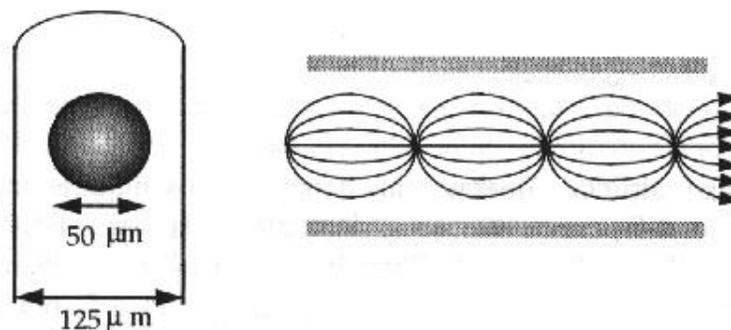
Fibra Monomodo



Fibra Multimodo Degrau



Fibra Multimodo Gradual



Uma medida padrão da fibra diz respeito, ao núcleo e a casca da fibra normalmente se fala 100/140 o que quer dizer núcleo 100 e casca 140 como mostra a figura 2.6.

Uma das maiores vantagens da fibra, consiste no isolamento elétrico entre as partes conectadas, já que não utilizamos para transferência energia elétrica e sim a luz, outra vantagem que não tem igual é a capacidade

para transportar grandes velocidades de transmissão algo em torno de 2 Gbps ou mais. Outro fator muito importante é a taxa de erro, que está na faixa de 10^{-12} .

Uma desvantagem ainda existem é o alto custo relacionado a instalação de uma ligação baseada em fibra pois o custo por metro da fibra ainda é elevado, comparado com os outros meios, e os equipamentos nas pontas da ligação também tem um custo alto, pois como já foi mencionado o que estamos transmitindo não é energia elétrica e sim luz, e como os equipamentos todos ainda trabalham utilizando como sinal a energia elétrica, precisamos converter a energia em luz e depois novamente em sinal elétrico, estes equipamentos tem uma tecnologia bastante avançada o que implica em preço alto.

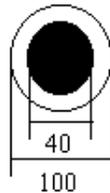


Figura 2.6:- Fibra Ótica

2.5 - Discriminação das Interfaces

A maioria dos equipamentos digitais trabalham com sinais digitais que só podem ser transmitidos a distâncias muito pequenas. Quando se precisa de uma comunicação a distâncias maiores faz-se necessário usar um esquema como o mostrado na figura 2.7.

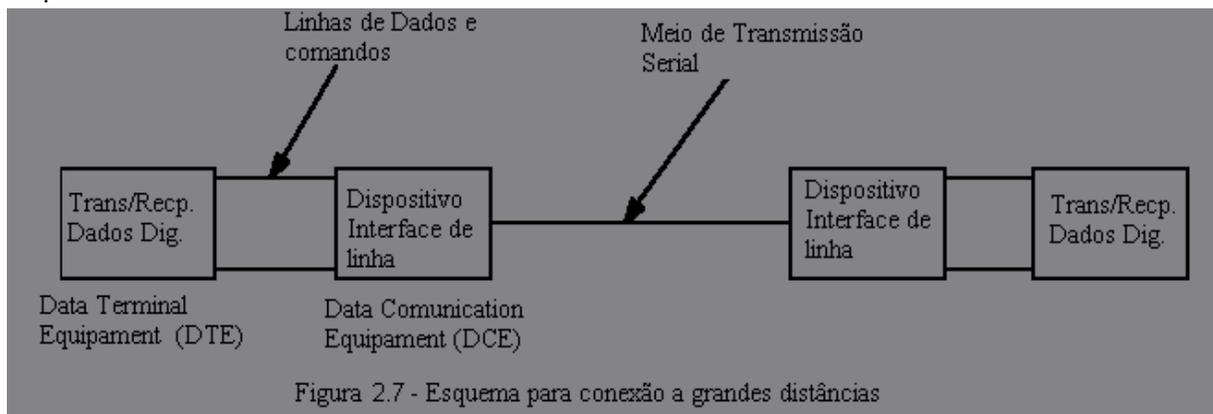


Figura 2.7 - Esquema para conexão a grandes distâncias

Os transmissores/receptores de dados digitais, geralmente terminais e computadores, são chamados de DTE. Os dispositivos de interface de linha, geralmente os modems, são chamados DCE.

De modo a facilitar a interconexão DTE-DCE, vários padrões de interface de nível físico foram criados. Uma interface de nível físico possui 4 características importantes:

- Mecânica: diz respeito entre a conexão física entre DTE -DCE (basicamente o tipo de conector)
- Elétrica: níveis de tensão.
- Funcional: especifica as funções que são desempenhadas, designando significado aos vários circuitos. As funções podem ser classificadas em dado, controle, temporização e aterramento.
- Procedural: especifica a seqüência de eventos para a transmissão de dados, baseada nas características funcionais da interface.

2.6 - Algumas Interfaces

RS-232-C

- O padrão de interface mais comuns que existe é o 232, criado pela *Electronic Industries Association* (EIA). O padrão RS-232 surgiu em 1962 e a sua terceira edição, RS-232-C, foi publicada em 1969. A padronização EIA RS-232-C é equivalente a recomendação V.24 do ITU-T.

- A especificação mecânica do RS-232-C adota um conector de 25 pinos chamado DB-25 com largura de 47,04 + 0,13 mm. A fila superior tem pinos numerados de 1 a 13 (da esquerda para a direita); a fila inferior tem pinos numerados de 14 a 25 (também da esquerda para a direita) O DTE possui um conector macho e o DCE um conector fêmea na outra. Isto evita que se ligue dois DTEs por meio deste cabo pois, como veremos mais a frente, não funcionaria. O RS-232-C também usa o conector de 9 pinos DB-9, porém este conector permite apenas a ligação assíncrona.

- O RS-232-C está capacitado para taxas de sinalização de até 20 Kbps numa distância menor que 15 metros. A voltagem mais negativa do que -3 volts é um 1 binário e uma voltagem mais positiva do que +4 volts é um 0 binário.

EIA-232-D

O padrão EIA-232-D foi introduzido em 1987. Ele é compatível com o RS-232-C e apresenta as seguintes diferenças:

- Define e especifica um conector DB-25 que não era especificado no RS-232 (figura 2.8).
- Apresenta três circuitos adicionais para testes de modems.

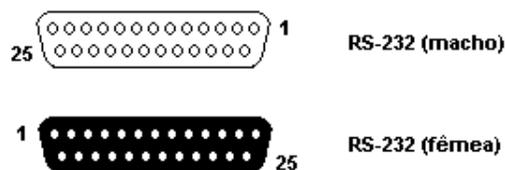


Figura 2.8 - Conector DB-25

RS-449

- RS-449 define interfaces funcionais/mecânicas para DTEs/DCEs que empregam intercâmbio de dados binários seriais e é utilizado geralmente com transmissões assíncronas. Ele identifica os sinais (TD, RD, etc) que correspondem aos números dos pinos para uma interface balanceada em conectores DB37 e DB9. O RS-449 foi originalmente projetado para substituir o RS-232C, mas o RS-232 e o RS-449 são completamente incompatíveis elétricas e mecânicas.

RS-530

- RS-530 ultrapassa o RS-449 e complementa o RS-232. Com base em uma conexão de 25 pinos, ele trabalha em conjunto com uma interface elétrica RS-422 (circuito elétrico balanceado), quanto com RS-423 (circuitos elétricos não-balanceados). O RS-530 define as interfaces mecânicas e elétrica entre DTEs e DCEs que transmitem dados binários seriais, sejam síncronos ou assíncronos. O RS-530 fornece um meio de obter vantagem de altas taxas de dados com o mesmo conector mecânico utilizado pelo RS-232. Entretanto, o RS-530 e o RS-232 não são compatíveis!

- O RS-530 acomoda taxas de transmissão de dados de 20 Kbps para 2 Mbps; a distância máxima depende da interface elétrica que está sendo utilizada. O RS-530 é compatível com estes padrões: ITU V.10, V.11, X26; MIL-188/114; RS-449.

RS-422

- RS-422 define uma interface balanceada sem nenhum conector físico que a acompanhe. Os fornecedores que aderiram a este padrão utilizam muitos conectores diferentes, incluindo parafusos terminais, DB9, DB25 com pinagem não-padrão, DB25 seguindo o RS-530, e DB37 seguindo o RS-449. O RS-422 é muito utilizado em comunicações ponto a ponto, conduzidas com um *driver* de estado duplo. As transmissões podem ir a longas distâncias e altas velocidades.

RS-485

- RS-485 lembra o RS-422, exceto pelo fato de que os drivers associados são de estado triplo, e não de estado duplo. Ele pode ser utilizado em aplicações multiponto, em que um computador central controla muitos dispositivos diferentes. Até 64 dispositivos podem ser interligados com RS-485.

V.35

O V.35 é um padrão internacional denominado "Transmissão de Dados em 48 Kbps Utilizando Circuitos *Group Band* de 60-108 KHz." Ele é comumente usado para DTEs e DCEs que fazem a interface com uma portadora digital de alta velocidade, tal como AT&T *Dataphone Digital Services* (DDS).

2.7 - Conectores SCSI

Existem três tipos básicos de conectores SCSI o 1, 2 e 3

- SCSI-1 o padrão SCSI foi aprovado em 1986. Ele suporta taxas de transferência de até 5 Mbps e 7 dispositivos SCSI em um barramento de 8 bits. Os conectores SCSI-1 mais comuns são o **Centronics 50** ou o **Telco**.

- SCSI-2, aprovado em 1994, o SCSI-2 introduziu os barramentos opcionais de 16 e 32 bits "*Wide SCSI*". A taxa de transferência, normalmente de 10 Mbps, pode ir até 40 Mbps quando combinada com *Fast e Wide SCSI*. O SCSI-2 comumente usa um conector MicroD de 50 pinos com prendedores manuais. Também conhecido como Mini 50 ou Micro DB50.

- SCSI-3 encontrado em muitos dos sistemas mais modernos, o SCSI-3 comumente usa um conector MicroD de 68 pinos com parafusos manuais de fixação.

A largura de barramento mais comum para SCSI-3 é 16 bits, com taxas de transferência de 20 Mbps. Protocolos de barramento serial e canal de fibra estão em desenvolvimento. Também conhecido por Mini 68.

2.8 - Outros Meios de Transmissão

Além dos três meios de transmissão já mencionados, existem outros meios de transmissão, embora menos utilizados em redes locais. Um destes meios é radiodifusão.

Os custos desta tecnologia ainda são um pouco alto. Seu emprego é particularmente importante para comunicações entre computadores em um ambiente de rede local móvel.

Radiação infravermelha e microondas são outros meios possíveis de comunicação, mas raramente utilizados em redes locais.

Estes meios entram como os meios físicos não-guiados.

2.9 - Exercícios

1 - O que é taxa de transmissão?

2 - Quais tipos de ruídos existentes, como funciona cada um dos tipos?

3 - Qual a diferença de cabo para fio?

4 - Quais as características que podem diferenciar os meios de transmissão?

5 - Quais os três meios mais comuns para utilizarmos?

6 - Cite vantagens e desvantagens do par trançado. Quais os tipos de par trançado que existem atualmente. Quais categorias, e qual taxa cada um é mais indicado?

7 - Cite vantagens e desvantagens do cabo coaxial. Cite vantagens e desvantagens da fibra ótica.

CAPÍTULO 3 - MODULAÇÃO

A necessidade de se modular um sinal, surgiu devido a utilização das redes analógicas que eram projetadas para trafegar sinais analógicos, todos os equipamentos eram para sinais analógicos, estamos falando da rede telefônica convencional, sabendo que o sinal gerado pelos computadores são digitais surgiu um problema, que era a emissão do sinal digital pelas redes analógicas tradicionais, isto é o que veremos neste capítulo.

3.1 - Introdução

Modulação é definida como sendo o processo de combinar um sinal de entrada, aqui entra nosso sinal digital também conhecido como onda quadrada, com uma onda denominada portadora que irá produzir um sinal final, o processo inverso, no qual a informação é retirada da onda portadora é chamado demodulação. Toda técnica de modulação envolve operação em pelo menos um dos três parâmetros fundamentais da onda:

- Amplitude
- Frequência
- Fase

A partir de agora você terá que estar familiarizado com um conceito chamado frequência da onda, frequência é a velocidade com que a onda vibra, seria como a velocidade de um carro.

Outra coisa importante é que um sinal que varia no tempo é conhecido como 'sinal(t)'.

Se o sinal que queremos transmitir, $m(t)$, for colocado no meio de transmissão sem nenhuma alteração (sem combinar com a portadora), então temos uma sinalização banda-básica. Como exemplo de sinalização banda-básica, podemos citar a transmissão analógica entre um microfone e um amplificador. O sinal analógico resultante da vibração sonora captada pelo microfone é simplesmente enviado ao amplificador sem nenhuma modificação.

A sinalização banda-básica apresenta a vantagem de não precisar de circuitos especiais para transladar o sinal original na frequência. No entanto não apresenta bom desempenho nas transmissões a longa distâncias.

Na sinalização (transmissão de um sinal) banda-larga o sinal que queremos transmitir é modulado ou seja é modificado para depois ser transmitido.

Como exemplo de sinalização banda-larga, podemos citar a transmissão de rádio, onde o sinal de voz é alterado para a frequência da portadora da rádio para depois ser recuperado na estação receptora (o seu radinho de pilha).

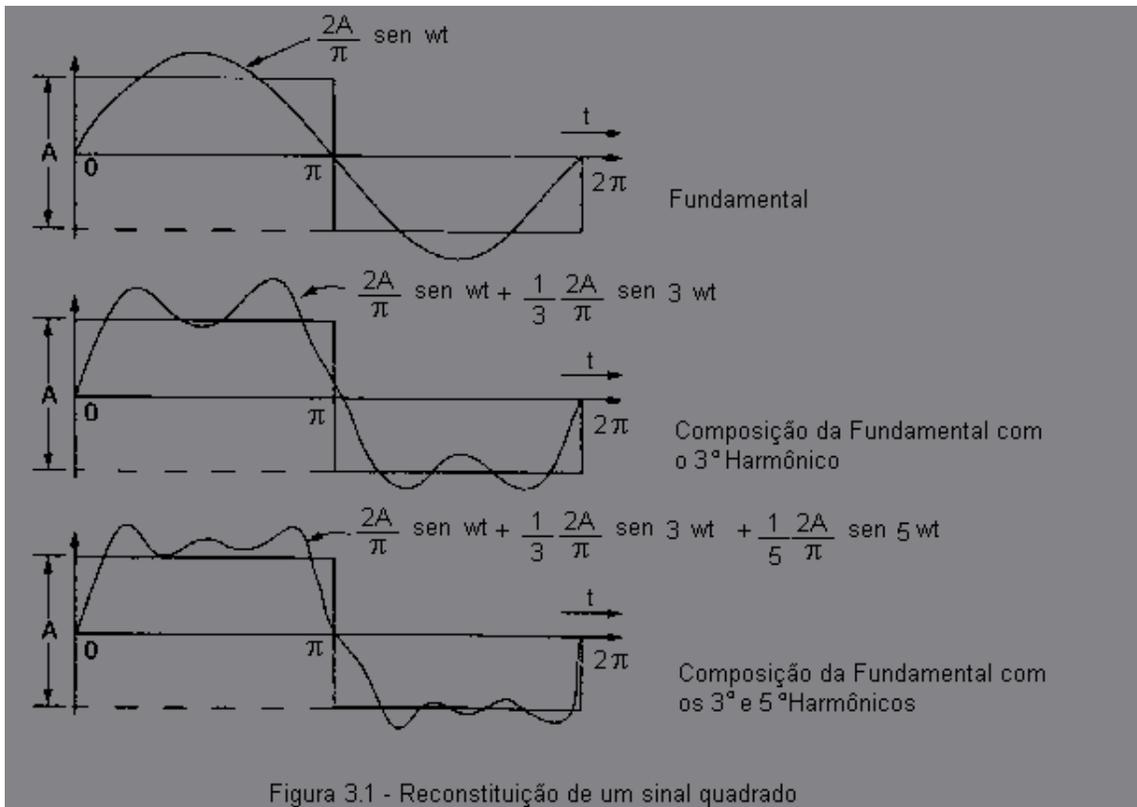
3.2 - Modens

Os modens são os aparelhos na nossa rede que farão a modulação e a demodulação do sinal transmitido, seu nome teve origem da contração de modulador e demodulador.

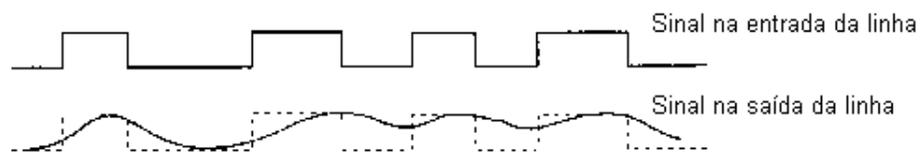
Os sinais digitais podem ser estudados como se fossem um sinal quadrado. Através da "Série de Fourier", é possível reconstruir um sinal quadrado a partir da correspondente senóide fundamental. Ao incluirmos as frequências harmônicas de ordem ímpar, o sinal reconstruído aproxima-se cada vez mais do sinal quadrado original. A figura 3.1 ilustra a reconstrução de um sinal quadrado a partir da senóide fundamental e suas harmônicas ímpares até a 5ª ordem.

Assim sendo, na transmissão digital entre dois pontos, deveríamos ter um meio de transmissão com largura de faixa (banda passante) infinita, para que o sinal digital transmitido fosse recebido sem nenhuma distorção.

Os meios de comunicação mais utilizados no momento são as linhas telefônicas, sistemas rádio, microondas. Tais meios foram projetados para transmitir frequências da voz humana, sendo que estes sinais são analógicos, pois a voz é um sinal complexo e a sua energia está distribuída de modo não uniforme em uma faixa de frequência de 15 Hz a 1500 Hz aproximadamente. Por questões de economia, foi escolhida a faixa de voz entre 300 a 3400 Hz, para a construção das linhas telefônicas, o que garante 85% da inteligibilidade (palavras bem compreendidas numa conversação) e 68% de energia da voz humana. A largura de faixa de um canal multiplex (equipamentos de telecomunicações) é de 400Hz, sendo que as extremidades (0 a 300 Hz e 3400 a 4000 Hz) são utilizadas como banda de guarda para evitar a interferência entre os sinais que fluem em canais vizinhos.



Se injetarmos em uma linha telefônica os sinais binários oriundos de um ETD (computador/terminal), obteremos na outra ponta um sinal distorcido, no qual as transições se mostram bem atenuadas, que poderá ser mal interpretado pelo equipamento de recepção, que terá eventualmente dificuldades de distinguir entre os níveis 0 e 1. A distorção será tanto maior quanto mais estreita for a largura de faixa da linha, pois as componentes de altíssima frequência serão brutalmente atenuadas ao passarem pela linha, sendo virtualmente inexistentes na saída.



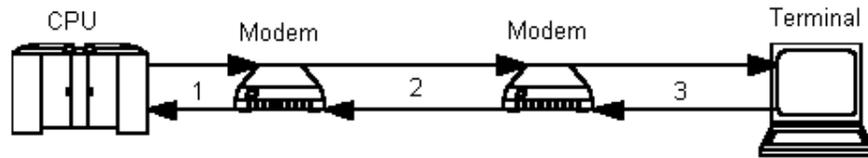
3.3 - Conceito de Modem

O modem, como já foi dito é formado pela contração das palavras Modulador e Demodulador, é um equipamento bidirecional que, instalado nas duas extremidades de um canal de comunicação de dados, tem por função adequar um sinal binário oriundo de um computador às características da linha.

Este equipamento executa uma transformação, por modulação (modem analógico) ou codificação (modem digital), dos sinais digitais emitidos pelo computador, gerando sinais analógicos adequados à transmissão sobre uma linha telefônica. No destino, um equipamento igual a este demodula (modem analógico) ou decodifica (modem digital) a informação, entregando o sinal digital restaurado ao equipamento terminal a ele associado.

Na prática, os sinais, no seu formato digital normal, podem ser transmitidos por cabo comum a uma distância de no máximo 15 metros. Além deste limite, o índice de erros pode ser tornar extremamente elevado, exigindo o uso de modems para resolver o problema.

Existem no mercado dois tipos de modems: os ANALÓGICOS e os DIGITAIS ou banda base.



1) SINAIS DIGITAIS

2) SINAIS ANALÓGICOS (MEIO DE TRANSMISSÃO)

Figura 3.3 - Uso de Modem

3.4 - Modems Analógicos

São os equipamentos que realizam o processo de MODULAÇÃO para que os sinais digitais possam trafegar pelo meio telefônico.

Os modems tem sempre duas interfaces, uma que entra o sinal que vai ser modulado e a outra que sai o sinal que foi modulado.

Na interface de entrada, dependendo do modem pode ser colocado um sinal digital ou um sinal analógico.

3.4.1 - Modulação Analógica-Analógica

Existem duas razões para se modular um sinal analógico transformando-o num outro sinal analógico. São elas:

- Uma frequência maior pode ser necessária para tornar a transmissão viável. Um fato importante a considerar é que o tamanho de uma antena é da ordem de $\frac{1}{4}$ do comprimento de onda do sinal.
- A modulação permite a multiplexação por divisão na frequência, ou seja, num único meio de transmissão pode-se transmitir vários sinais, desde que em frequências diferentes.

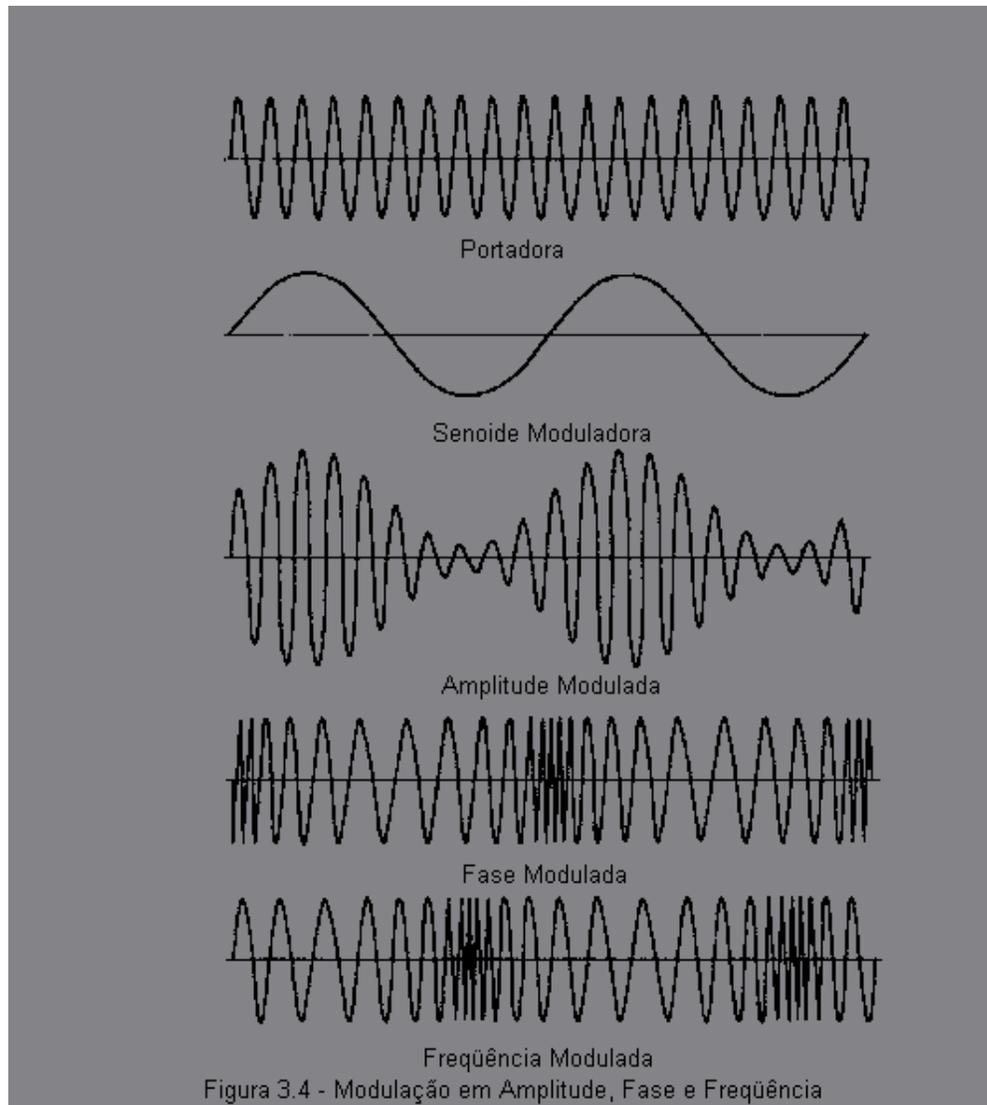
Existem três formas principais de modulação ana-ana, que são modulação em amplitude (AM - *Amplitude Modulation*), modulação em frequência (FM - *Frequency Modulation*) e modulação em fase (PM - *Phase Modulation*).

3.4.2 - Modulação Digital-Analógica

Todas as técnicas de modulação envolvem o deslocamento do sinal modulador (que pode ser analógico ou digital) de sua faixa de frequência original para a faixa da portadora. Este é o caso onde iremos enviar um sinal digital por uma rede pública analógica. No caso específico do sinal modulador ser digital, as técnicas de modulação tomam as seguintes denominações:

- Modulação por chaveamento de amplitude (ASK - *Amplitude Shift Keying*)
- Modulação por chaveamento de frequência (FSK - *Frequency Shift Keying*)
- Modulação por chaveamento de Fase (PSK - *Phase Shift Keying*)

A figura 3.5 ilustra essas técnicas. Em todos os casos, o sinal resultante ocupa a largura de banda centrada na frequência da portadora.



Na técnica ASK, a amplitude do sinal resultante da modulação varia de acordo com a amplitude do sinal que se quer modular, mantendo-se a frequência da onda portadora. A técnica ASK é utilizada para transmitir dados digitais sobre fibra ótica.

Na técnica FSK, mantém-se a amplitude da portadora. O que varia é a frequência de acordo com o sinal transmitido. No caso de comunicação de dados, quando se deseja enviar o bit "1" (marca), transmite-se a própria portadora sem alterar sua frequência. Para o bit "0" (espaço), a frequência da portadora é alterada para uma frequência mais alta.

Por último, na técnica PSK, a transmissão do sinal é identificada por modificações na fase da onda transmitida. Amplitude e frequência da onda portadora são mantidas. O sinal PSK ilustrado na figura 3.5 corresponde a uma codificação que utiliza uma mudança de fase de 180° em relação ao intervalo anterior caso o bit transmitido seja 1, e nenhuma modificação de fase (ou modificação de 0° , se preferirmos) se o bit for 0.

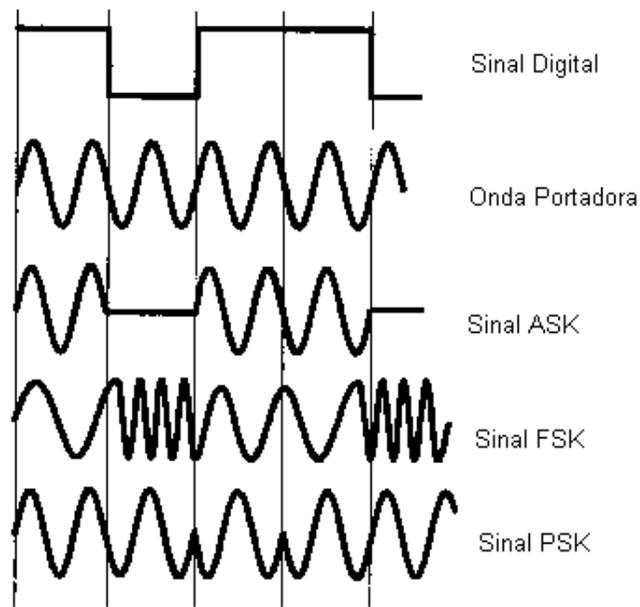


Figura 3.5 - Técnicas de Modulação dig-ana

Existe também as modulações DPSK e QAM, que são mais utilizadas em comunicação de dados que correspondem a variações das técnicas básicas.

Na modulação DPSK (*Differential Phase-Shift Keying* - Modulação por Desvio de Fase Diferencial), que é uma variante da PSK, associa-se a cada bit uma mudança ou não da fase, ou seja, um (1) pode ser representado por um sinal de mesma fase que o anterior, enquanto que o (0) pode ser representado por um sinal defasado de 180° do sinal precedente, na figura 3.6 pode ser visto isto.

O QAM vai ser visto após técnicas de multinível.

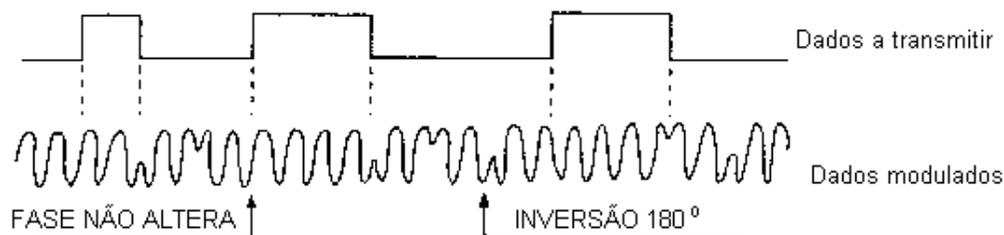


Figura 3.6 - Modulação DPSK

3.5 - Modems Digitais

São equipamentos que realizam uma codificação no sinal digital visando adequá-lo à transmissão em uma linha física. A codificação é uma mudança na representação do sinal digital, transformando o próprio sinal digital oriundo do ETD em um outro sinal mais adequado às condições da linha.

Rigorosamente, esse tipo de equipamento não deveria ser chamado de modem, uma vez que não realiza a modulação/demodulação do sinal digital. Os modems digitais são também conhecidos como modem banda base.

Considerando que a faixa de frequência disponível nos meios de transmissão geralmente é limitada, esse sinal digital codificado sofre bastante distorção ao se propagar pelo meio. Isso obriga ao uso desses modems digitais apenas em distâncias curtas (alguns Km) e com linhas de boa qualidade, sem pupinização e dispositivos eletrônicos (linhas tipo "B").

Uma das vantagens de se usar um modem digital é que, pelo fato de apenas realizar a codificação do sinal, ele é mais simples a nível de circuitos, tornando o seu preço mais acessível que os modems analógicos.

As diversas técnicas de codificação do sinal digital procuram gerar o sinal codificado com muitas transições, a fim de facilitar a recuperação do sincronismo no modem receptor. Além disso, procura-se concentrar o espectro de transmissão do sinal codificado dentro de uma faixa de frequência com pouca componente DC.

3.5.1 - Codificações Digitais

Existem várias técnicas de codificação iremos falar de algumas mais usadas. Codificação AMI (*Alternate Mark Inversion - Inversão Alternada de Marcas*), Codificação HDB-3 (*High Density Bipolar With 3 zero maximum tolerance*), esta codificação não permite uma seqüência com mais de 4 zeros eliminando os problemas de aparecimento do nível DC e da falta de transições para recuperação do sinal do relógio a última é conhecida como codificação Miller este código apresenta boa imunidade a ruído.

Códigos NRZ (Não Retorno a Zero), o nível do sinal codificado não muda no meio do dígito. Há três versões do código NRZ: NRZ-L (level), NRZ-M (mark) e NRZ-S (space).

Códigos Bipolares, essa categoria de codificação supre algumas deficiências dos códigos NRZ. Dois exemplos são o código AMI e o Pseudoternário.

Codificação Bifase, trata-se de outra técnica que resolve as limitações dos códigos NRZ. Os exemplos mais comuns são o código Manchester e o Manchester diferencial. Esses códigos exibem largura de faixa superiores ao NRZ, devido à quantidade de transições, porém facilitam a recuperação do relógio, não apresentam componente dc e permitem a detecção de erros mais facilmente. As técnicas de codificação bifase tem sido aplicadas eficientemente em redes locais.

Codificação HDB3 e B8ZS, são métodos usados para contornar o problema de obtenção do relógio na codificação AMI, quando ocorrem longas seqüências de 0's. Para tal utilizam recursos de "violação", ou seja, cada vez que é detectada uma seqüência de determinado comprimento de zeros, substitui-se por outra seqüência padronizada. No receptor, a seqüência padronizada é identificada e trocada pela seqüência original.

3.5.2 - Alcance dos Modems Digitais

O alcance dos modems digitais diminui conforme aumenta a velocidade de transmissão (bps), sendo esta uma das características mais importantes em um modem digital.

Define-se alcance de um modem digital como sendo a distância máxima em que ele consegue funcionar mantendo a taxa de erro abaixo de um valor predeterminado.

Na tabela 3.1 mostramos um exemplo de característica de um modem em função da velocidade.

VELOCIDADE (bps)	1200	2400	4800	9600	19200
ALCANCE (Km)	30	18	13	9	6

Tabela 3.1 - Exemplo de variação do alcance em função da distância.

3.5.3 - Modulação Digital

O sinal elétrico em banda base utilizado para a transmissão dos bits de informação, gerados por um equipamento terminal de dados é formado por pulsos. A figura 3.7 mostra dois exemplos de sinal binário produzido. No primeiro exemplo tem-se um sinal unipolar (desbalanceado), ou seja, os elementos do sinal são todos positivos ou negativos. No segundo exemplo, um estado lógico é representado por um nível de voltagem positivo e o outro por um nível negativo, constituindo um sinal polar (balanceado).

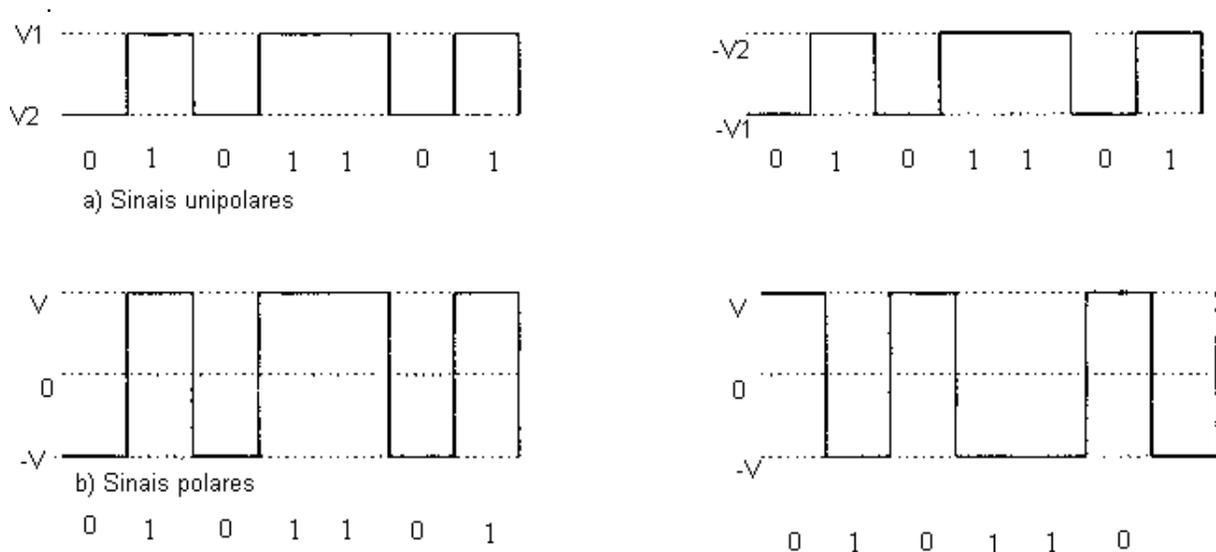


Figura 3.7 - Sinais Digitais na Forma Binária

A transmissão de um sinal digital em banda básica poderia causar sérios problemas quando uma longa seqüência de bits "0" ou "1" fosse transmitida num canal digital. Estes problemas são:

- Nível DC diferente de zero
- Perda de sincronismo causada pelas diferenças dos relógios de transmissor e receptor.

A modulação Dig-Dig é na realidade uma codificação dos sinais.

3.6 - Técnicas Multi-nível

Até o exposto no momento, verificamos que, para cada bit que desejamos transmitir, a portadora sofre uma mudança em uma de suas características, ou seja, um bit (0 ou 1) provoca um estado na portadora. Esta técnica denomina-se MONO-BIT.

A técnica DIBIT consiste em imprimir à onda portadora a informação de dois bits ao mesmo tempo. Desta forma, para cada variação da portadora, transmitem-se dois bits. Consideremos o exemplo em que, para cada conjunto de dois bits possíveis, altera-se o ângulo da portadora em 90° . Assim, poderemos ter a tabela 3.2.

Dibit	Fase da Portadora	
	Alternativa "A"	Alternativa "B"
0 0	0°	45°
0 1	90°	135°
1 1	180°	225°
1 0	270°	315°

Tabela 3.2 - Configurações Dibit.

O modem dividirá o "trem de bits" recebido do terminal em conjuntos de dois bits e aplicará o ângulo segundo a codificação desejada.

A figura 3.8 apresenta o sinal na linha para ambas as alternativas.

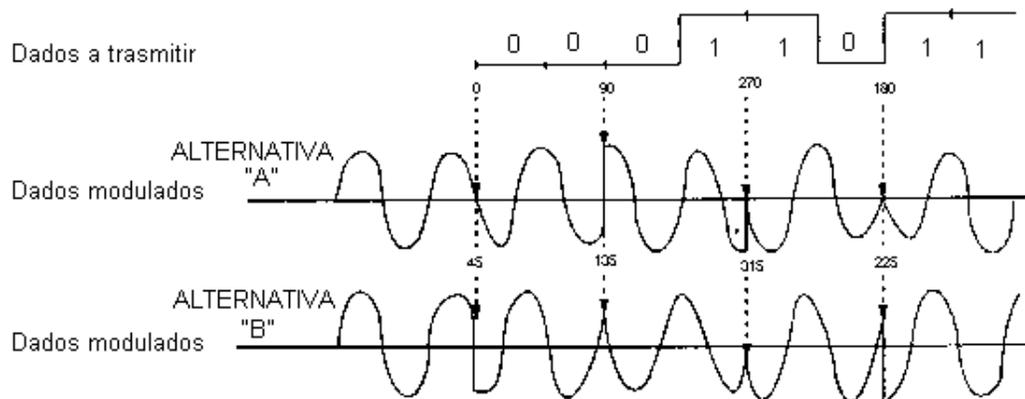


Figura 3.8 - Modulação DIBIT

A técnica TRIBIT provoca uma mudança no ângulo da portadora para cada três bits que se deseja transmitir, conforme é mostrado na tabela 3.3.

TRIBIT			Mudança de Fase
0	0	1	0°
0	0	0	45°
0	1	0	90°
0	1	1	135°
1	1	1	180°
1	1	0	225°
1	0	0	270°
1	0	1	315°

Tabela 3.3 - Configuração Tribit

As modalidades DIBIT e TRIBIT foram padronizadas pelo CCITT para serem utilizadas em modulação por fase, assim, encontramos DPSK-4 e DPSK-8, respectivamente.

3.7 - Modulação QAM

A modulação QAM (*Quadrature Amplitude Modulation* - Modulação por Amplitude em Quadratura) é um sistema otimizado de modulação, que modifica simultaneamente duas características da portadora: sua amplitude e sua fase. Com isso, obtêm-se grande rendimento e grande performance nas altas velocidades.

Para cada grupo de quatro bits (TETRABIT), a portadora assume um valor de amplitude e fase, conforme a tabela 4, ela gera também uma figura chamada constelação de símbolos, que é mostrada na figura 3.9.

Combinações	Amplitude	Fase
0001	3	0°
0000	2	45°
0010	3	90°
0011	2	135°
0111	3	180°
0110	2	225°
0100	3	270°
0101	2	315°
1101	3 2	315°
1100	5	270°
1110	3 2	225°

1111	5	180°
1011	3 2	135°
1010	5	90°
1000	3 2	45°
1001	5	0°

Tabela 3.4 - Tabela da QAM.

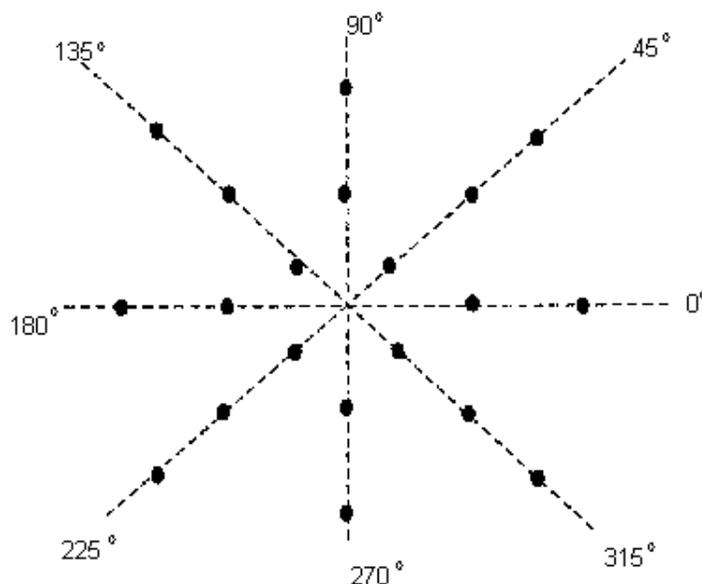


Figura 3.9 -Constelação de Símbolos

3.8 - Modulação Analógica-Digital (Técnicas de Pulso)

O processo de conversão do sinal analógico em digital não é na realidade uma modulação e sim uma *digitalização*. O dispositivo usado para converter um sinal analógico em digital para a transmissão, e a subsequente recuperação do sinal analógico a partir do sinal digital é chamado codec (codificador/decodificador).

3.9 - Fatores que Determinam a Escolha de um Modem

Aplicação do usuário

- Modo de operação *Half* ou *Full-Duplex*

- Ritmo de transmissão síncrono ou assíncrono

- Velocidade de operação em bps

Meio de transmissão

Tipo de transmissão

- Digital ou Analógica

- Disponibilidade de modems em estoque

- Infra-estrutura (bastidores) ou outros modelos de modems já existentes no local

- Custo

- Manutenção especializada

- Documentação técnica fornecida pelo fabricante

3.10 - Padrões

No caso dos modems, existem muitos padrões industriais, formalizados por comitês internacionais, assim como a associação dos fabricantes dos E.U.A.. Estes padrões definem questões de compatibilidade dos modems, tais como velocidade de dados, média de transmissões, controle de erros, etc. Cada padrão é único, e cada um deve ser considerado antes de comprar um modem. As seguintes descrições técnicas de padrões aceitos pelas indústrias para a transmissão de dados via modem fornecerão toda a informação necessária para que você selecione o modem adequado para sua aplicação de computador.

A CCITT (*Consultive Committee for International Telephone and Telegraph* - Comitê Consultivo para Telefonía e Telegrafia Internacional) é uma associação internacional que tem ajudado a estabelecer os padrões da comunicação a nível mundial. Foi recentemente substituída pela ITU (*International Telegraph Union* - União Telegráfica Internacional). Seus padrões são prefaciados pela letra "V" e incluem os seguintes:

V.22, V.22 bis - Transmissão de dados síncrona/assíncrona, operações full duplex, sobre dois fios dedicados ou de discagem; taxa de transmissão de dados de 1.200 bps (V.22 bis, 2.400 e 1.200 bps). Pequenos usuários podem eliminar a despesa de um acesso dedicado e usar os modems V.22 acoplados a linhas telefônicas de discagem. Mesmo que venham a usar uma linha dedicada, poderão usar este mesmo modem.

V.25, V.25 bis - Proporciona discagem automática e circuitação de resposta para uso em linhas de discagem direta. O V.25 define uma interface paralela de discagem; o V.25 bis define uma interface serial de discagem. Estes padrões permitem que qualquer computador, síncrono ou assíncrono, execute funções de auto-discagem com um modem no padrões V.25.

V.32 - Transmissão de dados síncrona/assíncrona, operação *full-duplex* sobre discagem direta de 2 fios, ou de linhas dedicadas de 2/4 fios. Taxa de transmissão de dados de 9.600 bps (alternância para 4.800 bps). A recomendação V.32 é o primeiro padrão universal para modems de 9.600 bps, em linhas telefônicas dedicadas ou de discagem. Os modelos nos padrões V.32 são os de padrão industrial para redes de alta velocidade. Uma modulação trelliscodificada permite maior velocidade de dados e reduz erros. Os dados podem ser enviados sobre linhas normais de discagem - bem mais baratas do que linhas dedicadas. E os modems padrão V.32 funcionarão em qualquer parte do mundo. Qualquer ramo de atividade, pequeno ou grande, que lide com grandes quantidades de dados a transferir, ou grandes arquivos de dados poderão se beneficiar da tecnologia V.32 para uma rápida e precisa transmissão de dados.

V.32 bis - Transmissão de dados síncrona/assíncrona, operação full-duplex sobre linhas dedicadas ou de discagem sobre dois fios: 14.400, 12.000, 9.600, 7.200, 4.800 bps de taxa de transmissão de dados. Possui duas vantagens sobre o V.32. Primeira, um modem, V.32 bis transmite dados com maior rapidez - até 14.400 bps. Segunda, o V.32 bis redefine as negociações sobre modems (*training* e *retraining*). **Training** é o procedimento que dois modems usam para fazer a conexão. "Discutem" e "Concordam" sobre a taxa de transmissão de dados. **Retraining** é a negociação subsequente à troca de dados: muitos modems "concordam" em reduzir a transmissão para sobrepuem-se ao ruído da linha ambiente. O *retraining* é ativado pelo ruído de linha. Após um *retraining* de modems, a transferência de dados será resumida. O V.32 também proporciona um novo procedimento, chamado *fastrain*, que permite que o modem caia para uma velocidade menor, ou suba para uma velocidade maior. Quando dois modems V.32 bis fazem um *fastrain*, eles param, determinam que podem correr mais, e aumentam a velocidade em alguns milésimos de segundos. Uma vantagem do V.32 bis sobre o V.33 (veja abaixo): com o V.33 você pode enviar dados síncronos a 14.400 bps, sobre uma linha dedicada de 4 fios, mas com o V.32 bis você pode fazer o mesmo em uma linha de discagem sobre 2 fios - muito mais barata do que a dedicada.

V.33 - Transmissão de dados assíncrona, operação *full-duplex*, sobre linhas dedicadas de 4 fios. Taxa de transmissão de dados de 14.400 ou 12.000 bps. Um modem padrão V.33 usa a mesma técnica de modulação de sinal usada pelos modems V.32, mas você fica restrito ao uso de linhas dedicadas de 4 fios. Se sua rede requer alta velocidade de transmissão de dados (como os ambientes de muitos IBMs e outros supercomputadores), escolha um modem V.33.

V.34 - Transmissão de dados síncrona/assíncrona, operação *full-duplex*, sobre dial de dois fios, e linhas dedicadas com queda automática para os modems compatíveis menos potentes, tais como V.32 bis, V.32 e V.22 bis. O V.34 suporta velocidades de 2,4 Kbps a 28,8 Kbps.

V.13 - Proporciona controle *half-duplex* simulado (*switched-carrier*). Os modems padrão V.32 e V.33 que suportam o V.13 podem ser usados em ambientes síncronos IBM RJE, assim estas redes podem tirar proveito da tecnologia V.32/V.33.

3.11 - Protocolos para Correção de Erros e Compressão de Dados.

Correção de erros e compressão de dados assegura transferência de dados precisa e veloz. Os protocolos são empregados durante a troca de dados entre os dois modems. Os seguintes protocolos são os mais amplamente utilizados nos modems atuais:

MNP de Níveis 1-4 - Protocolo de Rede da Microcom (*Microcom Networking Protocol* - MNP), desenvolvido pela Microcom System, Inc., permite uma transmissão de dados assíncrona sem erros. Apesar de o MNP ser proprietário, ele se tornou um padrão industrial na década de 80, porque os usuários o requisitaram dos fabricantes. Ambos os modems em uma conexão devem utilizar o mesmo protocolo MNP.

MNP de Nível 5 - Incorpora os primeiros quatro níveis e também aplica algoritmos de compressão de dados. Ele "comprime" dados a uma taxa de 2:1. Assim, é possível dobrar o volume de dados que você pode enviar com a velocidade máxima de transmissão de um modem. Por exemplo, modems que transmitem dados em 4.800 bps podem enviar, com MNP de nível 5, uma quantidade de dados equivalente a 9.600 bps sem compressão.

V.42, V.42 bis - Estes protocolos de "série V" são padrões internacionalmente reconhecidos para controle de erros e compressão de dados. V.42 é a recomendação da ITU para controle de erros; ele contém dois algoritmos (LAPM, ou Link Access Protocol, e MNP 1-4). Quando dois modems concordantes com o padrão V.42 estabelecem uma conexão, utilizam LAPM para controlar os erros dos dados e retransmitir blocos de dados "ruins". Se um modem suporta V.42 e o outro suporta apenas MNP, então os dois realizam uma negociação para utilizar o protocolo MNP. Em ambos os casos, o processo de controle de erros é automático e não requer nenhuma ação especial do usuário ou programas de *software*. O V.42 bis corresponde aproximadamente ao MNP de Nível 5. A diferença é a quantidade de dados comprimidos: o V.42 pode gerar normalmente uma taxa de compressão de dados de 4:1 dependendo do tipo de arquivo transmitido.

3.12 - Taxa de Sinalização

Taxa de sinalização de linha refere-se ao número de vezes que a linha de comunicação é sinalizada, medida em BAUDS.

Quando um bit (0 ou 1) provoca uma alteração na portadora, temos uma correspondência única entre bps e bauds (técnica monobit).

Quando um conjunto de bits provocam uma única alteração na portadora (técnicas multiníveis), já não temos correspondência 1:1 entre bps e bauds. No caso da técnica DIBIT, cada dois bits provocam uma alteração na portadora, logo a velocidade de operação do ETD é o dobro da velocidade de sinalização de linha.

Caso se queira determinar a velocidade de sinalização de linha, (em BAUDS), basta conhecer a velocidade de operação do ETD(em bps) e a técnica multinível empregada, utilizando a tabela 3.5.

Técnica Multinível	Vel. Sinalização Linha (bauds)
MONOBIT	bps
DIBIT	bps/2
TRIBIT	bps/3
TETRABIT	bps/4

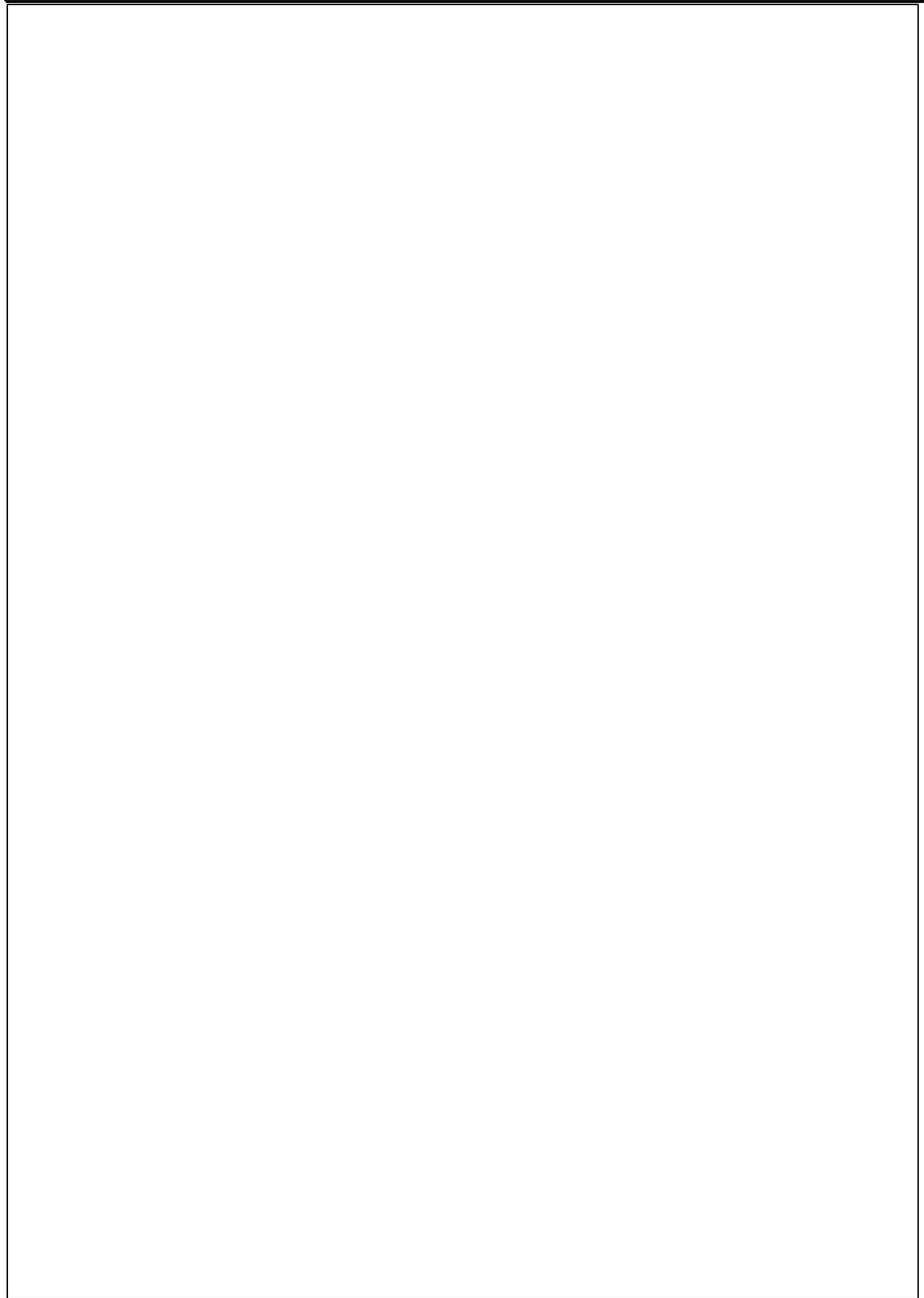
Tabela 3.5 - Relação bps x bauds.

3.13 - Comparações entre Modems Digitais e Analógicos

	Digital	Analógico
Custo	Econômico	Caro
Modulação	Não Faz	Faz
Codificação	Faz	Não Faz
Distância	Dist. Peq. 8 a 22 Km	Não Tem Limite
Modelo/Velocidade	Opera em Qualquer Velocidade	Opera em Determinadas Velocidades
Tipo de LPCD	Melhor Qualidade Tipo "B"	Qualquer Meio. Tipo "N" ou "C"
Conexão Interurbana (FDM)	Inadequado	Adequado
CCITT	Não São Padronizados	São Padronizados

3.14 - Exercícios

- 1) Porque é necessário modular um sinal?
- 2) O que é modulação?
- 3) O que é demodulação?
- 4) O que é sinalização 'banda-básica'?
- 5) O que é sinalização 'banda-larga'?
- 6) O que é um modem?
- 7) Quais os tipos de Modulação existentes?
- 8) O que é técnica multinível?
- 9) Na transmissão de um sinal digital em uma linha digital temos dois problemas, quais são?
- 10) Quais os padrões de modems existentes?
- 11) Explique o que é o padrão V.34 e V.42 bis, e qual a finalidade de cada um?
- 12) Sabendo-se que uma linha é sinalizada a 1.800 bauds, qual técnica multinível deve ser usada para termos 28.800 bps?



CAPÍTULO 4 - INTRODUÇÃO A REDES

A necessidade de trocar informações e compartilhar recursos foi sem dúvida um dos maiores fatores para o aparecimento das redes de computadores, hoje em dia é impossível pensar em uma corporação sem redes de computadores. Portanto torna-se necessário estudarmos as características das redes existentes hoje em dia.

4.1 - Redes de Computadores

Uma **Rede de Computadores** é formada por um conjunto de módulos processadores (MPs) capazes de trocar informações e compartilhar recursos, interligados por um sistema de comunicação, conforme ilustrado na figura 4.1.

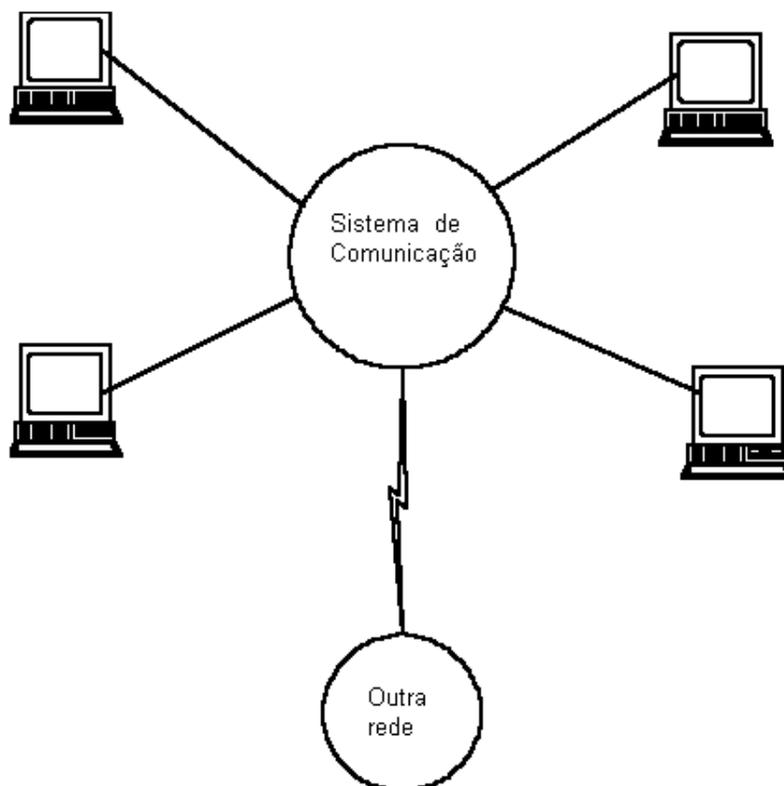


Figura 4.1: Rede de Computadores

O **sistema de comunicação** vai se constituir de um arranjo topológico interligando os vários módulos processadores através de enlaces físicos (meios de transmissão) e de um conjunto de regras com o fim de organizar (protocolos). Redes de computadores são ditas confinadas quando as distâncias entre os módulos processadores são menores que alguns poucos metros. Redes Locais de Computadores são sistemas cujas distâncias entre os módulos processadores se enquadram na faixa de alguns poucos metros a alguns poucos quilômetros. Sistemas cuja dispersão é maior do que alguns quilômetros são chamados Redes Geograficamente Distribuídas.

Quando começamos a falar de rede, iremos ver termos novos que são muito aplicados. **Tráfego**, é a quantidade de bits que está passando em determinado momento pela rede, é sem dúvida um dos termos mais usados, do alto tráfego temos a **colisão** que ocorre quando dois computadores tentam falar ao mesmo tempo. **Estação** que é o nome genérico dados aos computadores que estão ligados à rede.

4.2 - Redes Locais

Redes Locais (*Local Area Network* - LANs) surgiram dos ambientes de institutos de pesquisa e universidades. O desenvolvimento de minis e microcomputadores de bom desempenho permitiu a instalação de considerável poder computacional em várias unidades de uma organização ao invés da anterior concentração em uma determinada área. Redes locais surgiram, assim, para viabilizar a troca e o compartilhamento de informações e dispositivos periféricos (recursos de *hardware* e *software*), preservando a independência das várias estações de processamento, e permitindo a integração em ambientes de trabalho cooperativo.

Pode-se caracterizar uma rede local como sendo uma rede que permite a interconexão de equipamentos de comunicação de dados numa pequena região. De fato, tal definição é bastante vaga principalmente no que diz respeito às distâncias envolvidas. Em geral, nos dias de hoje, costuma-se considerar “pequena região” distâncias entre 100 m e 25 Km, muito embora as limitações associadas às técnicas utilizadas em redes locais não imponham limites a essas distâncias. Outras características típicas encontradas e comumente associadas a redes locais são: altas taxas de transmissão (de 0,1 a 100 Mbps) e baixas taxas de erro (de 10^{-8} a 10^{-11}). É importante notar que os termos “pequena região”, “altas taxas de transmissão” ou “baixas taxas de erro” são susceptíveis à evolução tecnológica; os valores que associamos a estes termos estão ligados à tecnologia atual e certamente não serão mais os mesmos dentro de poucos anos. Outra característica dessas redes é que elas são, em geral, de propriedade privada. Veja a figura 4.2 para mais detalhes.

Normalmente uma rede local está mais concentrada em um escritório, na empresa, um prédio e realmente algo mais próximo um do outro.

Por exemplo, imagine um supermercado que interligue todos os seus setores da loja, ele formou no supermercado uma LAN.

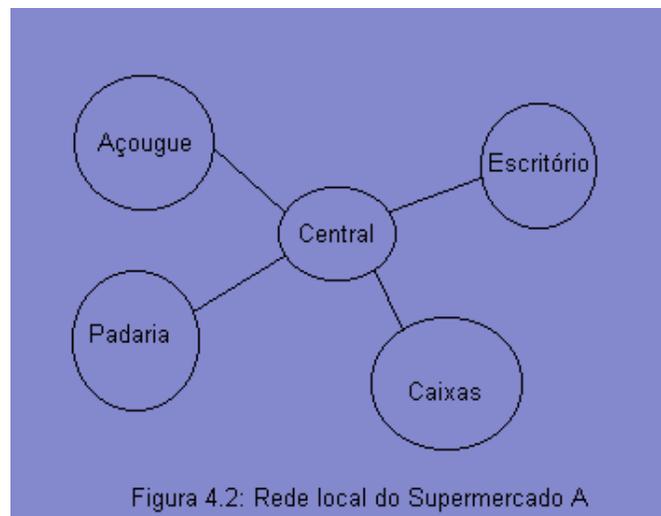


Figura 4.2: Rede local do Supermercado A

4.3 - Redes Metropolitanas

Quando a distância de ligação entre os vários módulos processadores começa a atingir distâncias metropolitanas, chamamos esses sistemas não mais de redes locais, mas de **Redes Metropolitanas** (*Metropolitan Area Networks* - MANs). A definição do termo “rede metropolitana” surgiu com o aparecimento do padrão IEEE 802.6. Uma rede metropolitana apresenta características semelhantes às das redes locais, sendo que as MANs, em geral, cobrem distâncias maiores do que as LANs operando em velocidades maiores.

Um exemplo, é uma rede de supermercados que tem 3 lojas na cidade de Vitória, então ele resolve fazer uma rede que interligue as lojas. Esta rede pode ser considerada uma MAN. Ver figura 4.3.

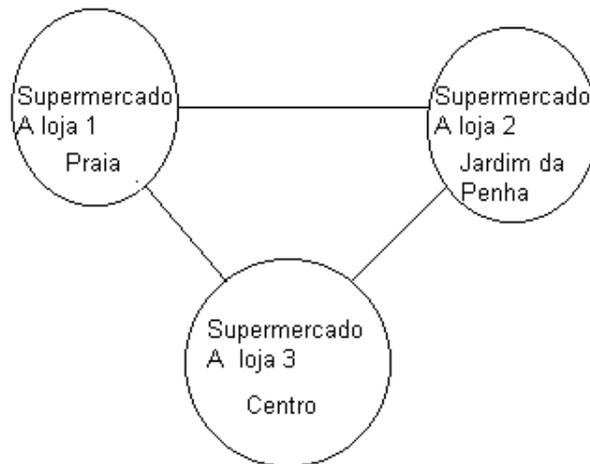


Figura 4.3: Interligação das Lojas do Supermercado A

4.4 - Redes Geograficamente Distribuídas

Redes Geograficamente Distribuídas (*Wide Area Networks - WANs*) surgiram da necessidade de se compartilhar recursos especializados por uma maior comunidade de usuários geograficamente dispersos. Por terem um custo de comunicação bastante elevado (circuitos para satélites e enlaces de microondas), tais redes são em geral públicas, isto é, o sistema de comunicação, chamado sub-rede *de comunicação*, é mantido, gerenciado e de propriedade de grandes operadoras (públicas ou privadas), e seu acesso é público. Face a várias considerações em relação ao custo, a interligação entre os diversos módulos processadores em uma tal rede determinará a utilização de um arranjo topológico específico e diferente daqueles utilizados em redes locais. Ainda por problemas de custo, nos seus primórdios, as velocidades de transmissão empregadas eram baixas: da ordem de algumas dezenas de kilobits/segundo (embora alguns enlaces cheguem hoje a velocidades de megabits/segundo). Por questão de confiabilidade, caminhos alternativos devem ser oferecidos de forma a interligar os diversos módulos processadores.

Agora imagine que a rede de supermercados que ilustramos no exemplo anterior deseje interligar todas as suas lojas que estão espalhadas pelo estado do E.S., e pelo Brasil.

Ao fazer esta ligação ele transformou sua rede em uma WAN. Ver figura 4.4.

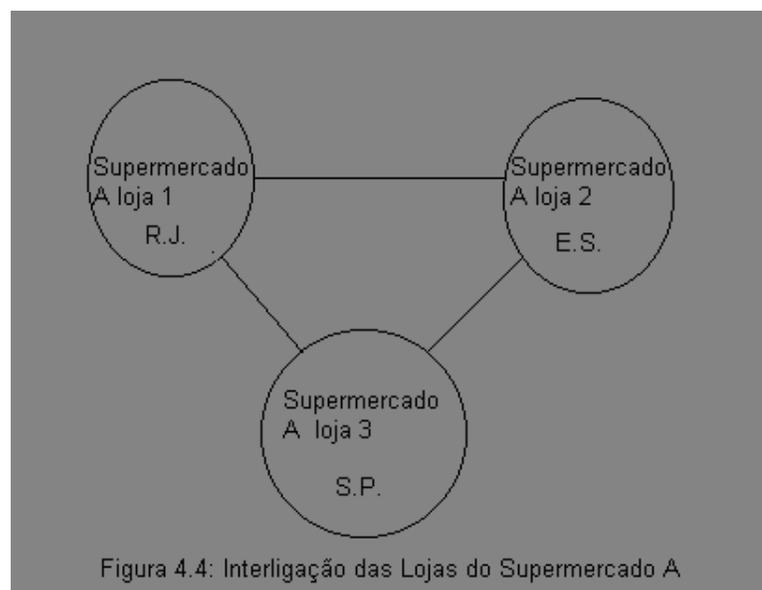


Figura 4.4: Interligação das Lojas do Supermercado A

O importante a se observar, é que uma rede WAN normalmente é composta de várias MANS, que por sua vez é composta de várias LANs. Ver figura 4.5

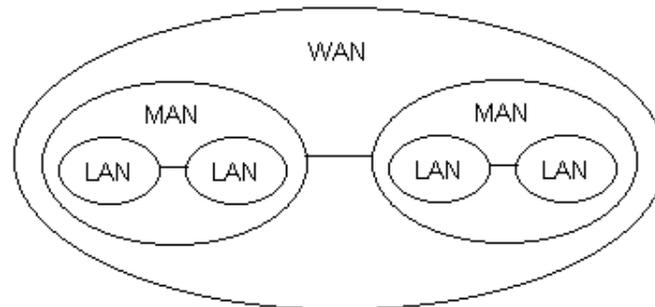


Figura 4.5: Representação de uma WAN

4.5 - Exercícios

- 1) Qual a verdadeira necessidade de interligar computadores?
- 2) Como você descreveria um rede local, metropolitana e geograficamente distribuída?

CAPÍTULO 5 - TOPOLOGIAS

Topologia é a parte do curso que estuda a forma como as estações da rede estão conectadas física e logicamente. É conhecido também como arranjo topológico. A topologia dependerá do tipo de rede (LAN, MAN ou WAN). De fato, a topologia de uma rede irá, muitas vezes, caracterizar o seu tipo, eficiência e velocidade.

5.1 - Métodos de Ligação

Ao organizar os enlaces físicos num sistema de comunicação, confrontamo-nos com diversas formas possíveis de utilização das linhas de transmissão. Em primeiro lugar, as ligações físicas podem ser de dois tipos: ponto a ponto ou multiponto. **Ligações ponto a ponto** caracterizam-se pela presença de apenas dois pontos de comunicação, um em cada extremidade do enlace ou ligação em questão. Nas **ligações multiponto** observa-se a presença de três ou mais dispositivos de comunicação com possibilidade de utilização do mesmo enlace, ver figura 5.1.

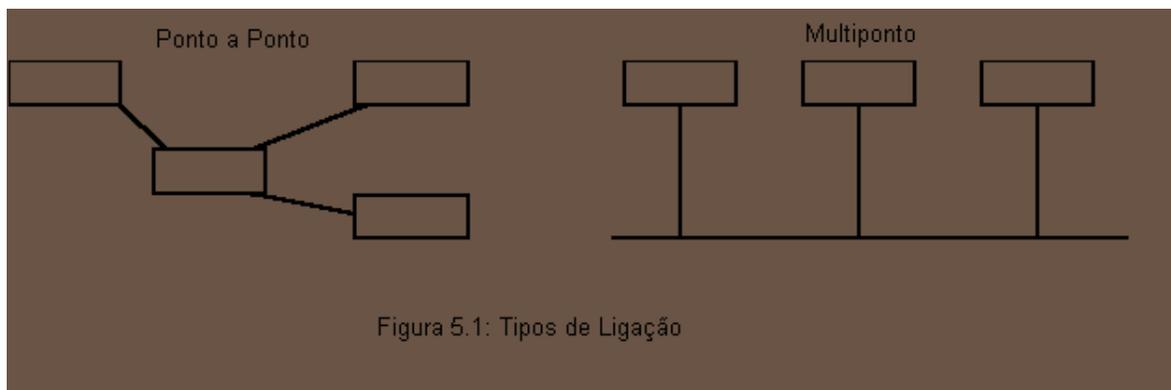


Figura 5.1: Tipos de Ligação

A ligação ponto a ponto é muito utilizada para redes WAN pois pode interligar várias LANs formando uma grande rede, um exemplo de rede que utiliza muito ligações ponto a ponto, é a rede INTERNET.

Outra grande aplicação das ligações ponto a ponto são a sua utilização em topologias como a anel, a estrela e a topologia parcialmente conectadas, que vamos estudar mais a frente.

Na topologia em estrela, tanto lógica quanto física, utilizam-se ligações ponto a ponto entre as estações e o elemento central. A utilização de concentradores de ligações (hubs) em redes de barra, fez surgir uma grande utilização das ligações ponto a ponto em redes locais. Veja a figura 5.2 para mais exemplos.

A ligação multiponto é caracterizada por compartilhamento do meio de transmissão.

O maior exemplo de utilização de ligações multiponto, são redes baseadas em barra sem hubs, nela a ligação das estações é feita através de um cabo único. Como na figura 5.3. E todas as estações estão, a princípio habilitadas para falar umas com as outras.

Existem outros termos que podemos ouvir quando falamos de métodos de ligação, por exemplo redes por **difusão de informações**, é um tipo de ligação que pode ser encarada como ligação ponto a ponto ou ligação multiponto, será ponto a ponto, quando para uma estação transmitir tiver que mandar a mensagem para um nó central, e este distribuir para outros, porém se utilizarmos um mecanismo onde interliguemos várias estações, onde cada estação possa transmitir e receber dados, estaremos formando uma ligação multiponto, ou seja não existe um nó central.

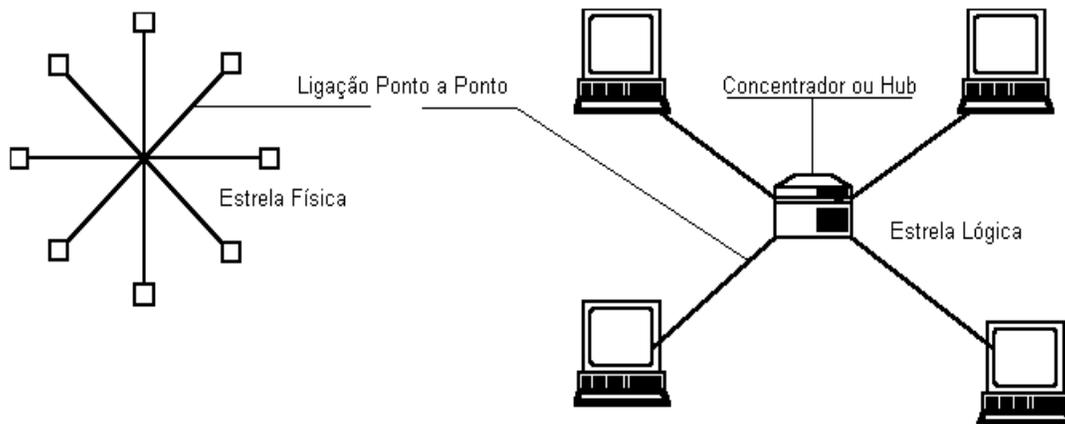


Figura 5.2: Estrela Física e Lógica

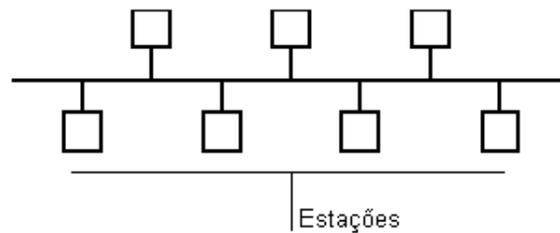


Figura 5.3: Multiponto em Barra

Existem redes de difusão por sinais de rádio. Podendo ser numa pequena região, formando uma rede local ou numa rede metropolitana formando uma MAN, ou podemos ter uma que utilize sinais de satélite formando uma WAN. Veja as figuras 5.4, onde ilustramos alguns tipos de redes.

Um exemplo de rede por difusão que podemos utilizar para ilustrar, é o caso de uma empresa X que tem uma matriz e deseja conectar todas as suas filiais formando uma rede de computadores, porém ela verificou que em algumas localidades não existe disponível nenhum tipo de rede pública de comunicação, e teria que gastar uma quantidade razoável de dinheiro para fazer a ligação via cabo, porém verificou junto a empresa local de telecomunicação e junto a EMBRATEL, que se alugasse um canal via satélite ficaria muito mais barato e teria um serviço de qualidade muito boa para o que ela queria. Esta é uma aplicação de redes de difusão por satélite. Vemos na figura 5.5 um ilustração de como isto funcionaria.

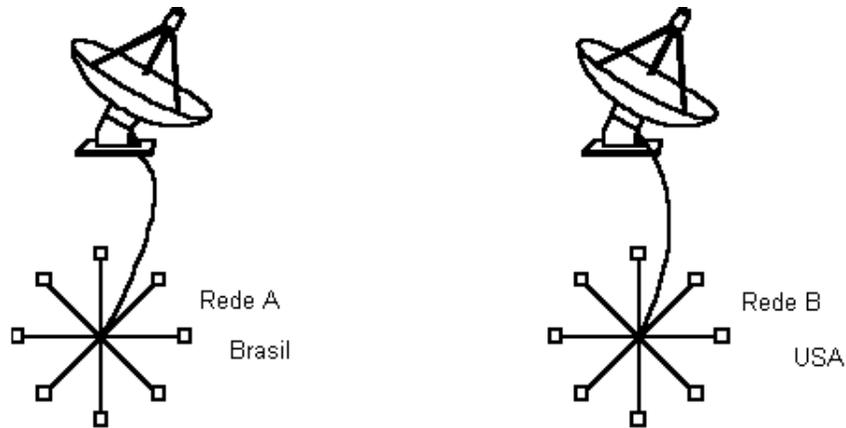


Figura 5.4: Redes Conectadas Por Satélite

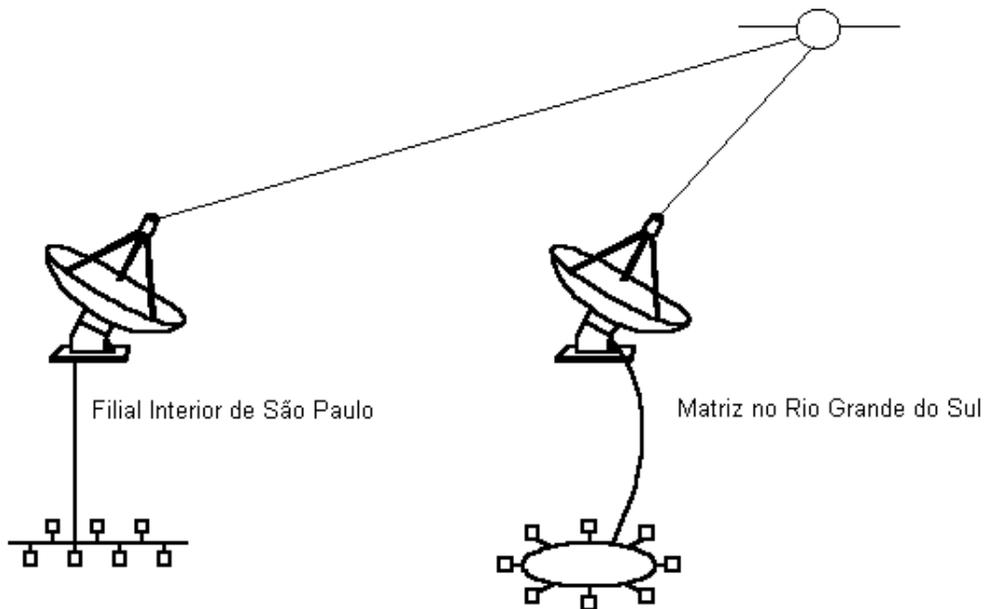


Figura 5.5: Interligação da Empresa X via Satélite

5.2 - Modos de Transmissão

Os modos de transmissão são classificados quanto às direções possíveis do fluxo de informação que conduz, podendo ser:

Simplex: Se a comunicação for efetuada em apenas uma direção. Por exemplo, uma linha usada para conduzir o resultado de medidas efetuadas em um alto-forno até o computador, transmissão do sinal de televisão e rádio. Neste tipo de ligação existe apenas um lado que pode transmitir, e o outro lado apenas pode receber, portanto não se consegue mudar o fluxo da informação, imagine o diálogo de uma pessoa com um mudo que ouve perfeitamente, o fluxo da conversa será sempre em uma direção.

Half-duplex (ou Semi-duplex): Se ele conduzir a informação em ambas as direções, mas não simultaneamente. Por exemplo transmissão de mensagens escritas pelo telex, comunicação entre radioamadores. Neste tipo de ligação, as duas pontas podem receber e enviar informações, porém não ao mesmo tempo.

Exemplo duas pessoas educadas conversando, enquanto uma fala a outra apenas escuta, quando uma termina de falar a outra pode começar a falar.

Full-duplex (ou Duplex): Se ele puder conduzir informação em ambas as direções ao mesmo tempo. Exemplo: Conversação telefônica entre duas pessoas. É o caso anterior, acrescido que as duas pontas agora podem enviar e receber dados simultaneamente. Como no exemplo anterior, porém agora as duas pessoas estão discutindo, e uma querendo prevalecer sobre a outra, as duas falam ao mesmo tempo e ouvem.

Veja a figura 5.6 que tenta mostrar melhor cada situação.

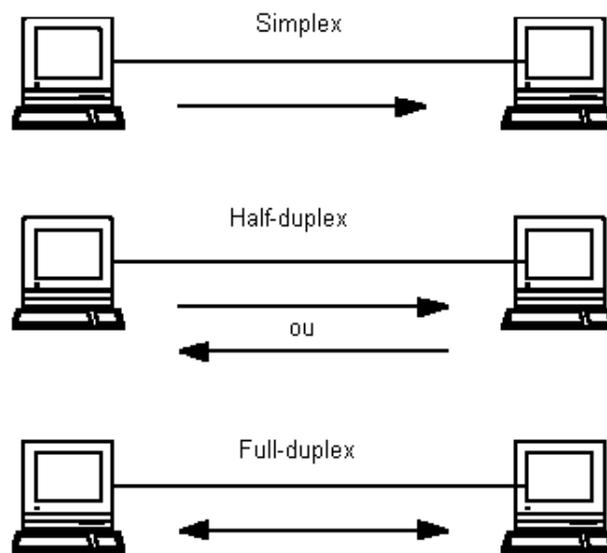


Figura 5.6: Tipos de Comunicação Relativo à Direção do Fluxo

Você pode estar perguntando como será possível obter-se comunicação *full-duplex* através de um único enlace físico. Note que, nessa classificação, nenhum comentário é feito acerca da implementação desses tipos de ligação. Um enlace pode ser formado, por exemplo, por dois pares de fios: para a transmissão em cada um dos sentidos (muito embora esta não seja a única forma de implementação para um enlace onde se deseje obter comunicação *full-duplex*).

Enlaces como os classificados anteriormente serão utilizados pelas diferentes topologias que, por sua vez, irão variar de acordo com o tipo de rede utilizada.

5.3 - Redes Geograficamente Distribuídas

Uma primeira tentativa, bastante intuitiva, para a conexão de computadores em rede seria em uma **topologia totalmente ligada**, como a apresentada na figura 5.7. Nessa topologia, todas as estações são interligadas duas a duas entre si através de um caminho físico dedicado. A troca de mensagens entre cada par de estações se dá diretamente através de um desses enlaces. Os enlaces utilizados poderiam ser ponto a ponto com comunicação *full-duplex* de forma a permitir a comunicação plena entre quaisquer pares de estações. Embora essa topologia apresente maior grau de paralelismo de comunicação, torna-se quase sempre impraticável, principalmente em redes com grande número de estações e fisicamente dispersas. Numa rede com N estações, por exemplo, seriam necessárias $N(N-1)/2$ ligações ponto a ponto para que se pudesse conectar todos os pares de estações através de linhas dedicadas. Dessa forma, o custo do sistema, em

termos de instalação de cabos e de *hardware* específico para comunicação, cresceria com o quadrado do número de estações, tornando tal topologia economicamente inviável. A inviabilidade é principalmente observada quando os custos dos meios de comunicação é alto, como no caso das redes geograficamente distribuídas.

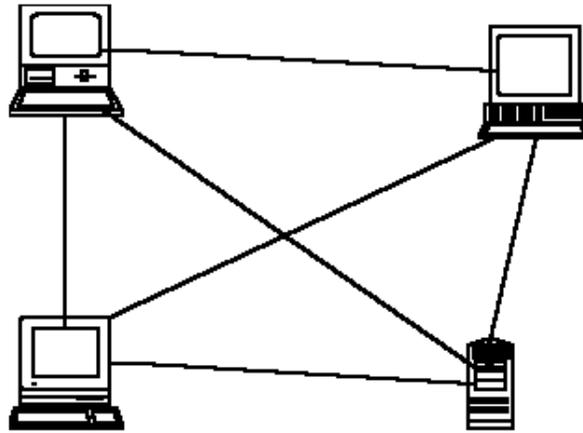


Figura 5.7: Topologia Totalmente Ligada

Outro caso extremo, agora no sentido inverso ao da topologia totalmente ligada, é a topologia em anel, figura 5.8. Nessa topologia procura-se diminuir ao máximo o número de ligações no sistema além de simplificar ao máximo o tipo de ligação utilizada. Dessa forma, utiliza-se, em geral, ligações ponto a ponto que operam num único sentido de transmissão (ligações simplex) fazendo com que o anel apresente uma *orientação* ou *sentido único* de transmissão como indica a figura 5.8. Uma mensagem deverá circular pelo anel até que chegue ao módulo de destino, sendo passada de estação em estação, obedecendo ao sentido definido pelo anel.

Apesar de representar uma economia considerável no número de ligações, em sistemas geograficamente distribuídos tal topologia apresenta fatores limitantes que inviabilizam a sua utilização. O primeiro deles diz respeito ao aumento de pontos finais da comunicação. Em redes geograficamente distribuídas isso significa um aumento drástico no número de ligações pelas quais uma mensagem tem que passar até chegar ao seu destino final, ou seja, um aumento intolerável no retardo de transmissão, particularmente no caso de redes geograficamente distribuídas com meios de transmissão de baixa velocidade.

Outro fator limitante refere-se à inexistência de caminhos alternativos para o tráfego das mensagens; em redes geograficamente distribuídas caminhos alternativos devem ser providenciados, principalmente se as linhas utilizadas forem de baixa velocidade e pouca confiabilidade, o que é o caso da maioria das redes existentes.

Considerando as limitações de velocidade e confiabilidade somos levados, naturalmente, à introdução de caminhos redundantes para um aumento tanto de confiabilidade quanto de desempenho através do paralelismo de comunicações, sem, no entanto, cairmos na topologia completamente ligada, que possui as restrições antes apresentadas. Somos levados, assim, a uma topologia intermediária, que é utilizada pela maioria das redes geograficamente distribuídas: a **topologia parcialmente ligada**, também denominada de **topologia em grafo**, conforme figura 5.9

Nessa topologia, nem todas as ligações entre pares de estações estão presentes, mas caminhos alternativos existem e podem ser utilizados em casos de falhas ou congestionamentos em determinadas rotas. No caso em que estações sem conexão física direta desejem se comunicar, elas deverão, de alguma forma, encaminhar as suas mensagens para alguma outra estação que possa fazer a entrega da mensagem para a estação de destino. Esse processo pode se repetir várias vezes, de forma que uma mensagem pode passar por vários sistemas intermediários até chegar ao seu destino final.

A comunicação entre dois módulos processadores (chamados Equipamentos Terminais de Dados - ETDs ou *Data Terminal Equipments* - DTEs) pode ser realizada por chaveamento de circuitos, chaveamento de mensagens ou chaveamento de pacotes.

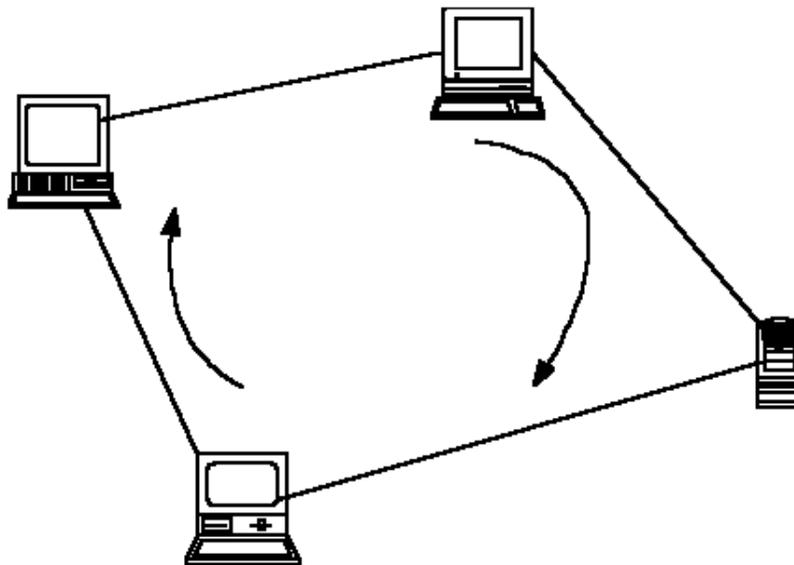


Figura 5.8: Topologia em Anel

Em sistemas por chaveamento (ou comutação) de circuitos, um canal entre o ETD fonte e o ETD de destino é estabelecido para uso exclusivo dessas estações até que a conexão seja desfeita, de maneira idêntica a uma chamada telefônica.

Chaveamento de mensagens ou de pacote vai otimizar o uso dos meios de comunicação, tentando evitar a monopolização de todo o caminho durante uma conversação.

Em sistemas por chaveamento de mensagens, a mensagem por completo é enviada ao longo de uma rota do ETD fonte ao ETD de destino. Em cada nó do caminho, a mensagem é primeiro armazenada, e depois passada à frente, ao próximo nó, quando o canal de transmissão que liga esses nós estiver disponível.

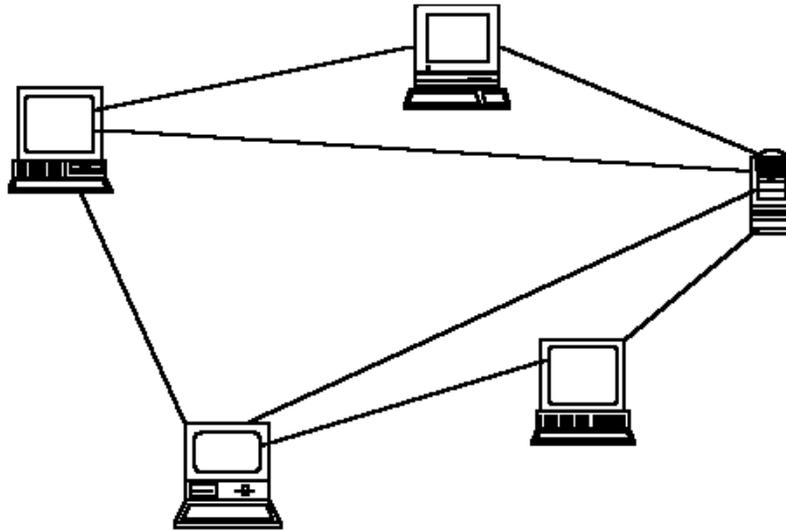


Figura 5.9: Topologia Parcialmente Ligada

Sistemas por chaveamento de pacote diferem dos de chaveamento de mensagem pelo fato da mensagem ser quebrada em quadros ou pacotes antes da transmissão ser efetuada.

A transmissão de cada pacote pode ser feita por um único caminho ou por caminhos diferentes, sendo a mensagem reagrupada quando chega ao destino, conforme pode ser visto na figura 5.10. Tanto na comutação de pacotes quanto na comutação de mensagens não existe a alocação de um canal dedicado da estação fonte à de destino, de uso exclusivo da comunicação, como no caso da comutação de circuitos.

Na figura 5.10 podemos ver que se a estação for transmitir um pacote para b, ela poderá enviar por vários caminhos diferentes.

Em todos os sistemas existirão várias possibilidades de caminhos, em alguns sistemas nós veremos que pode acontecer de um pacote chegar antes do outro.

A escolha do caminho fim a fim, isto é, do módulo (nó da rede) de origem ao nó de destino, por onde uma mensagem deve transitar (tanto na comutação de circuito, quanto na de mensagem ou de pacote), é comumente chamada de **roteamento**. A escolha da rota pode ser feita a priori, antes do envio da mensagem, ou ser realizada passo a passo. No primeiro caso, diz-se que é estabelecida uma conexão entre os nós de origem e destino e, neste estabelecimento, é definida a rota por onde deverão transitar as mensagens enquanto perdurar a conexão. No segundo caso, pode haver ou não o estabelecimento de conexão mas, independentemente disso, cada nó intermediário do caminho fim a fim é responsável pela escolha do próximo nó do caminho no instante que recebe a mensagem a despachar, e não a priori, como no caso anterior.

Vários algoritmos de roteamento já foram propostos e são, na sua maioria, baseados na manutenção de tabelas de rotas em cada um dos MPs.

Muitas das características desejáveis de uma comutação resultam do uso de roteamento adaptável. Nesse roteamento, o caminho de transmissão entre dois pontos da rede não é preestabelecido, mas escolhido dinamicamente, com base nas condições da rede no tempo de transmissão. Com essa capacidade de alocação de recursos (rotas) baseada nas condições correntes, a rede é capaz de contornar efeitos adversos tais como um canal ou dispositivo de comunicação sobrecarregado, ou ainda, uma falha de componentes.

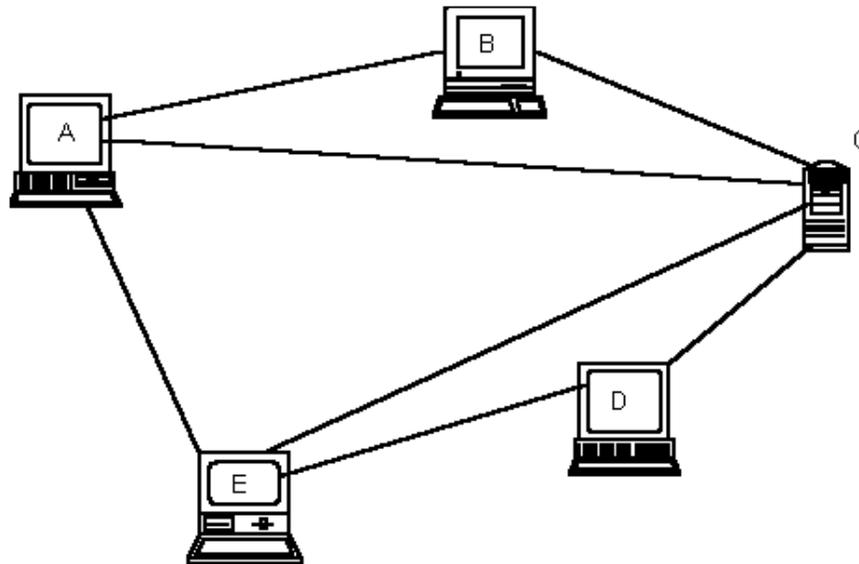


Figura 5.10: Trasmissão de Pacotes em Redes

Todos os módulos processadores (ou estações) devem ser capazes de reconhecer se uma mensagem ou pacote a eles entregue deve ser passado para uma outra estação, ou se tem como destino a própria estação. Qualquer rede com topologia diferente da totalmente ligada tem a necessidade de definir *mecanismos de endereçamento* que permitam ao MP decidir que atitude devem tomar ao receber uma mensagem ou pacote. Esse endereçamento irá consistir em uma forma de identificar de maneira única cada uma das estações conectadas à rede. No caso de ser estabelecida uma conexão entre dois nós da rede antes da troca de qualquer mensagem, o endereço dos nós de origem e destino só são necessários quando do estabelecimento da conexão.

A partir daí, basta que as mensagens ou pacotes transmitidos carreguem consigo a identificação da conexão para que o encaminhamento das mensagens seja feito a contento. Por outro lado, caso não haja estabelecimento de conexão, cada pacote ou mensagem deve carregar o endereço do nó de destino e de origem.

Em redes por chaveamento de pacote, várias tarefas devem ser realizadas por uma estação.

- Uma delas é a escolha do caminho que deve seguir cada pacote, ao que damos o nome de roteamento;
- Outra é o armazenamento dos pacotes recebidos de outras estações, que devem prosseguir seu caminho, e dos seus próprios pacotes a serem transmitidos;

• A detecção de erros de transmissão e as retransmissões; outra ainda é o reagrupamento dos pacotes no destino, na ordem em que foram transmitidos - ao que damos o nome de sequenciação - e muitas outras tarefas, além do gerenciamento de todo o *hardware* de transmissão.

A realização dessas tarefas é difícil, tem um custo elevado e afasta cada módulo processador (ETD) de seus objetivos primários, que são as aplicações do sistema. De um modo geral, em redes geograficamente distribuídas comutadas por pacotes, isso leva à inclusão de sistemas externos de controle responsáveis pela realização de várias das tarefas mencionadas (e outras). São os **ECDs: Equipamentos de Comunicação de Dados** (ou *Data Communicating Equipments* - DCEs). Equipamentos para concentrar o tráfego interno (denominados *nós de comutação* ou *Data Switching Equipments* - DSEs) e funcionar como pontos intermediários de restauração dos sinais no interior da rede também são comumente encontrados em redes geograficamente distribuídas.

Em uma rede geograficamente distribuída comutada por pacotes, um ECD é, em geral, compartilhado por vários ETDs. O arranjo topológico formado pelos ECDs juntamente com os nós de comutação e as regras de comunicação que executam é o que usualmente chamamos de *sub-rede de comunicação*. Essas sub-redes são, na sua grande maioria, operadas por empresas especializadas no fornecimento de serviços de comunicação. A topologia final utilizada em redes geograficamente distribuídas pode ser visualizada na figura 5.11.

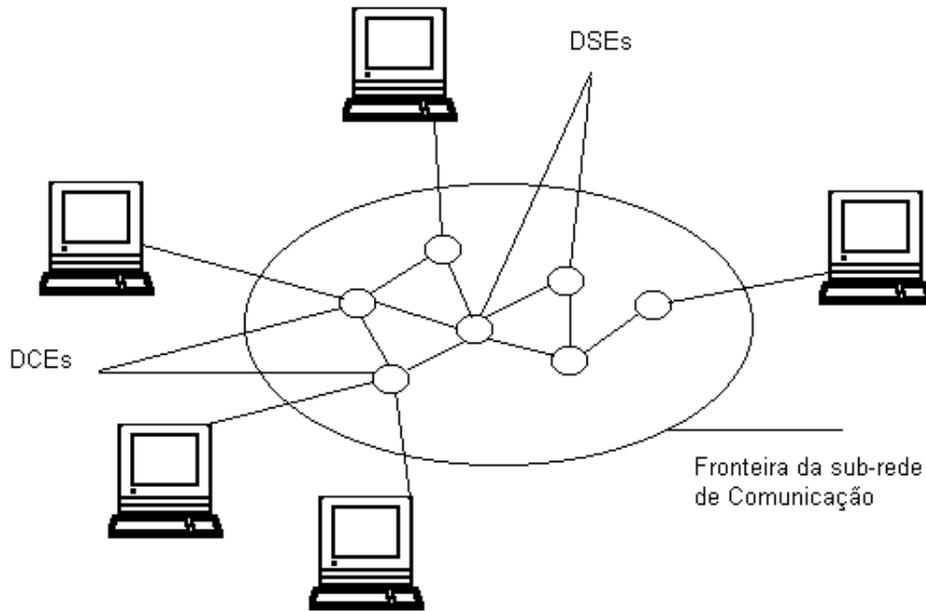


Figura 5.11: Rede Geograficamente Distribuída

5.4 - Análise das Topologias de WAN

5.4.1 - Topologia em Anel

VANTAGEM	DESVANTAGEM
<ul style="list-style-type: none"> Economia do número de enlaces da rede 	<ul style="list-style-type: none"> Aumento do número de ligações entre Origem-Destino Baixa confiabilidade pela falta de caminhos redundantes

5.4.2 - Topologia Totalmente Ligada

VANTAGEM	DESVANTAGEM
<ul style="list-style-type: none"> A troca de informação entre qualquer par de estações dá-se diretamente por qualquer um desses enlaces. 	<ul style="list-style-type: none"> Número de enlaces proporcional ao quadrado do número de estações ($E_n = N(N-1)/2$)

5.4.3 - Topologia Parcialmente Ligada

VANTAGEM
<ul style="list-style-type: none"> Maior confiabilidade pela colocação de caminhos alternativos Número de enlaces controlados pela projetista da rede

5.5 - Redes Locais e Metropolitanas

As características geográficas das redes locais e metropolitanas levam a considerações de custo e tecnologia bastante diferentes das redes de longa distância. Comentamos na seção anterior que os caminhos alternativos entre os nós da rede eram necessários para aumentar a confiabilidade e desempenho (velocidade efetiva do sistema). Ora, uma forma de aumentarmos a confiabilidade é utilizarmos meios de transmissão com taxas de erro menores; uma forma de melhorarmos o desempenho é utilizarmos meios de transmissão de alta velocidade. Em redes locais e metropolitanas, meios de transmissão de alta velocidade, de baixa taxa de erro, de baixo custo e privados podem ser usados. Topologias muitas vezes inviáveis em ambientes geograficamente distribuídos podem ser utilizadas. Examinaremos a seguir as topologias mais utilizadas nessas redes: *estrela*, *anel* e *barra*.

5.5.1 - Topologia em Estrela

Uma rede com topologia em estrela é ilustrada na figura 5.12. Nesse tipo de topologia cada nó é interligado a um nó central (mestre), através do qual todas as mensagens devem passar. Tal nó age, assim, como centro de controle da rede, interligando os demais nós (escravos). Nada impede que haja comunicações simultâneas, desde que as estações envolvidas sejam diferentes.

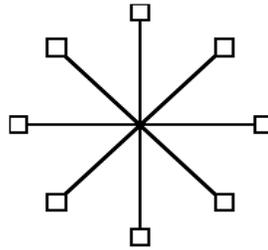


Figura 5.12: Topologia em Anel

Várias redes em estrela operam em configurações onde o nó central tem tanto a função de gerência de comunicação como facilidades de processamento de dados. Em outras redes, o nó central tem como única função o gerenciamento das comunicações. O nó central, cuja função é o chaveamento (ou comutação) entre as estações que desejam se comunicar, é denominado *comutador* ou *switch*.

O arranjo em estrela, evidentemente, é a melhor escolha se o padrão normal de comunicação na rede combinar com essa topologia, isto é, um conjunto de estações secundárias se comunicando com o nó central. Este é, por exemplo, o caso típico das redes de computadores onde o nó central é um sistema de computação que processa informações alimentadas pelos dispositivos periféricos (nós escravos). As situações mais comuns, no entanto, são aquelas em que o nó central está restrito às funções de gerente das comunicações e a operações de diagnóstico.

Um exemplo, onde a ligação em estrela é muito útil, está num laboratório de informática onde exista um servidor de dados e programas. Nesta caso fica claro que basicamente todas as estações desejam apenas se conectar ao servidor central. Ver figura 5.13

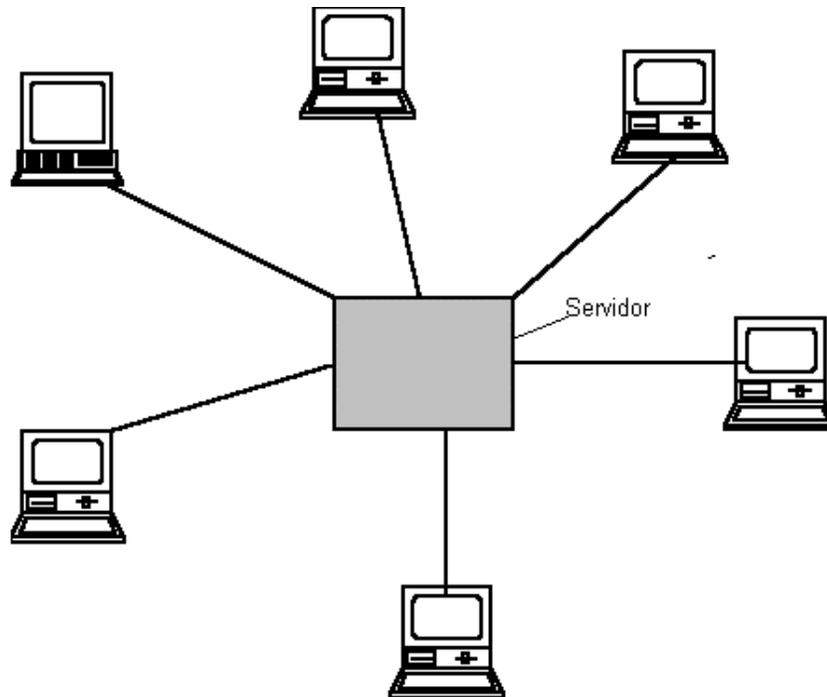


Figura 5.13: Conexão das Estações de um Laboratório a um Servidor

Redes em estrela podem atuar por difusão (*broadcasting*) ou não. Em redes por difusão, que operem no modo ponto a ponto, todas as informações são enviadas ao nó central que é o responsável por distribuí-las a todos os nós da rede. Os nós aos quais as informações estavam destinadas copiam-nas e os outros simplesmente as ignoram. Em redes que não operam por difusão, um nó pode apenas se comunicar com outro nó de cada vez, sempre sob controle do nó central. Ver exemplo na figura 5.14.

No caso da figura 5.14 se for uma rede de difusão por *broadcasting*, C pode mandar uma mensagem para o servidor direcionada para B e D e este vai repassar para as estações.

Porém caso não seja por *broadcasting* uma estação só pode falar com uma de cada vez. Assim no caso acima C só pode se comunicar com A, B ou D, no exemplo ela tinha algo para enviar para A.

Redes em estrela não têm necessidade de roteamento, uma vez que concentram todas as mensagens no nó central. O gerenciamento das comunicações por este nó pode ser por *chaveamento de pacotes* ou *chaveamento de circuitos*. As redes em estrela podem ainda operar em *modo de transferência assíncrono* (*Asynchronous Transfer Mode - ATM*). No primeiro caso, pacotes são enviados do nó de origem para o nó central que o retransmite então ao nó de destino no momento apropriado.

Já no caso de chaveamento de circuitos, o nó central, baseado em informações recebidas, estabelece uma conexão entre o nó de origem e o nó de destino, conexão esta que existirá durante toda a conversão. Neste caso, se já existir uma conexão ligando duas estações, nenhuma outra conexão poderá ser estabelecida para esses nós.

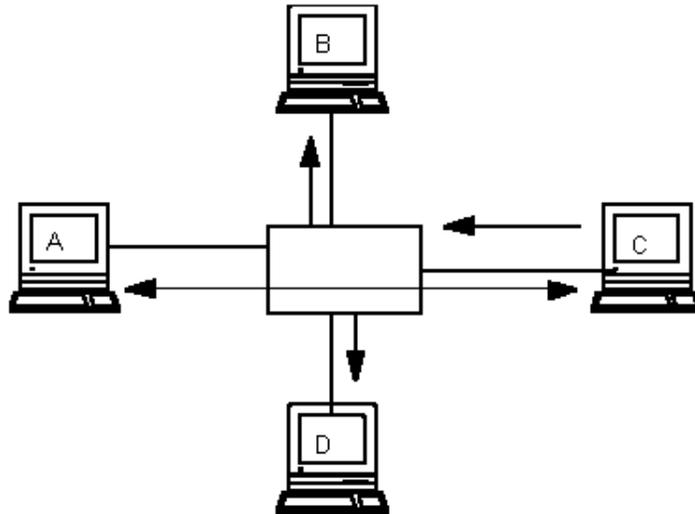


Figura 5.14: Redes Difusão

Redes de chaveamento computadorizadas - CBX (*Computerized Branch Exchange*) - são exemplos deste último tipo de rede, onde o chaveamento é realizado por um PABX (*Private Automatic Branch Exchange*).

Como já mencionamos, o nó central pode realizar funções além das de chaveamento e processamento normal. Por exemplo, o nó central pode realizar a compatibilidade da velocidade de comunicação entre o transmissor e o receptor. Os dispositivos de origem e destino podem até operar com protocolos e/ou conjunto de caracteres diferentes. O nó central atua nesse caso como um conversor de protocolos permitindo ao sistema de um fabricante trabalhar satisfatoriamente com um outro sistema de um outro fabricante. Poderia ser também função do nó central fornecer algum grau de proteção de forma a impedir pessoas não autorizadas de utilizar a rede ou ter acesso a determinados sistemas de computação. Outras funções, como operações de diagnósticos de redes, por exemplo, poderiam também fazer parte dos serviços realizados pelo nó mestre.

Confiabilidade é um problema nas redes em estrela. Falhas em um nó escravo apresentam um problema mínimo de confiabilidade, uma vez que o restante da rede ainda continua em funcionamento. Redundâncias podem ser acrescentadas, porém o custo de tornar redundante o nó central pode mascarar o benefício obtido com a simplicidade das interfaces exigidas pelas estações secundárias.

Outro problema da rede em estrela é relativo à modularidade. A configuração pode ser expandida até um certo limite imposto pelo nó central: em termos de capacidade de chaveamento, número de circuitos concorrentes que podem ser gerenciados e número total de nós que podem ser servidos. Embora não seja frequentemente encontrado, é possível a utilização de diferentes meios de transmissão para ligação dos nós escravos ao nó central.

O desempenho obtido em uma rede em estrela depende da quantidade de tempo requerido pelo nó central para processar e encaminhar uma mensagem, e da carga de tráfego na conexão, isto é, o desempenho é limitado pela capacidade de processamento do nó central. Um crescimento modular visando o aumento do desempenho torna-se a partir de certo ponto impossível, tendo como única solução a substituição do nó central.

Características principais da topologia em estrela:

- Necessidade de um nó central ou concentrador;
- Confiabilidade da rede extremamente dependente do nó central;
- Tamanho da rede dependente do comprimento máximo do cabo entre o nó central e uma estação;
- Número de estações limitado pelo nó central;
- Fluxo de dados bidirecional entre o nó central e as estações.
- Usado como topologia física (fiação) em redes locais.

5.5.2 - Topologia em Anel

Uma rede em anel consiste em estações conectadas através de um caminho fechado. Por motivos de confiabilidade, o anel não interliga as estações diretamente, mas consiste em uma série de repetidores ligados por um meio físico, sendo cada estação ligada a esses repetidores, conforme a figura 5.15.

Redes em anel são, teoricamente, capazes de transmitir e receber dados em qualquer direção. As configurações mais usuais, no entanto, são unidirecionais, de forma a simplificar o projeto dos repetidores e tornar menos sofisticados os protocolos de comunicação que asseguram a entrega da mensagem ao destino corretamente e em seqüência, pois sendo unidirecionais evitam o problema de roteamento. Os repetidores são em geral projetados de forma a transmitir e receber dados simultaneamente, diminuindo assim o retardo de transmissão.

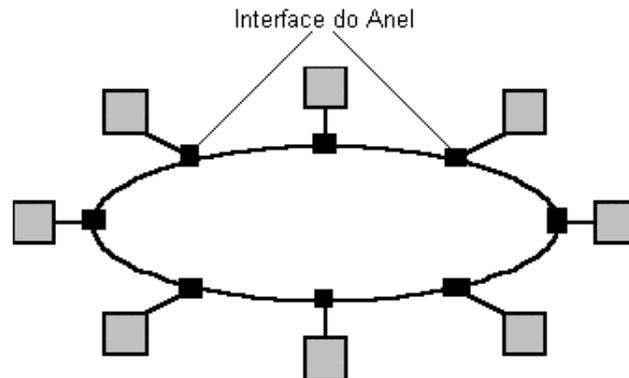


Figura 5.15: Topologia em Anel

Quando uma mensagem é enviada por um nó, ela entra no anel e circula até ser retirada pelo nó de destino, ou então até voltar ao nó de origem, dependendo do protocolo empregado. No primeiro procedimento, o repetidor deve introduzir um retardo suficiente para o recebimento e armazenamento dos bits de endereçamento de destino da mensagem, quando então poderá decidir se esta deve ou não continuar no anel. No último procedimento, à medida que os bits de uma mensagem vão chegando eles vão sendo despachados, podendo a rede atuar com um retardo de um bit por repetidor. Esse procedimento permite a construção de repetidores mais simples e, por conseqüência, menos susceptíveis a falhas, e de menor custo.

Além da maior simplicidade e do menor retardo introduzido, as redes onde a mensagem é retirada pelo nó de origem permitem mensagens de difusão (*broadcast* e *multicast*), isto é, um pacote é enviado simultaneamente para múltiplas estações. Essas redes também possibilitam a determinadas estações receberem mensagens enviadas por qualquer outra estação da rede, independentemente de qual seja o nó de destino. Chamaremos a isto de reconhecimento de endereçamento promíscuo ou modo espião. Em estações no modo espião podemos, por exemplo, desenvolver programas para observação do tráfego dos canais, construir matrizes de tráfego, fazer análise de carregamento, realizar isolamento de falhas e protocolos de manutenção etc.

Como características principais da topologia podemos citar o seguinte:

- A saída de cada estação está ligada na entrada da estação seguinte: canal de transmissão fechado;
- A confiabilidade da rede depende da confiabilidade de cada nó (estação);
- Um grande comprimento total de cabo é permitido, pelo fato de cada estação ser um repetidor do sinal;
- Fluxo de dados em uma única direção;
- Usado como topologia lógica (fluxo de dados) em redes locais.

5.5.3 - Topologia em Barra

Topologia em barra comum é bastante semelhante ao conceito de arquitetura de barra em um sistema de computador, onde todas as estações (nós) se ligam ao mesmo meio de transmissão figura 5.16. Ao contrário das outras topologias que discutimos até aqui, que são configurações ponto a ponto (isto é, cada enlace físico de transmissão conecta apenas dois dispositivos), a topologia em barra tem uma configuração multiponto.

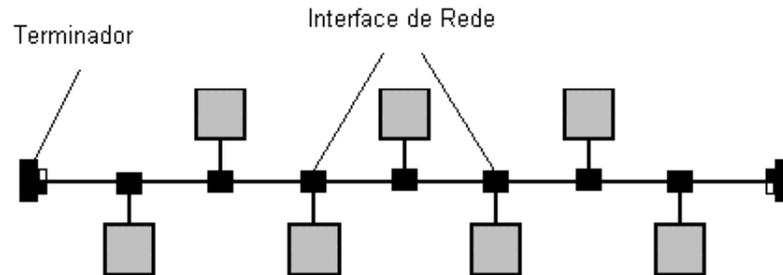


Figura 5.16: Topologia em Barra

Nas redes em barra comum cada nó conectado à barra tem acesso a todas as informações transmitidas, similar às transmissões de radiodifusão. Esta característica vai facilitar as aplicações com mensagens do tipo difusão (mensagens globais) além de possibilitar que algumas estações possam trabalhar no que chamamos, no item 5.5.2, de endereçamento promíscuo ou modo espião.

Existe uma variedade de mecanismos para o controle de acesso à barra, que pode ser centralizado ou descentralizado. A técnica adotada para cada acesso à rede (ou à banda de frequência de rede no caso de redes em banda larga) é uma forma de multiplexação no tempo. Em um controle centralizado, o direito de acesso é determinado por uma estação especial da rede. Em um ambiente de controle descentralizado, a responsabilidade de acesso é distribuída entre todos os nós.

Ao contrário da topologia em anel, as topologias em barra podem empregar interfaces passivas, nas quais as falhas não causam a parada total do sistema. A confiabilidade desse tipo de topologia vai depender em muito da estratégia de controle. O controle centralizado oferece os mesmos problemas de confiabilidade de uma rede em estrela, com o atenuante de que, aqui, a redundância de um nó pode ser outro nó comum da rede. Mecanismos de controle descentralizados semelhantes aos empregados na topologia.

A ligação ao meio de transmissão é um ponto crítico no projeto de uma rede local em barra comum. A ligação deve ser feita de forma a alterar o mínimo possível as características elétricas do meio. O meio, por sua vez, deve terminar em seus dois extremos por uma carga igual a sua impedância característica ver figura 5.16.

Nesta figura podemos, notar duas coisas fundamentais em uma rede em barra: a interface de rede e os terminadores, um em cada ponta. É na interface de rede que iremos conectar o cabo para conexão da rede.

A ligação das estações ao meio de comunicação é realizada através de um *transceptor* (transmissor/receptor) podendo ser a placa de rede ou um *transceiver* (ver figura 5.17), que tem como funções básicas transmitir e receber sinais, bem como reconhecer a presença destes sinais no meio. O transceptor se liga à barra através de um conector, que é responsável pelo contato elétrico com os condutores da barra.

O poder de crescimento, tanto no que diz respeito à distância máxima entre dois nós da rede quanto ao número de nós que a rede pode suportar, vai depender do meio de transmissão utilizado, da taxa de transmissão e da quantidade das ligações ao meio. Conforme se queira chegar a distâncias maiores que a máxima permitida em um segmento de cabo, repetidores serão necessários para assegurar a qualidade do sinal. Tais repetidores, por serem ativos, apresentam um ponto de possível diminuição da confiabilidade da rede.

Assim como em redes em anel, a utilização de concentradores (hubs) irá facilitar a localização e o isolamento de falhas, bem como permitir a inserção de novas estações na barra sem a parada do sistema (caso existam entradas livres no hub). Na figura 5.18 vemos o hub de uma rede em barra.

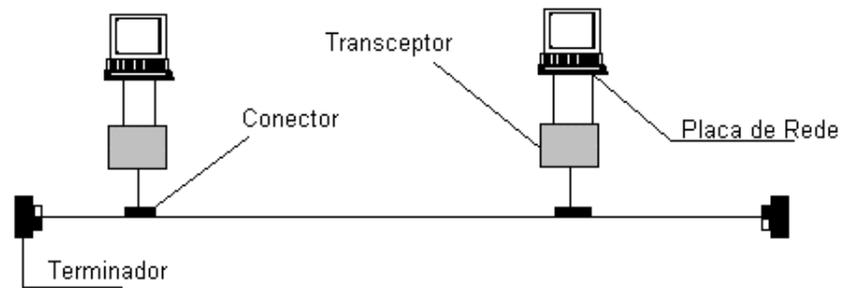


Figura 5.17: Ligação ao Meio em Redes em Barra

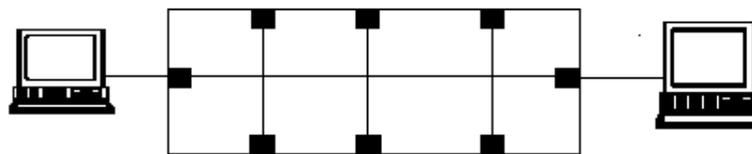


Figura 5.18: Rede em Barra Utilizando Concentrador

Hubs podem ser interconectados como forma de expansão do tamanho da rede, conforme figura 5.19.

O desempenho de um sistema em barra comum é determinado pelo meio de transmissão, número de nós conectados, controle de acesso, tipo de tráfego e outros fatores. Por empregar interfaces passivas (sem repetidores), que não exigem armazenamento local de mensagens, topologias em barra não vão degradar o retardo de transferência, que contudo, pode ser altamente dependente do protocolo de acesso utilizado.

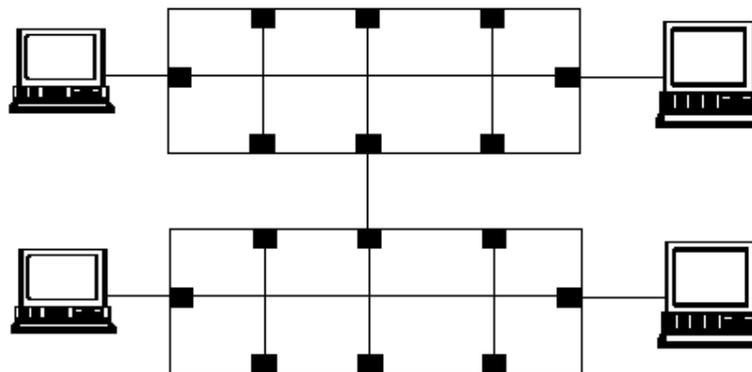


Figura 5.19: Interconexão de Concentradores

Características básicas da topologia em barra

- Todas as estações são ligadas em paralelo ao cabo;
- A queda (desligamento) de uma estação não causa, em princípio, a queda da rede;
- O comprimento do cabo e o número máximo de estações em uma rede é determinado, a princípio, pela atenuação do sinal no cabo e pela qualidade das placas de rede;
- O fluxo de dados se dá saindo da estação que está transmitindo em direção às extremidades. As extremidades do barramento são sorvedouros dos sinais;
- Muito empregada em redes locais.

Um grande problema das redes em barra, quando utilizamos cabo coaxial, é a continua aparição de problemas relativos a mal contatos, tanto no cabo em si como nos conectores que ligam as placas no cabo da rede. Estes problemas podem ser causados por uma pessoa que quer limpar a sala, ou por um curioso que abre o cabo.

Hoje em dia, com o barateamento dos equipamentos de redes, principalmente hubs, que vão transformar uma rede em barra lógica, para uma rede em barra física é indispensável substituir todo o seu sistema de cabos coaxial.

Normalmente em uma rede em barra o cabeamento utilizado era o cabo coaxial e atualmente o normal é utilizarmos o par trançado. Porém existe muitas redes que utilizam a tecnologia até hoje.

5.6 - Outras Topologias

Topologia em malha, já apresentamos com o nome de topologia parcialmente ligada. Vamos relembra algumas características desta topologia: As estações são interligadas por ligações ponto-a-ponto, sendo que cada estação pode ser ligada a uma, duas ou várias estações. A confiabilidade é muito boa e dependendo da complexidade da malha; é necessário o roteamento de dados (múltiplos caminhos); tamanho da rede e número de estações teoricamente ilimitados; não costuma ser utilizada em redes locais, ver figura 5.20.

Topologias híbridas:

Anel-Estrela → Une as vantagens da topologia lógica (fluxo de dados) em anel com a topologia física (cabeamento) em estrela. Possibilita a fácil localização de falhas, assim como a inserção ou remoção de estações na rede. O centro de fios pode ser um equipamento inteligente, possibilitando uma maior versatilidade na gerência da rede, figura 5.21.

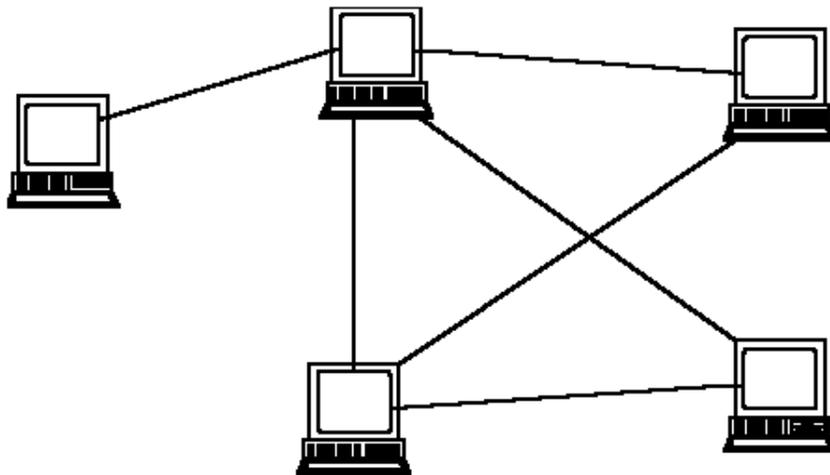


Figura 5.20: Topologia em Malha

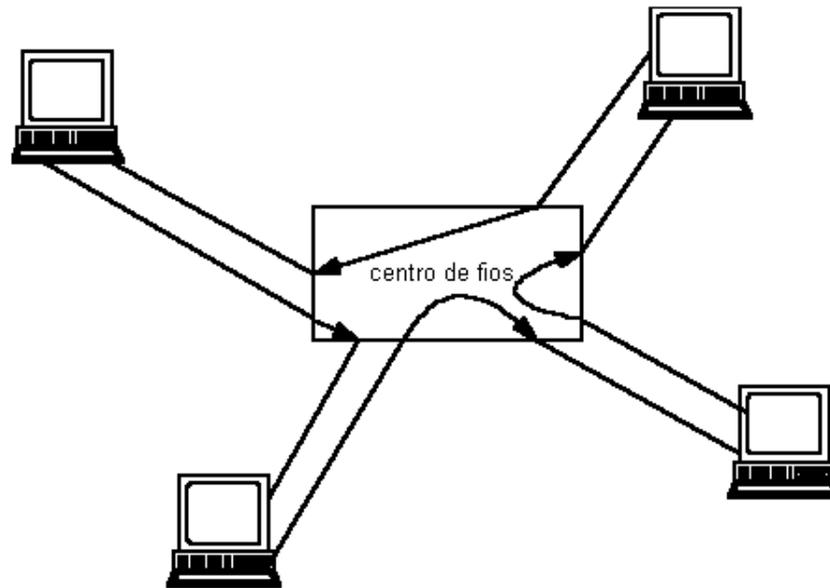


Figura 5.21: Topologia Anel-Estrela

Multi-anel-estrela → são duas ou mais redes em anel estrela interligadas, figura 5.22.

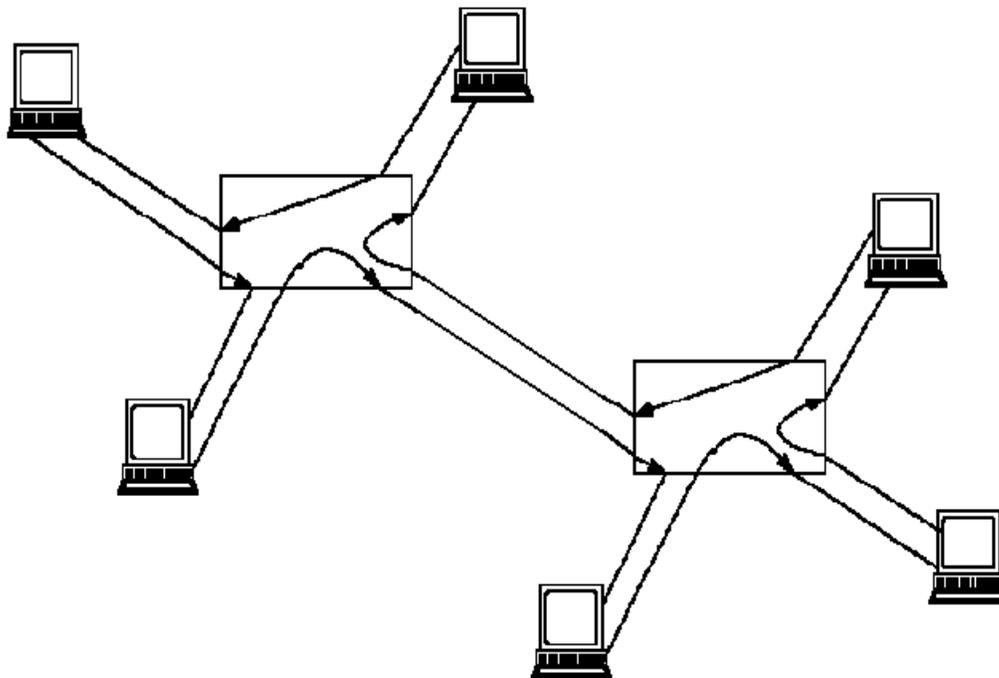


Figura 5.22: Topologia Multi-anel-estrela

5.7 - Topologia Física e Lógica

A topologia de uma rede irá determinar, em parte, o método de acesso utilizado. Métodos de acesso são necessários para regular o acesso a meios físicos compartilhados. Assim, costuma-se associar os métodos de acesso às topologias utilizadas. Hoje em dia a instalação física das redes tem sofrido uma forte tendência na direção da utilização de hubs, o que, fisicamente, corresponde à implantação de uma topologia em estrela.

Essa tendência é explicada, basicamente, pela crescente necessidade de melhorar o gerenciamento e a manutenção nessas instalações. O maior problema da topologia em estrela, como mencionado, é a sua baixa confiabilidade dada a presença de um elemento central no qual as falhas provocam a parada total do sistema. Porém, os avanços da eletrônica já permitem, hoje, que se construam equipamentos de alta confiabilidade, viabilizando esse tipo de topologia.

A utilização de hubs, no entanto, não exige, necessariamente, que as interfaces das estações com a rede a percebam como uma topologia em estrela. Do ponto de vista da interface das estações com a rede, o funcionamento se dá como em uma barra ou em um anel, com os seus respectivos métodos de acesso. Note porém, que a implementação física, interna nos hubs, pode ser qualquer uma desde que esta interface seja preservada.

Pelo que acabamos de apresentar, podemos diferenciar dois tipos de topologias: uma **topologia lógica**, que é aquela observada sob o ponto de vista das interfaces das estações com a rede, que inclui o método de acesso, e uma **topologia física**, que diz respeito ao *layout* físico utilizado na instalação da rede.

A demanda por maiores taxas de transmissão e melhor utilização dos meios físicos, aliados à evolução contínua da microeletrônica, começou a alterar a construção desses equipamentos concentradores. A partir do momento em que as estações estão ligadas a um elemento central, no qual a implementação interna é desconhecida mas a interface é coerente com as estações, é possível pensar que esses elementos podem implementar arquiteturas que não utilizam apenas um meio compartilhado, mas sim possibilitam a troca de mensagens entre várias estações simultaneamente. Desta forma, estações podem obter para si taxas efetivas de transmissão bem maiores do que as observadas anteriormente. Esse tipo de elemento central é denominado (assim como na topologia em estrela) *switch*.

Seguir essa tendência utilizando-se dos métodos de acesso para meios compartilhados impõe limitações muito grandes às taxas de transmissão que se pode atingir, muito embora tenha sido uma necessidade de mercado manter as interfaces anteriormente padronizadas. Mas a evolução natural, como não poderia deixar de ser, veio com a criação de novas interfaces de acesso que permitiram que taxas de transmissão bem maiores fossem utilizadas. As redes ATM, baseiam-se na presença de *switches* de grande capacidade de comutação que permitem taxas de transmissão que podem chegar à ordem de Gbps.

Assim, a topologia em estrela, fisicamente, retoma seu lugar no mundo das redes de computadores.

5.8 - Critérios de Escolha

Quando temos que instalar uma rede, a topologia que vamos escolher é muito importante, porém ela vai depender de alguns fatores tais como cabeamento e estrutura de administração.

No caso de redes locais o cabeamento vai influenciar, pois se escolhermos rede em cabo coaxial, teremos que optar pela rede em barra, ou anel. Se optarmos por par trançado estaremos utilizando uma estrutura física em estrela.

A estrutura de administração é importante, pois se a mesma for centralizada, devemos usar uma estrutura em estrela para centralizar todos os equipamentos em um único local.

Vários outros critérios são necessários para analisar a topologia, que variam de instalação para instalação.

5.9 - Exercícios

- 1) O que é transmissão ponto a ponto e multiponto?
- 2) Qual a principal diferença entre ponto a ponto e multiponto?
- 3) Descreva uma topologia em anel, totalmente ligada e parcialmente ligada?
- 4) Qual o problema de utilizar uma rede com topologia totalmente ligada?
- 5) Quais as principais topologias utilizadas em redes locais e metropolitanas?
- 6) Explique a topologia em anel, estrela e barra?
- 7) O que é topologia lógica e física?
- 8) Qual a topologia de uma rede em barra e parte em estrela?

CAPÍTULO 6 - CONTROLE DE ACESSO AO MEIO

Na arquitetura de rede local, o meio de transmissão é compartilhado por todas as estações ligadas a ele. Desta forma deve ser usado um protocolo para tornar viável o acesso a este meio compartilhado. Os protocolos de acesso ao meio foram desenvolvidos na maioria dos casos para uma topologia particular de rede. No entanto devemos notar que muitas das estratégias de controle podem ser usadas em qualquer topologia, embora às vezes sejam mais adequadas a uma topologia particular.

6.1 - Introdução

As redes podem ser divididas em duas categorias: as que usam conexões ponto a ponto e as que utilizam um canal de difusão. Em qualquer rede de difusão, a questão fundamental está em determinar quem tem direito de usar o canal quando há competição por ele. Para tornar mais claro esse ponto, considere uma chamada telefônica de conferência, na qual seis pessoas, em seis telefones diferentes, estão todas ligadas entre si, de forma que cada um pode ouvir e falar com todas as outras. É muito provável que quando uma delas parar de transmitir, duas ou mais começarão a comunicar-se ao mesmo tempo, levando ao caos. Em um encontro face a face, o caos é evitado por meios externos, por exemplo as pessoas levantam a mão para pedir permissão para falar. Quando existe apenas um canal disponível, determinar quem é o próximo é muito mais difícil. Existem várias alternativas para controlar quem vai usar o meio, e será o objetivo deste capítulo apresentá-las.

Existem basicamente três categorias principais para controle de acesso ao meio: *round robin*, reserva e contenção (disputa).

- **Round Robin** com esta técnica, cada estação em uma volta é dada a oportunidade de transmitir. Durante esta oportunidade, a estação pode declinar da transmissão ou pode transmitir sujeito à algum limite superior fixado, usualmente expresso como um montante de dados transmitidos ou um período de tempo
- **Reserva** neste método normalmente o meio físico é dividido em *slots*, e uma determinada máquina que vai transmitir muitos dados pode realizar uma reserva de *slots*.
- **Contenção** com esta técnica nenhum controle é exercido para determinar de quem é a vez de transmitir, todas as estações disputam pelo tempo de uma maneira que pode ser, áspero e prejudicial.

6.2 - Parâmetros para Avaliação

Na avaliação de protocolos de controle de acesso, atributos específicos podem ser usados, tais como: capacidade, equidade ou justiça (fairness), prioridade, estabilidade em sobrecarga e retardo de transferência.

Capacidade é a vazão máxima que o método de acesso pode tirar do meio, em percentagem da banda passante disponível. A taxa de transmissão, comprimento da rede, número de nós, tamanho do quadro, tamanho do cabeçalho e o retardo em cada estação (filas de espera, retransmissão etc.) são algumas das variáveis que afetam a capacidade.

Justiça no acesso é desejável na maioria das redes, a fim de permitir às estações o acesso aos recursos compartilhados. Justiça não implica em ausência de prioridade de acesso. Implica simplesmente que a estação deverá ser tratada com igualdade dentro de sua classe de prioridade.

O acesso com *prioridade* é desejável em várias aplicações, principalmente naquelas que envolvem controle em tempo real.

Estabilidade é uma característica importante em aplicações onde o carregamento da rede é pesado. Protocolos de acesso que alocam intervalos separados para cada nó são bastante estáveis e não exibem grandes variações de retardo. Esquemas baseados em contenção têm sua estabilidade bastante dependente da realização, exigindo sofisticações no tratamento de conflitos para tornar o protocolo mais estável.

Retardo de transferência, é a soma dos retardos de acesso e de transmissão. O retardo de transferência é na grande maioria dos casos, senão em todos, uma variável aleatória. No entanto, em alguns protocolos, o maior valor que o retardo de transferência pode assumir é limitado.

Os métodos de acesso podem ser divididos em dois grandes grupos: os métodos baseados em contenção e os de acesso ordenado sem contenção.

6.3 - Sinal e Colisão

Um sinal normalmente é representado por uma grandeza física que varia no tempo, gerando assim um gráfico. No nosso curso esta grandeza que varia no tempo será conhecida como tensão e um gráfico típico é o mostrado na figura 6.1. Vamos supor que o sinal seja de 5 volts, por exemplo. Este é o sinal que a placa disponibilizará na rede, normalmente, pois quando a placa está com algum problema, ela pode disponibilizar um sinal completamente fora deste padrão na rede. Quando isto ocorre, as outras placas passam a receber um sinal sem significado que elas interpretam como erro. Outro problema que pode surgir é a emissão simultânea por duas ou mais estações do sinal, isto irá gerar uma tensão diferente da padrão e provocará uma condição chamada colisão.

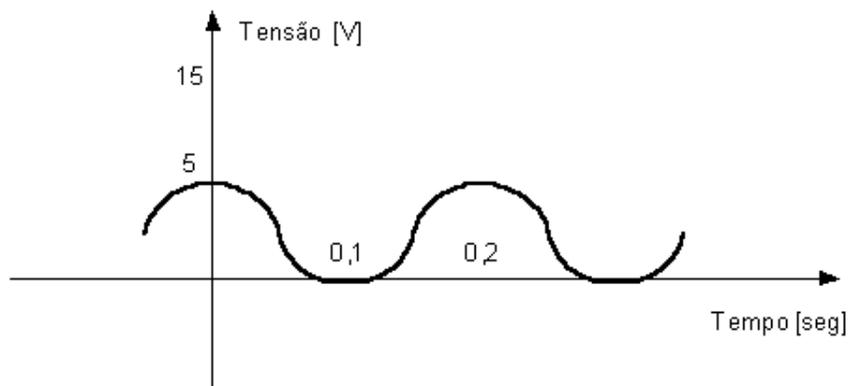


Figura 6.1 - Representação de um sinal no tempo

6.4 - Acesso Baseado em Contenção

Numa rede baseada em contenção não existe uma ordem de acesso e nada impede que dois ou mais nós transmitam simultaneamente provocando uma colisão, o que acarretará, geralmente, na perda da mensagens. A estratégia de controle de contenção vai depender da habilidade que uma estação tem para a detecção de colisão e retransmissão da mensagem. Se assumirmos que o tráfego da rede consome apenas uma pequena percentagem da vazão máxima, o número de colisões e retransmissões será pequeno e o protocolo, bastante eficiente. Mostraremos agora alguns protocolos com acesso baseado em contenção.

Como características principais do acesso baseado em contenção, podemos citar que não existe uma ordem de acesso e nada impede que dois ou mais nós transmitam simultaneamente provocando colisão, o que geralmente causa a perda da mensagem. Com tráfego baixo na rede, o número de colisões e consequentemente, de retransmissões será pequeno e o protocolo será eficiente. Se o tráfego for alto existirá um número grande de colisões, que causarão retransmissões e mais colisões, reduzindo bastante a eficiência.

6.4.1 - Aloha

Este método de acesso foi desenvolvido para a rede Aloha, que lhe emprestou o nome. Aloha é uma rede de radiodifusão via satélite, que começou a operar em 1970. Seu propósito era interligar o centro de computação, pertencente à Universidade do Havaí, em Honolulu, a terminais espalhados por todas as ilhas do grupo. Embora a rede Aloha não possa ser considerada uma rede local, seu estudo é importante uma vez que de seu protocolo resultaram grande parte dos protocolos de acesso baseados em contenção.

A rede Aloha possui dois canais de frequência de rádio, um deles alocado para difusão de mensagens do computador para um terminal, e o outro para difusão de mensagens de um terminal para o computador, conforme a figura 6.2. Como no primeiro canal existe apenas um dispositivo transmissor, nenhum problema de comunicação é encontrado. Entretanto, no segundo canal todos os terminais podem transmitir, o que é exatamente a situação encontrada nas redes locais.

O método de acesso utilizado na rede Aloha é bem simples. Cada terminal só pode receber o canal de transmissão do computador para o terminal, não tendo desta forma, condições de identificar se o outro canal está sendo utilizado por outro terminal ou não. Quando um terminal tem um quadro para transmitir, ele o transmite, independentemente do canal estar sendo utilizado ou não. A técnica de detecção de colisão, bastante simples, é realizada utilizando a propriedade de feedback do canal de difusão. Um transmissor sempre consegue descobrir se o seu quadro foi ou não destruído, bastando observar a saída do canal por um tempo aleatório. Se um quadro de reconhecimento de recepção não tiver chegado ao final da temporização, o quadro original deve ser retransmitido. O intervalo de temporização é aleatório de forma a reduzir a probabilidade de nova colisão de quadros. Este método de acesso é bastante ineficiente devido as colisões que podem ocorrer a qualquer instante. A eficiência, que é uma medida, que especifica do total que foi transmitido quanto chegou com sucesso, é muito baixo neste tipo de acesso, em torno de 18%.

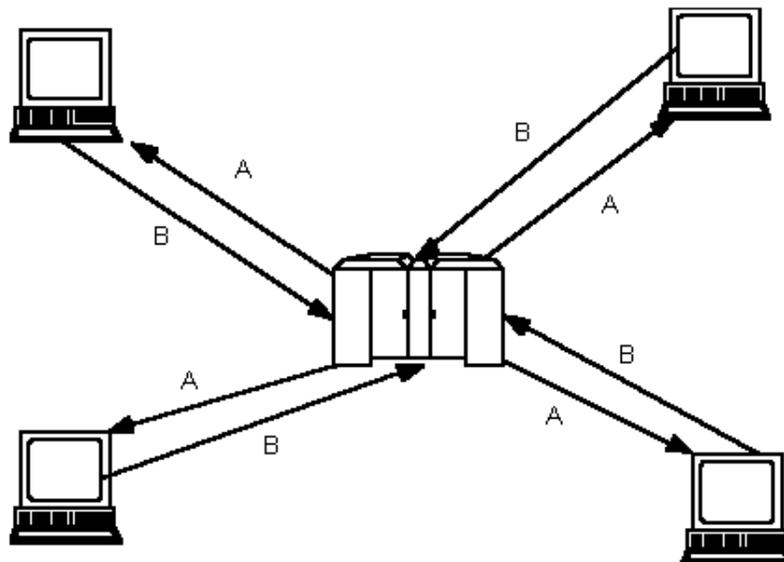


Figura 6.2: Canais na Rede Aloha

6.4.2 - Slotted Aloha

É um modo simples de melhorar a utilização do canal. Restringe-se o tempo que um terminal pode começar a transmitir a fim de reduzir o tempo total gasto por informações inúteis (mensagens já colididas). A eficiência do Slotted-Aloha é praticamente o dobro da Aloha (37% contra 18%). Não permite prioridade no acesso. Nela o tempo é dividido pelo sistema central em intervalos (slots) do mesmo tamanho. Cada terminal pode começar a transmitir apenas no início de cada intervalo.

A grande vantagem desse esquema é sua simplicidade, o que vai refletir em uma realização de baixo custo. Ele é adequado em aplicações onde o tráfego na rede é pequeno e onde prioridade e tempo de resposta limitado não são importantes.

Estes dois métodos hoje em dia servem apenas como exemplo.

6.4.3 - Protocolos Para Redes Locais

Com o ALOHA, a melhor utilização do canal atingível é de $1/e$, onde e é o número de estações. Isto não é surpreendente, uma vez que, com as estações transmitindo, sem considerar o estado das demais, forçosamente provocará muitas colisões. Em redes locais, no entanto, é possível as estações detectarem o estado das outras estações e adaptarem o seu comportamento de acordo. Essas redes alcançam uma utilização muito melhor do que $1/e$.

6.4.4 - CSMA Persistente e Não-persistente

Os protocolos nos quais as estações procuram escutar uma portadora (i.e., transmissão) e agir de acordo são chamados protocolos com detecção de portadora (*carrier sense protocols*).

O primeiro protocolo com detecção de portadora é o CSMA 1-persistente (*Carrier Sense Multiple Access* [Acesso Múltiplo com Detecção de Portadora]). Quando uma estação tem dados a transmitir, ela primeiro escuta o canal para determinar se alguém mais está transmitindo. Se o canal estiver ocupado, a estação espera até que ele se desocupe. Quando a estação detecta um canal desocupado, ela transmite o quadro. Se uma colisão ocorre, a estação espera um intervalo aleatório de tempo e começa de novo a tentar transmitir. Esse protocolo é chamado de 1-persistente porque a estação transmite com probabilidade 1 sempre que encontra o canal desocupado.

O retardo de propagação tem um efeito importante no desempenho do protocolo. Há uma pequena chance de que logo após uma estação começar a transmitir, uma outra estação fique pronta para transmitir e escute o canal. Se o sinal da primeira estação ainda não chegou à segunda, está perceberá um canal desocupado e também começará a transmitir, resultando em uma colisão. Quanto maior o retardo de propagação, maior a importância desse efeito, e pior fica o desempenho do protocolo.

Como exemplo do retardo de propagação, imagine uma rede que tenha tamanho de 1000 metros e a velocidade de propagação do sinal é de aproximadamente $2/3$ da velocidade da luz (3×10^8 m/s), o tempo que o sinal gastará para chegar na ponta da rede, supondo duas estações uma em cada ponta, será $v=s/t$, logo $2 \times 10^8 = 1000/t \rightarrow t=1000/2 \times 10^8 \quad t=5 \times 10^{-5}$ segundos $t=0,05$ milissegundos. Então se durante este intervalo de tempo a última estação tentar transmitir ela identificará que o meio está desocupado, porém ao transmitir haverá uma colisão (veja a figura 6.3).

Mesmo que o retardo de propagação seja zero, ainda assim haverá colisões. Se duas estações ficam prontas para transmitir no meio da transmissão de uma terceira, ambas esperarão educadamente até que a transmissão se encerre, e ambas começarão a transmitir exatamente ao mesmo tempo, resultando em uma colisão. Se elas não fossem tão impacientes, haveria menos colisões. Ainda assim, esse protocolo é muito melhor do que ALOHA puro, pois ambas as estações têm a decência de desistir de interferir em um quadro de uma terceira.

Um segundo protocolo com detecção de protocolos é o CSMA não-persistente (*nonpersistent CSMA*). Neste protocolo, é feita uma tentativa consciente de ser menos guloso do que no anterior. Antes de transmitir, uma estação escuta o canal. Se ninguém mais estiver transmitindo, a estação começa ela própria a transmitir. No entanto, se o canal já estiver em uso, a estação não permanece escutando continuamente com o propósito de se apoderar de imediato do canal após perceber que a transmissão anterior se encerrou. Em vez disso, ela espera um intervalo aleatório de tempo e então repete o algoritmo. Intuitivamente, esse protocolo deveria levar a uma melhor utilização do canal e retardos maiores, do que no CSMA 1-persistente.

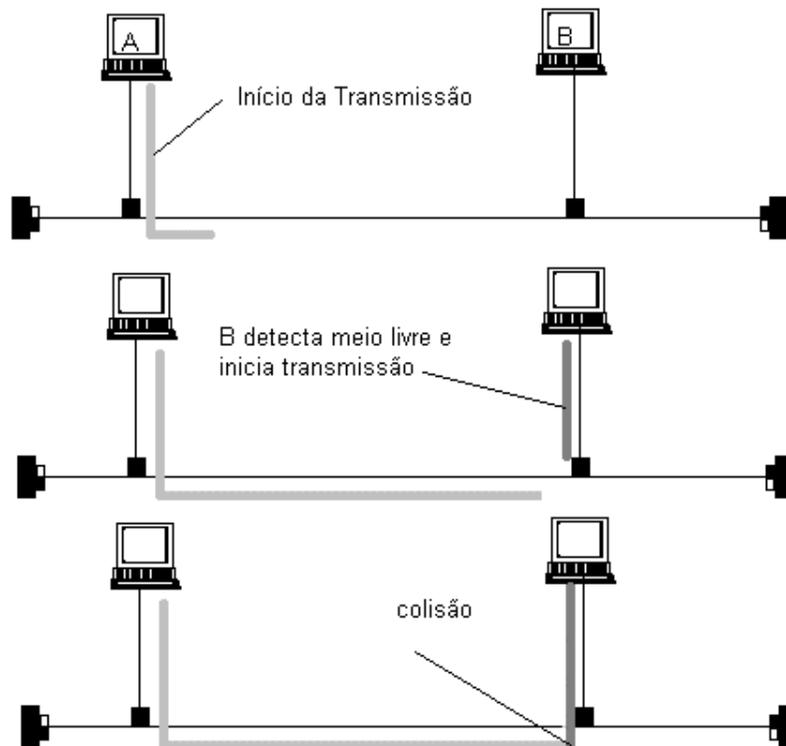


Figura 6.3: Colisão em Redes em Banda Básica

O último protocolo é o CSMA p-persistente. Ele se aplica a canais com aberturas, e funciona como se segue. Quando fica pronta para transmitir, uma estação escuta o canal. Se ele estiver desocupado, a estação transmite com probabilidade p . Com probabilidade $q=1-p$, ela adia até a próxima abertura. Se aquela abertura também estiver desocupada, haverá ou transmissão ou novo adiamento, com probabilidades p e q . Esse processo é repetido até que ou o quadro tenha sido transmitido ou uma outra estação tenha começado a transmitir. Neste último caso ela age com se tivesse ocorrido uma colisão (i.e, espera um tempo aleatório e recomeça).

6.4.5 - CSMA com Detecção de Colisões

Protocolos CSMA persistentes e não-persistentes são claramente uma melhoria com respeito ao ALOHA, porque eles garantem que nenhuma estação começa a transmitir quando percebe que o canal está ocupado. Uma outra melhoria está em que as estações abortam a transmissão assim que detectam uma colisão. Em outras palavras, se duas estações percebem que o canal está desocupado e começam a transmitir ao mesmo tempo; ambas detectam a colisão quase imediatamente. Em vez de terminar a transmissão dos quadros que, de qualquer forma, já estão deturpados, elas deveriam parar de modo abrupto assim que a colisão fosse detectada. Terminar os quadros danificados economiza tempo e banda passante. Esse protocolo, chamado de CSMA/CD (*Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection* [Acesso Múltiplo com Detecção de Portadora]) é largamente utilizado em LANs.

Devido ao fato de que o tempo de propagação no meio ser finito, para que possa haver a detecção de colisão por todas as estações transmissoras, um quadro vai ter de possuir um tamanho mínimo. Sendo t_p o tempo de propagação entre os dois nós mais distantes da rede, M o tamanho do quadro e C a taxa de transmissão, a relação $M \geq 2Ct_p$ para redes em banda básica, terá que ser observada para que haja detecção de colisão. Esse é um fator limitante do método, (ver figura 6.4).

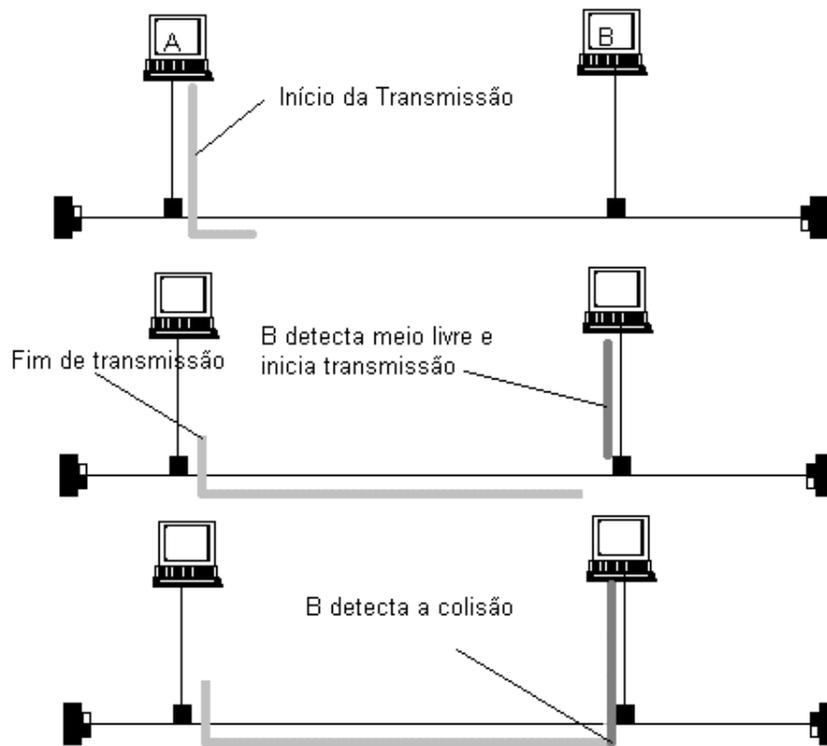


Figura 6.4: Problema de quadro mínimo para colisão

Na figura anterior podemos observar, que se o tamanho do quadro que A vai transmitir for menor que o mínimo calculado para a rede, pode acontecer de A transmitir um quadro, achar que tudo foi certo, porém houve colisão, e A não vai retransmitir o quadro.

Várias observações importantes: quanto maior a distância, maior o tempo de propagação, menor a eficiência, e maior o tamanho mínimo do quadro para a detecção de colisão. A segunda é que quanto maior a taxa de transmissão, maior é o tamanho mínimo do quadro e menor a eficiência, e quanto maior se queira a eficiência, maior deverá ser o tamanho do quadro. Podemos notar portanto que a distância máxima entre os nós será limitada não só pelo meio de transmissão e pela topologia, mas também pelo método de acesso.

Vimos que quanto maior o tamanho do quadro maior será a eficiência na utilização da capacidade do canal. Existem contudo outros fatores que tendem a limitar o tamanho do quadro, incluindo a limitação do tamanho dos buffers de recepção e transmissão dos quadros e a necessidade de diminuir o tempo de ocupação do canal por uma estação a fim de diminuirmos o retardo de transferência. Cabe aqui frisarmos que os limites inferiores e superiores para o tamanho dos quadros são mais do que curiosidades. Observações revelam que os quadros tendem, em sua maioria, a ser muito pequenos (quadros de controle, ou carregando poucos dados) ou do tamanho máximo (usualmente para transferência de grandes massas de dados).

Conforme definido no algoritmo CSMA/CD, detectada uma colisão a estação espera por um tempo para tentar retransmitir. Duas técnicas de retransmissão são mais utilizadas. Uma é conhecida como espera aleatória exponencial truncada (*truncated exponential back off*). A outra é conhecida como retransmissão ordenada (*orderly back off*).

Para pouco tráfego e pequenas distâncias (da ordem de 2 Km) a percentagem de utilização da capacidade do meio pode chegar a 98% com a estratégia CSMA/CD. Para grandes volumes de tráfego o método exhibe uma certa instabilidade.

Retardo de transferência limitado não pode ser garantido também neste esquema.

A realização dessa estratégia não é tão simples como as anteriores, o que vai implicar em uma interface mais cara. No entanto, seu desempenho é melhor e permite um volume de tráfego também maior e, como consequência, permite a utilização de um maior número de estações.

O CSMA/CD com espera aleatória exponencial truncada tornou-se um padrão internacional (ISO 8802-3/IEEE 802.3), sendo de fato o mais popular. O desenvolvimento de pastilhas integradas para a sua realização e a larga escala de produção são a causa do baixo custo das interfaces CSMA/CD.

É importante se dar conta de que a detecção de colisões é um processo *analógica*. O *hardware* da estação deve escutar o cabo enquanto estiver transmitindo. Se o que lê de volta é diferente do que está transmitindo, a estação sabe que uma colisão está ocorrendo. A implicação é que a codificação do sinal deve permitir a detecção de colisões (i.e., a colisão de dois sinais de 0 volts pode ser impossível de ser detectada).

Resumindo a atuação do CSMA/CD:

1. Se o meio está desocupado, transmita; de outro modo, vá para o passo 2
2. Se o meio está ocupado, continue a escutar até o canal estar desocupado, então transmita imediatamente.
3. Se uma colisão é detectada durante a transmissão, transmita um pequeno sinal para assegurar que todas as estações saibam que existiu uma colisão e então cesse a transmissão.
4. Após transmitido o sinal de aviso de colisão, espere um quantidade aleatória de tempo, então tente transmitir novamente.

6.5 - Acesso Ordenado sem Contenção

Ao contrário dos esquemas anteriormente apresentados, vários protocolos são baseados no acesso ordenado ao meio de comunicação, evitando o problema de colisão. Cada método é mais adequado a um determinado tipo de topologia, embora nada impeça seu uso em outras arquiteturas. Os métodos mais usuais são o acesso por polling, por slot, por inserção de retardo, por passagem de permissão (*token passing*), e por reserva.

6.5.2 – Slots

Desenvolvido pela primeira vez por Pierce para a topologia em anel, este esquema é algumas vezes conhecido como anel de Pierce, ou anel segmentado. O método divide o espaço de comunicação em um número inteiro de pequenos segmentos (*slots*) dentro dos quais a mensagem pode ser armazenada. Uma boa imagem, dada por Weitzman é mostrado na figura 6.5, é a de uma estrada circular, com caminhões circulando encostados pára-choque com pára-choque, onde alguns estão carregados e outros não.

Cada slot (caminhão) contém um bit (motorista) que indica se está cheio ou vazio. Ao querer transmitir, cada estação deve esperar por um slot (caminhão) vazio e preenchê-lo então com a mensagem (carga).

Como toda estação sabe o número de slots que a rede contém, por simples contagem ela pode detectar o slot que transmitiu e retorná-lo ao estado vazio.

6.5.3 - Passagem de Permissão

Neste tipo de esquema de controle uma permissão (*token*) - um padrão especial - é passada seqüencialmente de uma estação para outra. Somente a interface que possui a permissão em um determinado instante de tempo pode transmitir quadros. A ordem lógica de transmissão não é necessariamente a ordem física, embora nas topologias em anel geralmente o seja. Esse esquema se adapta muito bem em todos os tipos de topologia, sendo mais usado em redes em anel e em barra comum. Em algumas redes a permissão não é um padrão especial, mas simplesmente a presença ou ausência de transmissão faz avançar um ponteiro, interno a cada estação, que indicará a próxima estação a transmitir.

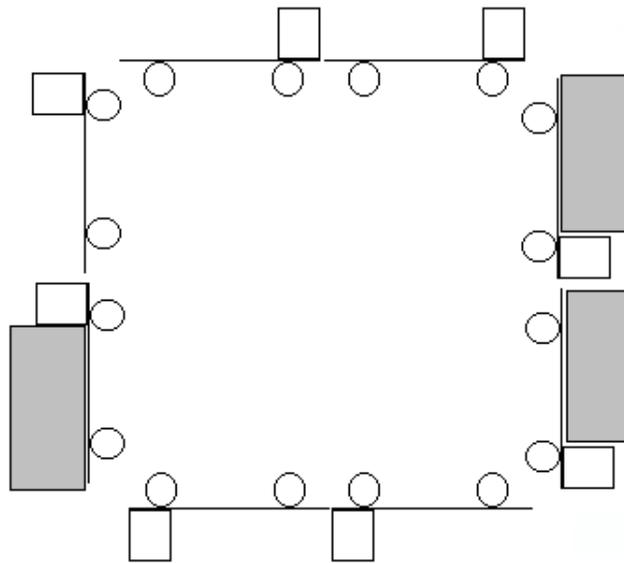


Figura 6.5: Ilustração de um Anel de Slots

6.5.3.1 - Passagem de Permissão em Barra (*Token Bus*)

Nas redes em barra, quando uma estação transmite ela passa a permissão (identificação) para a próxima estação a transmitir assim que a transmissão corrente termine. A permissão é um padrão variável - a identificação da próxima estação - que é passado de estação a estação até que se o ciclo, que recomeça então, simulando um anel virtual. É importante notarmos que a ordem física de conexão nada tem a ver com a ordem lógica no anel virtual, e que mesmo estações que não pertençam ao anel virtual podem receber quadros, embora não possam transmitir.

Uma desvantagem da passagem de permissão em barra é o *overhead* envolvido quando o tráfego é baixo. Uma estação pode ter que esperar por várias passagens de permissões para estações que não têm nada a transmitir, antes de receber a permissão. Por outro lado é bastante simples implementar um esquema de prioridade nesse método.

Uma outra característica desse método é o retardo de transferência máximo limitado. Para aplicações em controle de processos e outras aplicações em tempo real essa característica é bastante desejável.

Essa foi uma das razões que fez com que esse método de acesso, que é um padrão internacional (ISO 8802-4/IEEE 802.4), fosse utilizado para redes utilizadas em ambientes industriais.

6.5.3.2 - Passagem de Permissão em Anel (*Token Ring*)

A passagem de permissão em anel é provavelmente a técnica de controle mais antiga para o anel, tendo sido proposta em 1969 por Farmer e Newhall.

A técnica se baseia em um pequeno quadro contendo a permissão (um padrão fixo), que circula pelo anel, chamado **permissão livre**. Ao recebê-la, a estação altera o padrão para **permissão ocupada** e transmite seus dados logo a seguir. A estação transmissora é responsável pela retirada de sua mensagem do anel e pela inserção de nova permissão livre. O momento da inserção de uma permissão livre no anel varia conforme o tipo de operação, que pode ser: *single packet*, *single token* e *multiple token*.

Como nos outros protocolos em anel, esse método também vai precisar de uma monitora capaz de retirar quadros que circulam indefinidamente na rede, quer por erro de endereçamento ou falhas na estação transmissora. Existe ainda outra condição de erro que pode parar todo o funcionamento do anel e que deve ser resolvida pela estação monitora: a perda da permissão.

Analisando a passagem de permissão em anel estritamente do ponto de vista de protocolo, e não da topologia, ela possui as mesmas vantagens e desvantagens da passagem de permissão explícita em barra, com uma vantagem adicional. Na passagem de permissão em anel não existe *overhead* quando o tráfego é baixo e nenhum preâmbulo é necessário para sincronismo, uma vez estando o anel iniciado. Isso faz com que a eficiência na utilização da capacidade do meio seja maior, principalmente em baixo tráfego.

Esse foi o método de acesso padronizado pelo IEEE e posteriormente pela ISO (IEEE 802.5/ISO 8820-5). O modo de operação básico adotado no padrão é o *single token*, entretanto o padrão permite opcionalmente a utilização da estratégia *multiple token* quando a taxa de transmissão adotada é de 16 Mbps.

6.6 - Protocolos de Acesso em Redes Óticas

Os componentes eletrônicos usuais operam em taxas de transmissão da ordem de até poucas dezenas de Gbps (Gigabits por segundo). Componentes óticos possuem potencial para no futuro suportar taxas da ordem de Tbps (Terabits por segundo). Utilizando os novos dispositivos óticos, é possível multiplexar e demultiplexar dezenas ou mesmo centenas de canais de alta velocidade (por exemplo 1 Gbps), com comprimentos de ondas diferentes, em uma única fibra ótica. Para poder aproveitar todos estes recursos, foram desenvolvidos novos padrões: *Slotted-Aloha/PA*, *TDMA -C*, *AMTRAC* e *Pipeline*.

6.7 - Protocolos de Acesso com Prioridade

A proliferação de redes locais induziu um grande número de aplicações que exigem requisitos bem diferentes do sistema de comunicação. Em particular, os requisitos de tempo de acesso, desempenho e outros podem variar de tal modo que a otimização de acesso para uma dada aplicação pode resultar em uma degradação de acesso para outra, até um ponto insustentável.

A necessidade de funções de prioridade em ambientes de multiacesso é evidente. Uma vez que diferentes aplicações impõem diversos requisitos ao sistema, é importante que o método de acesso seja capaz de responder às exigências particulares de cada uma dessas aplicações. Funções de prioridade oferecem a solução para esse problema.

São várias as razões para a introdução de um esquema de prioridade em ambientes multiacesso. Para ilustrar, tomem os como primeiro exemplo uma rede utilizada inicialmente para dar suporte ao tráfego interativo entre terminais e computadores. Medidas têm demonstrado que apenas uma pequena utilização do canal é feita em tal tipo de aplicação. Uma grande porção do canal encontra-se ociosa e poderia ser utilizada se

permitted um outro tipo de aplicação simultânea, como, por exemplo, transferência de arquivos entre computadores. Essa outra aplicação, mesmo utilizando uma pequena percentagem da banda passante ociosa do canal, pode introduzir retardos indesejáveis no tráfego interativo, uma vez que disputa o acesso à rede com o mesmo. A solução para a utilização do tráfego ocioso disponível, mantendo a níveis aceitáveis o tráfego interativo, pode exigir um esquema que dê às mensagens interativas uma prioridade sobre as mensagens de transferência de arquivos. Um esquema de prioridade de mensagens seria então necessário.

6.8 - Exercícios

- 1) Quais os principais parâmetro para avaliação de acesso ao meio?
- 2) O que é sinal, exemplifique?
- 3) O que é colisão, mostre um exemplo?
- 4) O que é acesso baseado em contenção?
- 5) Como funciona o CSMA/CD, cite uma rede onde é utilizado?
- 6) Explique o acesso ordenado sem contenção?
- 7) O que é passagem de permissão, explique?
- 8) O que é token bus e token ring?
- 9) Qual a utilidade de um protocolo de acesso com prioridade?

CAPÍTULO 7 - PADRÕES DE REDES LOCAIS

Neste capítulo abordaremos alguns protocolos dos níveis físico e de enlace, padronizados pela ISO, IEEE e ANSI para redes locais e metropolitanas.

O projeto IEEE 802 resultou na publicação de uma família de padrões, relacionados aos níveis físico e de ligação do modelo de referência OSI, para redes locais e metropolitanas de computadores. A figura 7.1 apresenta a relação entre os padrões IEEE 802 e o MR OSI.

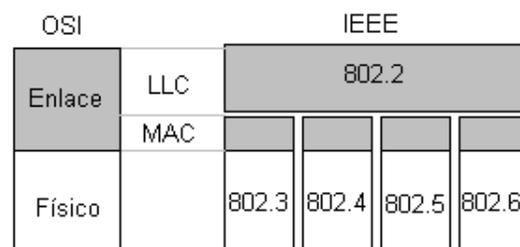


Figura 7.1: Relação entre os padrões IEEE 802 e OSI

7.1 - Padrão IEEE 802

Com o objetivo de elaborar padrões para redes locais de computadores nasceu o projeto IEEE 802, que ficou a cargo de um comitê instituído em fevereiro de 1980 pela IEEE *Computer Society*. O comitê 802 publicou um conjunto de padrões, adotados como padrões nacionais americanos pela American National Standards Institute (ANSI). Esses padrões foram posteriormente revisados e republicados como padrões internacionais pela ISO com a designação ISO 8802.

O modelo de referência elaborado pela IEEE definiu uma arquitetura com três camadas. Para entender esse modelo devemos observar que as funções de comunicação mínimas e essenciais de uma rede local correspondem aos níveis 1 e 2 do modelo OSI. Na figura 7.2 podemos ver a relação completa entre OSI e IEEE.

O padrão IEEE 802.1 é um documento que descreve o relacionamento entre os diversos padrões IEEE 802 e o relacionamento deles com o modelo de referência OSI. Esse documento contém também padrões para gerenciamento da rede e informações para a ligação inter-redes. O padrão ANSI/IEEE 802.2 (ISO 8802/2) descreve a subcamada superior do nível de enlace, que utiliza o protocolo Logical Link Control Protocol. Os outros padrões que aparecem na figura 7.2 especificam diferentes opções de nível físico e protocolos da subcamada MAC para diferentes tecnologias de redes locais:

- Padrão IEEE 802.3 (ISO 8802/3): rede em barra utilizando CSMA/CD como método de acesso.
- Padrão IEEE 802.4 (ISO 8802/4): rede em barra utilizando passagem de permissão como método de acesso (*token bus*).
 - Padrão IEEE 802.5 (ISO 8802/5): rede em anel utilizando passagem de permissão como método de acesso (*token ring*).
 - Padrão IEEE 802.6 (ISO 8802/6): rede em barra utilizando o *Distributed Queue Dual Bus* (DQDB) como método de acesso.

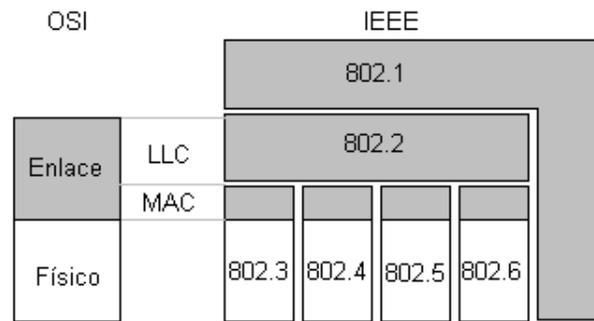


Figura 7.2: Relação entre os padrões IEEE 802 e OSI

7.2 Padrão IEEE 802.3 (CSMA/CD)

O ANSI/IEEE 802.3 (ISO 8802-3) é o padrão para redes em barra utilizando o CSMA/CD como método de acesso. O padrão provê a especificação necessária para redes em banda básica operando em 1 e 10 Mbps, e para redes em banda larga operando a 10 Mbps.

Vale salientar aqui que o padrão IEEE 802.3 não é igual ao padrão *Ethernet*. Eles apresentam algumas diferenças, as principais são relacionadas ao tamanho de dados, na camada MAC.

Neste padrão existe o número da placa de rede, que é único, e encontra-se na camada MAC.

Para que unidades de dados sejam adequadamente transmitidas e recebidas, pelas estações, cada estação ou dispositivo conectado à rede deve possuir um endereço que o identifique de modo único. De um modo ainda mais geral, quando duas ou mais redes são interconectadas, deve-se garantir que os endereços dos dispositivos continuem identificando-os univocamente. Para atender a esses requisitos, o projeto IEEE 802 permite que sejam utilizadas duas formas de endereçamento.

Na primeira delas é responsabilidade da organização que instala a rede atribuir endereços aos dispositivos nela conectados. Os endereços podem ter 16 ou 48 bits de comprimento. Os endereços manipulados dessa forma são denominados *localmente administrados*.

A segunda forma de endereçamento utiliza endereços de 48 bits e um esquema de endereçamento *universal*. Nesse esquema, blocos de endereços distintos são distribuídos aos fabricantes que responsabilizam-se pela atribuição de endereços aos produtos que fabricam. Esse esquema de alocação de endereços garante que não haja duplicação mesmo quando redes distintas são interligadas. A utilização do esquema de endereçamento universal simplifica o gerenciamento, porém aumenta o overhead da transmissão. Os fornecedores de produtos de rede devem decidir se usarão uma ou ambas as formas, cabendo aos usuários a escolha da forma que irão utilizar em suas redes.

O padrão IEEE 802.3 define várias opções de meio físico e taxa de transmissão. Para distinguir entre as várias implementações que estão disponíveis desenvolveu a seguinte notação:

<taxa de transmissão em Mbps><técnica de sinalização><tamanho máximo do segmento * 100>

Por exemplo, a especificação 10BASE5 significa que a taxa de transmissão é de 10 Mbps, a técnica de sinalização é banda básica, e o comprimento máximo do segmento é de 500 metros.

As alternativas existentes são as seguintes:

- 10BASE5
- 10BASE2
- 10BASE-T
- 10BROAD36
- 10BASE-F

7.2.1 - Especificação 10BASE5

Com o objetivo de permitir a ligação de estações localizadas a pequenas distâncias (no máximo 50 m) do meio de transmissão, o padrão IEEE 802.3 especifica a **AUI** (*Attachment Unit Interface*). Nesse tipo de configuração, uma parte dos circuitos que implementam as funções do nível físico fica no **MAU** (*Medium Attachment Unit*) junto ao meio físico, e a outra parte fica na estação (normalmente na placa de rede).

O MAU, também chamado de transceptor, foi definido com o objetivo de fornecer um meio simples, barato e flexível de ligar dispositivos ao meio físico de transmissão. As funções básicas do MAU são transmitir, receber e detectar a presença de sinais no meio.

A especificação 10BASE5 define as características funcionais, elétricas e mecânicas da unidade de conexão ao meio - MAU e de um meio específico para implementação de uma rede local com sinalização em banda básica. A figura 7.3 mostra os componentes usados para ligar uma estação à rede local segundo a especificação 10BASE5.

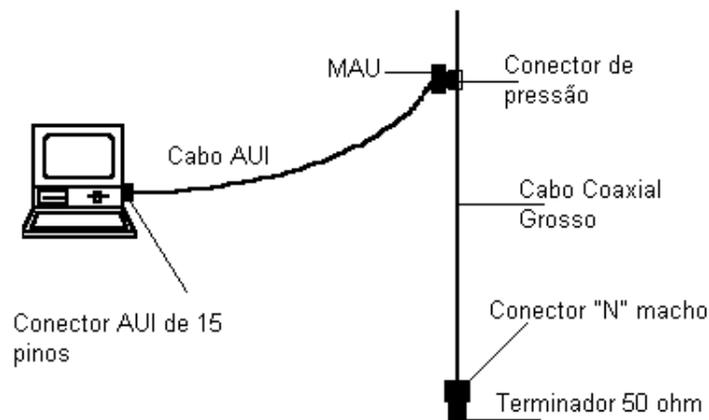


Figura 7.3: Conexão de uma estação a uma rede IEEE 802.3 10BASE5

O meio de transmissão definido nessa especificação é o cabo coaxial grosso (*thick coaxial cable*), que tem aproximadamente 1,2 cm de diâmetro e é pouco flexível. A impedância do cabo deve ser de 50 ohms + 2 ohms. Nas extremidades do cabo devem ser instalados terminadores com impedância de 50 ohms + 1 ohm, para minimizar as reflexões. O comprimento máximo do cabo é de 500 metros. A taxa de transmissão é de 10 Mbps, usando sinalização digital com codificação Manchester. A taxa média de erros em bits na interface do serviço do nível físico deve ser menor que 1 erro em cada 10⁸ bits transmitidos.

As estações são ligadas ao cabo através de MAUs externos localizados junto ao cabo coaxial. Para garantir que as reflexões provocadas por conexões adjacentes não se somem em fase, a distância entre duas ligações deve ser um múltiplo de 2,5 m. A especificação define que devem ser efetuadas no máximo 100 ligações ao cabo. O mecanismo de ligação (MDI) mais usado na conexão dos MAUs ao cabo é o conector de pressão. Um cabo AUI com no máximo 50 metros é usado para alimentar o MAU com energia fornecida pela estação, e transportar os sinais entre o MAU e a estação. Na

estação, a ligação à rede é realizada através de uma placa de rede, que possui um conector para ligação ao cabo AUI.

O comprimento da rede pode ser estendido através da ligação de segmentos de cabo utilizando repetidores, nós iremos à frente ver este equipamento.

7.2.2 - Especificação 10BASE2

A especificação 10BASE2 foi elaborada com o intuito de prover um meio simples, barato e flexível de ligar dispositivos ao meio físico de transmissão de uma rede local de computadores. Esse padrão coloca as funções do MAU ao DTE, fazendo com que a conexão com o cabo coaxial seja realizada diretamente no DTE. A interconexão dos DTEs é implementada com o uso de cabos coaxiais finos (thin coaxial cable) e conectores BNC, como mostra a figura 7.4. A eliminação do MAU externo e da AUI como componentes separados, e a utilização de componentes amplamente disponíveis implica em um menor custo de implementação da especificação 10BASE2 em relação à 10 BASE5.

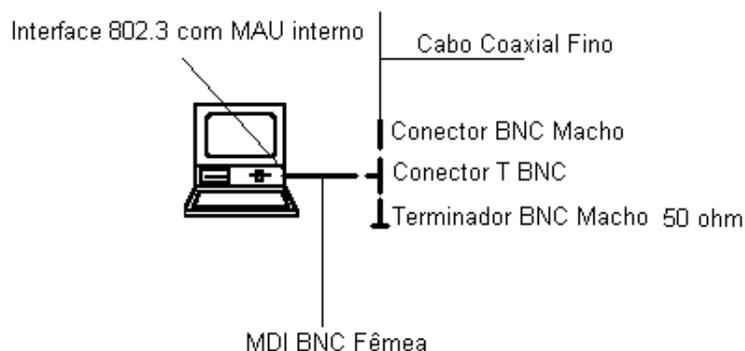


Figura 7.4: Conexão de uma estação a uma rede IEEE 802.3 10BASE2

O meio de transmissão especificado no padrão 10BASE2 é o cabo coaxial fino (aproximadamente 0,5 cm de diâmetro), que é mais flexível e fácil de manipular do que o cabo coaxial grosso. A impedância característica do cabo deve ser de 50 ohms + 2 ohms. Nos conectores T das extremidades do cabo devem ser instalados terminadores com impedância de 50 ohms + 1 ohm, para minimizar as reflexões. A taxa de transmissão é de 10 Mbps usando sinalização digital com codificação Manchester. A taxa média de erros em bits na interface do serviço do nível físico deve ser menor que 1 erro em cada 10^7 bits transmitidos. O comprimento máximo do cabo é de 185 metros.

Na especificação 10BASE2, o MAU é montado dentro da interface 802.3 (placa de rede no DTE), tornando o cabo AUI desnecessário. O cabo coaxial fino é suficientemente flexível para ser conectado diretamente na interface. A interface é um conector BNC fêmea. Para ligar a estação ao cabo coaxial fino, o conector da interface é ligado a uma das extremidades de um conector BNC tipo T com impedância constante de 50 ohms. As outras duas extremidades do conector T fazem a conexão mecânica e elétrica com o cabo coaxial fino. Podem ser conectados até 30 MAUs a um cabo coaxial fino. O espaço mínimo entre conexões é de 0,5 metro. O padrão especifica que o comprimento do conector da MDI seja menor que 4 cm, para prevenir a ocorrência de reflexões.

A especificação 10BASE2 aplica o mesmo esquema de detecção de colisão que a 10BASE5, e também permite que o comprimento da rede seja estendido com a utilização de repetidores. A

distância máxima entre duas estações da rede deve, no entanto, como na especificação 10BASE5, ser limitada pela especificação do tamanho mínimo da mensagem.

Como as duas especificações usam a mesma taxa de transmissão, é possível misturar segmentos 10BASE2 e 10BASE5 na mesma rede utilizando repetidores compatíveis com o 10BASE2 de um lado e com o 10BASE5 de outro.

7.2.3 - Especificação 10BASE-T

A especificação 10BASE-T define as características funcionais, elétricas e mecânicas do MAU tipo 10BASE-T e do meio de transmissão que deve ser usado com esse MAU. O objetivo do MAU 10BASE-T é fornecer um meio simples, barato e flexível de ligar dispositivos ao meio físico de transmissão. A especificação 10BASE-T é dirigida a aplicações em escritórios onde já existem cabos com pares trançados (*twisted-pair*) instalados, sendo este o motivo do "T" no título da especificação.

O meio de transmissão definido no 10BASE-T é o par trançado. O par trançado comum (fio de telefone com 0,5 mm de diâmetro - EIA/TIA Categoria três) suporta uma taxa de transmissão de 10 Mbps, em distâncias de até 100 metros. O comprimento máximo do segmento pode ser maior ou menor que 100 metros, dependendo da qualidade do par trançado utilizado. A técnica de transmissão utilizada é a sinalização em banda básica.

O padrão 10BASE-T define que os MAUs sejam interligados por enlaces ponto a ponto full-duplex utilizando dois pares trançados, um para transmissão e o outro para recepção de dados. Essa configuração só permite ligar dois DTEs. A construção de redes com mais de dois DTEs requer o uso de repetidores multiporta (hubs) para interligar dois ou mais enlaces. Nesse caso, a topologia em estrela é adotada para a fiação da rede. O repetidor recebe um sinal de entrada em qualquer uma de suas portas e repete esse sinal em todas as portas. Quando o repetidor recebe mais de um sinal de entrada simultaneamente, ele detecta a ocorrência de uma colisão, e transmite um sinal de reforço de colisão para todos os enlaces. Quando recebe um sinal de reforço de colisão em uma de suas portas (ligada a outro repetidor), o repetidor repassa esse sinal para todas as suas portas.

O 10BASE-T permite que o MAU seja externo ou interno (na placa de rede) ao DTE, o mesmo valendo para os MAUs de repetidor. A figura 7.5 mostra uma estação ligada a um hub que possui seis portas, a sexta porta pode ser usada para ligação a um outro hub, existe uma outra porta que pode ser usada para ligação de um segmento 10BASE5 através do conector AUI, ou de segmento 10BASE2 através do conector BNC.

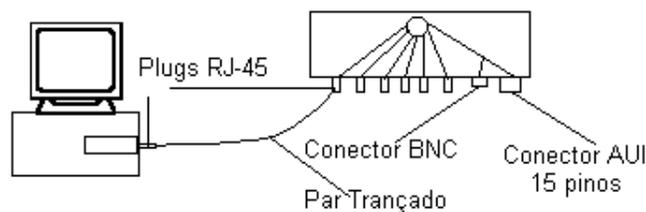


Figura 7.5: Ligação de uma estação à rede IEEE 802.3 10BASE-T

Na figura 7.6 vemos dois hubs interligados pela sexta porta.

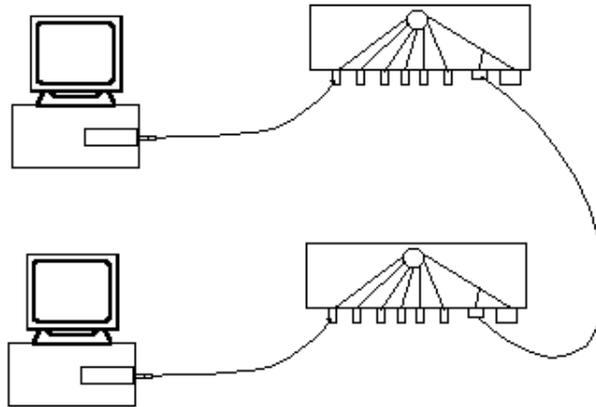


Figura 7.6: Interconexão de duas redes 10BASE-T

A especificação 10BASE-T considera que um número significativo de redes seja implantado com base em sistemas de cabeamento telefônico previamente instalados. Esses sistemas incluem, além da fiação baseada em par trançado, conectores RJ-45 etc.

Tipicamente, o DTE é ligado por um cabo a uma tomada que é conectada, através da fiação do prédio e de um cross connect, ao MAU do repetidor que fica no armário de fiação. O padrão EIA/TIA 568, fornece especificações para meios de transmissão e práticas de instalação que são compatíveis com o padrão 10BASE-T.

7.2.4 - Especificação 10BASE-F

A especificação 10BASE-F habilita usuários a utilizar as vantagens da distância e características da transmissão disponíveis com o uso da fibra ótica.

Os três principais tipos de fibra são:

- **10-BASE-FP (Passivo)** Uma topologia em estrela para interconexão de estações e repetidores em segmentos de até 1 km.
- **10-BASE-FL (Enlace)** Define uma ligação ponto-a-ponto que pode ser utilizada para conectar estações e repetidores na distância de até 2 km.
- **10-BASE-FB (Backbone)** Define uma ligação ponto-a-ponto que pode ser utilizada para conectar repetidores na distância de até 2 km.

Todas as três especificações fazem uso de um par de fibra ótica para cada enlace de transmissão, um para transmissão em cada direção. Todos usam a codificação Manchester.

A diferença entre o 10BASE-FB e o 10BASE-FL, está no fato que o 10BASE-FB pode ser cascadeado em até 15 repetidores em seqüência para atingir distâncias maiores.

7.2.5 - 10BROAD36

A especificação 10BROAD36 é a única especificação do 802.3 que utiliza banda-larga. O meio físico utilizado é o cabo coaxial padrão de 75-ohm. Como sinalização utiliza o *differential phase-shift keying* (DPSK)

7.3 - Padrão IEEE 802.4 (*Token Bus*)

ANSI/IEEE 802.4 (ISO 8802-4) é o padrão para redes em barra com sinalização em banda larga utilizando a passagem de permissão como método de acesso. Quatro tipos de meios em barra, com as suas entidades correspondentes de nível físico, foram especificadas por esse padrão. Eles diferem particularmente pelas formas de sinalização especificadas para cada tipo de entidade do nível físico.

Este padrão utiliza uma barra como meio físico, porém em relação a lógica, funciona como fosse um anel.

Este método de acesso não é muito utilizado, pois a dificuldade de implementação do mesmo é muito grande.

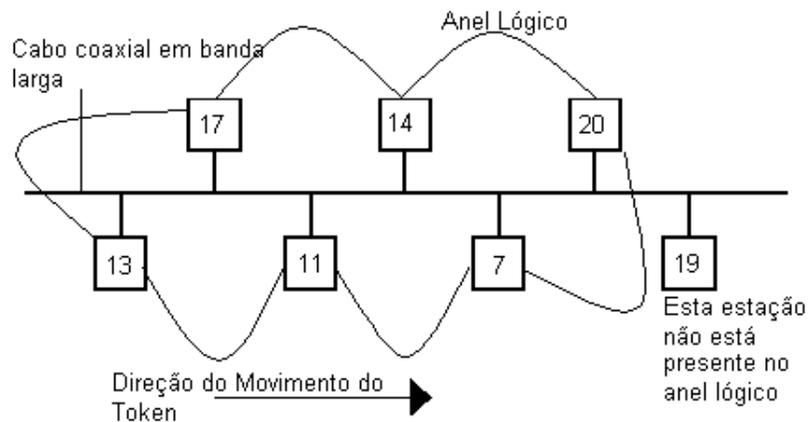


Figura 7.7: Token bus

7.4 - Padrão IEEE 802.5 (*Token Ring*)

ANSI/IEEE 802.5 (ISO 8802-5) é o padrão para redes em anel utilizando passagem de permissão como método de acesso. O padrão provê a especificação necessária para redes em banda básica operando em 4Mbps ou 16Mbps, utilizando como meio de transmissão o par trançado.

A técnica de sinalização utilizada pelo nível físico é a codificação Manchester diferencial.

A versão atual do padrão IEEE 802.5, especifica como meio de transmissão o par trançado blindado (cabo STP com 150 ohms de impedância) operando a 4 ou 16 Mbps com no máximo 250 repetidores ligados ao anel; ou o par trançado comum (cabo UTP) operando a 4 Mbps com no máximo 250 repetidores ligados ao anel. Está sendo elaborada pelo IEEE [IEEE 92] uma revisão desse padrão que inclui o par trançado sem blindagem (cabo UTP de 100 ohms) também operando a 16Mbps.

A referência [IEEE 92] define uma rede *token ring* como sendo um sistema cuja topologia lógica é em anel e a topologia da fiação é em estrela. Segundo essa topologia, anel-estrela, cada estação (DTE) é conectada por um cabo local (*lobe cable*) a um TCU (*Trunk Coupling Unit*).

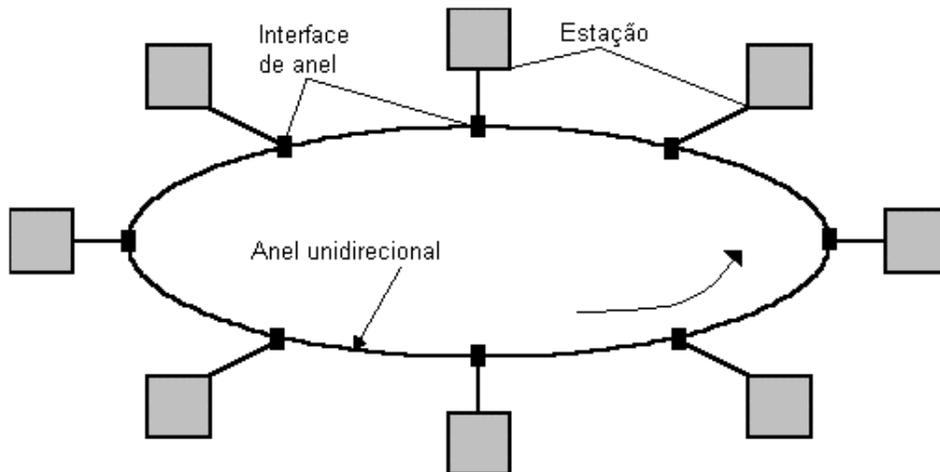


Figura 7.8: Token Ring

7.6 - FDDI - (*Fiber Distributed Data Interface*)

FDDI - É uma **rede local** de **alta velocidade** de transmissão - 100Mbps - 100 Mega bits por segundo. Ela foi definida por um grupo de estudos da ANSI (American National Standards Institute) e adotada pela padronização ISO. Seu meio de transmissão padrão e original é a fibra ótica, porém foram desenvolvidos protocolos para que opere com outros meios de transmissão. Sua operação é feita em duplo anel (maior segurança) e usando o token passing (passagem da Permissão) como mecanismo de acesso ao meio. Na prática é usado geralmente como Backbone, ou seja a espinha dorsal da de uma série de redes locais interligadas

Neste padrão podemos utilizar dois tipos de meio físico, o par trançado, e a fibra ótica, porém os limites de distância para o par trançado que é de 100 metros entre cada estação e de 2 km para a fibra ótica, tem que ser observado, o número de estações para ambos meios físicos é de 500 máquinas.

7.7 - IEEE 802.11 (Wireless Networks)

Para elaborar um padrão para redes locais sem fio (*wireless LANs*), o IEEE constituiu o "*Wireless Local-Area Networks Standard Group, IEEE Project 802.11*". O objetivo desse projeto é definir um nível físico, para redes onde as transmissões são realizadas na frequência de rádio ou infravermelho, e um protocolo de controle de acesso ao meio.

7.8 - Extensões à Rede Ethernet

O objetivo das tecnologias discutidas nesta seção é aumentar a vazão das redes Ethernet atuais (padrão IEEE 802.3), o que obviamente implica em algumas modificações. A idéia é fornecer uma alternativa de crescimento natural, principalmente, para o padrão 10BASE-T.

Existe uma grande confusão sobre o que realmente são extensões de uma rede Ethernet. Na realidade, a maioria das propostas, se distanciam bastante da rede IEEE 802.3, indicando que o termo Ethernet é utilizado muito mais por razões ligadas a marketing do que por razões técnicas. Para efeito dessa discussão, consideramos como extensões de redes Ethernet as redes locais que fornecem taxas superiores aos 10 Mbps (half duplex) fornecidos pelas redes 802.3, mantendo, do ponto de vista das estações, o acesso baseado no CSMA/CD.

As LANs tradicionais utilizam técnicas baseadas no compartilhamento da banda passante. Nessas LANs, o sistema de comunicação é compartilhado pelas estações segundo regras definidas por um método de acesso, no caso das redes Ethernet, o CSMA/CD. As tecnologias que serão aqui discutidas, apresentam

como característica comum a topologia em estrela, onde as estações são ligadas a um nó central por enlaces ponto a ponto. Notem que, nesse tipo de topologia, a banda passante do enlace é dedicada à estação, ficando os recursos compartilhados confinados dentro do nó mestre.

Essas quatro propostas de tecnologia, são classificadas como extensões das redes Ethernet (na realidade do padrão IEEE 802.3 10BASE-T), a saber: 100BASE-T (Fast Ethernet) - IEEE 802.3u, 100VG-AnyLAN - IEEE 803.12, Isochronous Ethernet - IEEE 802.9 e *Switches* Ethernet.

Vale lembrar que apesar de podermos aumentar a velocidade das redes locais, isto não será possível, se as estações que a estão utilizando não conseguem gerar dados de forma suficientemente rápida para utilizar toda a capacidade instalada das redes. Portanto antes de pensar em aumentar a velocidade deve-se analisar a capacidade das máquinas que estão instaladas na sua rede.

Desses novos padrões os dois mais comuns são o 100BASE-T e o 100VG AnyLAN.

7.8.1 - *Switches* Ethernet (Ethernet Comutada)

Para Ethernet comutada dependemos de *switches* multiporta centralizados, que são de custo alto, para fornecer uma conexão física entre múltiplos segmentos de LAN. Ela também oferece um excelente caminho de migração para Ethernet de 10 para 100 Mbps, desde que ambos os segmentos possam operar pelo mesmo comutador.

Benefícios da Rede Ethernet Comutada - é uma técnica com excelente custo-benefício para aumentar a saída global da rede e reduzir o congestionamento em uma rede de 10 Mbps. Além do acréscimo do hub de comutação, a rede Ethernet permanece a mesma - os mesmos cartões de interface de rede, o mesmo *software* de cliente, o mesmo cabeamento LAN.

7.8.2 - 100BASE-T (IEEE 802.3u Fast-Ethernet)

100BASE-T preserva a familiar técnica de acesso ao meio CSMA/CD utilizada em redes Ethernet de 10 Mbps. Ele também suporta uma grande variedade de opções de cabeamentos: dois padrões para par trançado, um para fibra ótica. **100BASE-TX** suporta cabos de 2 pares UTP de categoria 5 ou STP tipo 1. **100BASE-T4** utiliza cabos de 4 pares de Categoria 3 ou 4. **100BASE-FX** permite conexões de fibra ótica, via cabos de fibra ótica em multimodo duplex.

Benefícios do 100BASE-T - Preserva o CSMA/CD, portanto sistemas de gerenciamento de rede existentes não necessitam ser reescritos. Pode ser facilmente integrado em LANs Ethernet de 10 Mbps existentes, assim o investimento inicial é menor. Também é suportado por centenas de fornecedores da indústria de redes de alta velocidade.

Vantagens do 100BASE-T

- Transportam dados, voz e vídeo a até 100 Mbps.
- Suportam protocolos CSMA/CD, assim você pode utilizar *softwares* de rede já existentes.
- Operam com cabeamento de par trançado não blindado (UTP), de baixo custo.
- Podem ser implementados gradualmente como adaptadores de 10/100 Mbps e hubs, onde os comprimentos de banda de 10 ou 100 Mbps são selecionáveis por *software*.
- Servem como um passo para tecnologias mais rápidas como o ATM.

7.8.3 - 100VG AnyLAN (IEEE 802.12)

O 100VG utiliza um esquema de codificação, chamado Sinalização Quartet, para transmitir dados simultaneamente em todos os quatro pares do cabo da rede. Assim, é obtido um aumento total de dez vezes a velocidade de transmissão em 100BASE-T. Ele também substitui o protocolo de controle de acesso ao meio CSMA/CD por um de Prioridade de Demanda, para otimizar a operação da rede e eliminar as funções extraordinárias de colisão de pacotes e recuperação. A prioridade de Demanda funciona do seguinte modo: o hub direciona todas as transmissões, reconhecendo pedidos de pacotes de prioridade mais altas antes de pedidos de prioridade normal. Isso efetivamente garante o

comprimento de banda para aplicações sensíveis ao tempo, como aplicações de voz, vídeo e multimídia.

Benefícios do 100VG AnyLAN - Utiliza uma frequência de transmissão muito similar à tradicional Ethernet e funciona com qualquer sistema de cabeamento convencional (UTP Categoria 3,4 ou 5, STP de Tipo 1 e fibras ópticas), usando os mesmos conectores. Além disso, 100VG AnyLAN poderá suportar em breve redes Token Ring - uma vantagem potencial sobre o padrão rival 100BASE-T.

7.9 - GIGABIT ETHERNET

A tecnologia Gigabit Ethernet faz sentido onde os usuários requerem mais de 100 Mbps. Esta não poderia ter chegado em uma hora melhor. A Gigabit Ethernet de 1Gbps é o próximo passo após as já conhecidas de 10Mbps e 100Mbps, mas não é uma simples evolução da já conhecida Ethernet.

Embora se encaixe prontamente em redes existentes e seja fácil de usar e gerenciar, essa tecnologia Ethernet superalimentada, exige uma engenharia muito mais robusta.

A maior vantagem apresentada por essa tecnologia é de que os dados que chegam são passados diretamente da rede para localizações de memória, alinhadas imediatamente para serem acessadas pelos aplicativos. Isso elimina as múltiplas interrupções da cópia de pacotes.

Apesar dos imensos benefícios que uma rede desse porte oferece aos seus usuários, a Gigabit Ethernet requer adaptadores de terceira geração com processadores RISC que realizam funções inteligentes, pois, se não for deste modo, nesta velocidade a CPU do Sistema consome facilmente 100% de seus ciclos para orquestrar a transferência de dados entre os aplicativos e a rede, não deixando potência de processamento para os aplicativos ou outras tarefas do Sistema Operacional.

7.9.1 - Especificações do Fibre Channel adotados pelo Gigabit

É a fibra mono modo que rende a melhor homenagem ao Gigabit Ethernet, admitindo uma distância de 2 Km. Com base neste suporte, o Gigabit retoma as especificações de interface de sinalização e de cablagem do Fibre Channel FC-0 para se cindir em dois tipos de meios óticos.

O 1000Base SX implementa um sinal laser de onda curta e admite uma distância de 550 metros com base em fibra ótica multi modo. O 1000BaseLX opera com base nas ondas largas e a fibra mono modo permite-lhe uma distância máxima de 3 Km.

Uma terceira especificação, designada por 1000BaseCX, inspira-se igualmente no Fibre Channel, mas destina-se aos cabos coaxiais com 25 metros de comprimento. Todos estes sinais laser são submetidos à mesma operação de codificação 8B/10B NRZ (8 bits/10bits, não retorno a zero) herdada do *standard* Fibre Channel FC-1.

Os principais comutadores e adaptadores deverão respeitar sem dificuldades as recomendações do ANSI e do IEEE. Em contrapartida, a standardização do Gigabit Ethernet com base nos cabos de par telefônico não blindados de categoria 5 (1000BaseT) parece ser mais hipotética.

7.9.2 - Gigabit partilhado ou não partilhado?

Para satisfazer um débito de 1 Gbit/s sem aumentar consideravelmente o risco de erros, estes sistemas emitem impulsos em modulação de fase e de amplitude, por forma a definirem um símbolo binário composto por vários pontos (doze ou vinte e cinco). Esse símbolo estará mais bem armado para enfrentar os ruídos dissimulados na linha. Mais explicitamente, a perda de alguns pontos não compromete a integridade do símbolo, uma vez que será corrigido no destino.

Estes modos de codificação multinível já prestaram as suas primeiras provas no universo das tecnologias xDSL. Contudo, o esforço de 6 Mbit/s imposto ao cobre pela tecnologia ADSL não pode ser comparado com aquele que é exigido pelo 1 Gbit/s.

Para tirar partido dos cabos de par telefônico UTP 5 existentes, sem renunciar à sua origem CSMA-CD, o Gigabit Ethernet deverá conectar-se com uma distância de 100 metros, com a condição

de o cabo respeitar escrupulosamente as especificações americanas TIA/EIA 568A, consideradas como sendo as mais exigentes.

Estas restrições drásticas não dispensam, em todo o caso, as precauções anti-ruído indispensável ao fato de um cabo de par telefônico se “travestir” de suporte de banda larga, nomeadamente em transmissão *full duplex*. Com efeito, a transmissão bidirecional simultânea com base num mesmo par físico continua a estar sujeita a diversas limitações, tais como o enfraquecimento do sinal relacionado com o suporte, ou ainda a interação diafônica (paradiafonia e telediafonia) de fios contíguos.

Os problemas de reflexão dos sinais também prejudicam a qualidade. Este eco local volta como um *boomerang* para o adaptador inicial e baralha o sinal. Para se libertarem destas perturbações, os próximos adaptadores Gigabit Ethernet baseados em UTP 5 apostam na tecnologia DSP.

Desembaraçada desses ruídos parasitas, a exploração do Gigabit Ethernet em modo bidirecional (de forma alternada ou simultânea) poderá efetuar-se sem grandes problemas. *A priori*, o modo *full duplex* basta-se a si mesmo. Liberto das limitações do CSMA-CD, este modo de transmissão espraia-se em 2 Gbit/s de largura de banda.

Mas, à semelhança da base instalada comutada que afeta uma só porta a vários postos de trabalho localizados num mesmo segmento Ethernet, as razões econômicas incitam a conservar o modo *half duplex*. Pelo menos enquanto o volume de informação a partilhar for igual a 1 Gbit/s.

Desobrigado de operar em *half duplex*, o IEEE exige da Aliança Gigabit Ethernet que o método de acesso *standard* do CSMA-CD seja mantido em função, sob pena do seu “bebê” ser marginalizado, tal como aconteceu com o 100VG AnyLan. Só que isto é mais fácil de dizer do que fazer, inerente a esse modo de acesso tem efeitos dramaticamente negativos na largura de banda.

Quando transporta para o Gigabit Ethernet, a sujeição ao CSMA-CD dá origem a um entrave ainda mais preocupante, devido ao fato de este método de acesso implicar que se fique à escuta de um eventual embate da trama emitida antes de completar a transmissão desta última. Entretanto, a um débito de 1 Gbit/s com base num cabo de 100m, o tempo de emissão de pequenas tramas de 64 bytes é demasiado curto para detectar uma hipotética colisão.

Neste contexto, a transmissão da trama seria terminada antes que o sinal de barafunda, resultante do choque, chegasse até ao emissor para o prevenir do fracasso da sua tentativa de transferência. Assim, para permitir a emissão de pequenas tramas, o futuro *standard* 802.3 utilizará o buterfúgio do byte de enchimento, o qual permite elevar o comprimento da trama para 512 bytes, como intervalo de tempo mínimo requerido.

Esta extensão imposta por defeito terá poucos efeitos negativos na transmissão de tramas longas. Mas no caso da emissão de tramas curtas, o rácio da largura de banda útil corre o risco de ser reduzido para metade.

7.10 - Exercícios

- 1) Mostre a estrutura do padrão IEEE 802?
- 2) Qual o padrão se estamos usando uma rede com taxa máxima de 10 Mbps com par trançado?
- 3) Detalhe cada especificação do padrão IEEE 802.3?
- 4) Quais extensões de rede Ethernet são mais comuns?
- 5) Quais as vantagens de utilizarmos 100base-t em redes locais?
- 6) Se quisermos alterar a taxa de transferência de uma rede local, de 10 para 100, qual o melhor padrão?

CAPÍTULO 8 - PADRONIZAÇÃO POR CAMADAS

As modernas redes de computadores são projetadas de forma altamente estruturada. Neste capítulo examinaremos com algum detalhe a técnica de estruturação.

8.1 - Hierarquias de protocolos

Para reduzir a complexidade de projeto, a maioria das redes é organizada em camadas ou níveis, cada uma construída sobre sua predecessora. O número de camadas, o nome, o conteúdo e a função de cada camada diferem de uma rede para outra. No entanto, em todas as redes, o propósito de cada camada é oferecer certos serviços às camadas superiores, protegendo essas camadas dos detalhes de como os serviços oferecidos são de fato implementados.

A camada n em uma máquina estabelece uma conversação com a camada n em outra máquina. As regras e convenções utilizadas nesta conversação são chamadas coletivamente de **protocolo** da camada n , conforme ilustra a figura 8.1 para uma rede com sete camadas. As entidades que compõem as camadas correspondentes em máquinas diferentes são chamadas de processos parceiros. Em outras palavras, são os processos parceiros que se comunicam utilizando o protocolo.

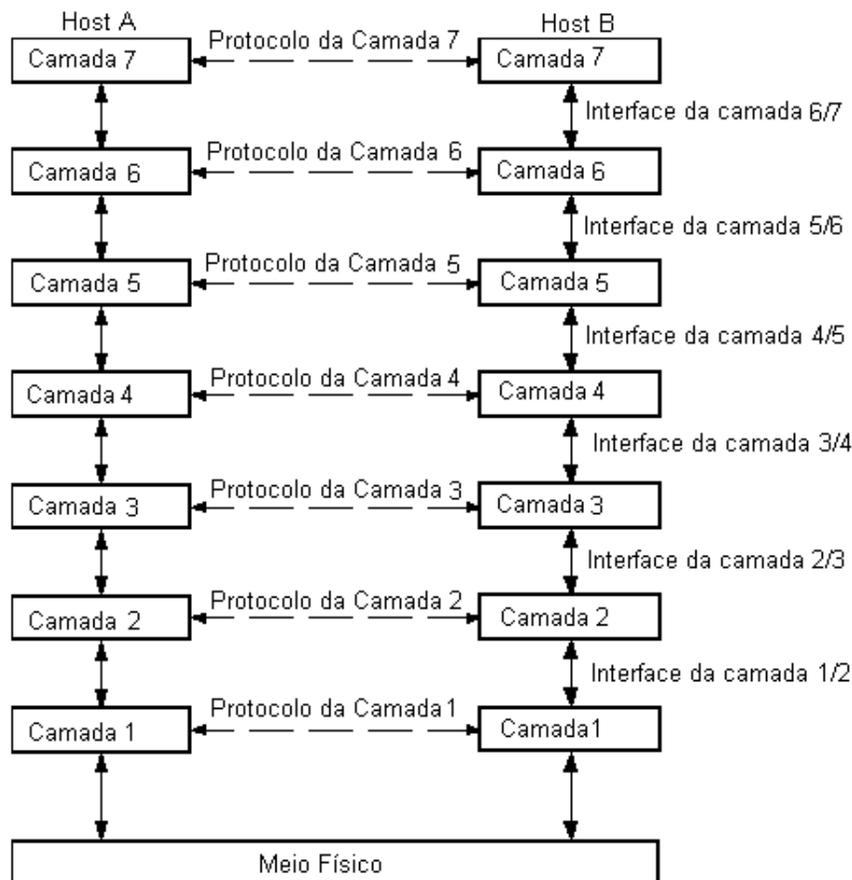


Figura 8.1: Camadas, Protocolos e Interfaces

h

Na verdade, nenhum dado é transmitido diretamente da camada n em uma máquina para a camada n em outra máquina. Em vez disso, cada camada passa dados e informações de controle para a camada imediatamente abaixo, até que o nível mais baixo seja alcançado. Abaixo do nível 1 está o **meio físico** de comunicação, através do qual a comunicação de fato ocorre. Na figura 8.1, a comunicação virtual é mostrada através de linhas pontilhadas e a comunicação física através de linhas sólidas.

Entre cada par de camadas adjacentes há uma **interface**. A interface define quais operações primitivas e serviços a camada inferior oferece à camada superior. Quando os projetistas decidem o número de camadas em uma rede e a função de cada camada, uma das considerações mais importantes é definir interfaces limpas entre camadas. Isso requer, por sua vez, que cada camada desempenhe um conjunto específico de funções bem compreendidas. Além de minimizar a quantidade de informações que devem ser passadas de camada em camada, interfaces bem definidas também tornam fácil a troca de implementação de uma camada por outra implementação completamente diferente (por exemplo, trocar todas as linhas telefônicas por canais de satélite), pois tudo o que é exigido da nova implementação é que ela ofereça à camada superior exatamente os mesmos serviços que a implementação antiga oferecia.

O conjunto de camadas e protocolos é chamado de **arquitetura de rede**. A especificação da arquitetura deve conter informação suficiente para que um implementador possa escrever o programa ou construir o *hardware* de cada camada de tal forma que obedeça corretamente ao protocolo apropriado. Nem os detalhes de implementação nem a especificação da interfaces são parte da arquitetura, pois esses detalhes estão escondidos dentro da máquina e não são visíveis externamente. Não é nem mesmo necessário que as interfaces em todas as máquinas em uma rede sejam as mesmas, desde que cada máquina possa usar corretamente todos os protocolos.

Uma analogia pode ajudar a explicar a idéia de comunicação multicamada. Imagine dois filósofos (processos parceiros na camada 3), um no Quênia e outro na Indonésia, que desejam se comunicar. Tendo em vista que não há uma linguagem comum entre eles, cada um contrata um tradutor (processos parceiros na camada 2), cada um dos quais, por sua vez, contrata um engenheiro (processos parceiros na camada 1). O filósofo 1 deseja transmitir a sua afeição por *oryctolagus cuniculus* ao seu parceiro. Para isto, ele passa a mensagem (em Swahili) através da interface 2/3 ao seu tradutor, que talvez a represente por “eu gosto de coelhos” ou “jaime des lapins” ou “Ik hou van konijnen”, dependendo do protocolo da camada 2.

O tradutor entrega então a mensagem ao seu engenheiro para transmissão por telegrama, telefone, rede de computadores ou algum outro meio, dependendo do que os engenheiros tenham concordado antecipadamente (protocolo da camada 1). Quando a mensagem chega, é traduzida para indonésio e passada através da interface 2/3 para o filósofo 2. Observe que cada protocolo é completamente independente dos outros, desde que as interfaces não sejam mudadas. Os tradutores podem trocar livremente de francês para holandês, desde que ambos estejam de acordo e que nenhum deles mude a sua interface, seja com a camada 1 ou com a camada 3.

O fato mais importante de ser notado nos modelos de camadas é a independência de uma camada em relação a outra. Veremos por exemplo que cada *software* que utilizado em rede, FTP por exemplo, estão situados em uma camada conhecida como sendo a camada de aplicação e que esta camada é independente das outras, já que podemos usar este programa em vários computadores diferentes. Outro exemplo prático são as placas de rede, que podem simplesmente serem trocados e os aplicativos continuarão a funcionar. Esta é uma outra camada que é conhecida como camada de nível físico, ou seja aquela mais baixa.

8.2 - O Modelo de Referência OSI

Existem alguns modelos de camadas que foram elaborados por organizações, que pretendem montar padrões para facilitar as indústrias nos processos de elaboração de *hardwares*.

O que veremos agora se baseia em uma proposta desenvolvida pela *International Standards Organization* (ISO) como um primeiro passo para a padronização internacional dos diversos protocolos. O modelo é chamado de **Modelo de Referência OSI ISO para Interconexão de Sistemas Abertos**, pois lida com a conexão de sistemas abertos - isto é, sistemas que são abertos à comunicação com outros sistemas. Normalmente o chamaremos, por brevidade, de modelo OSI.

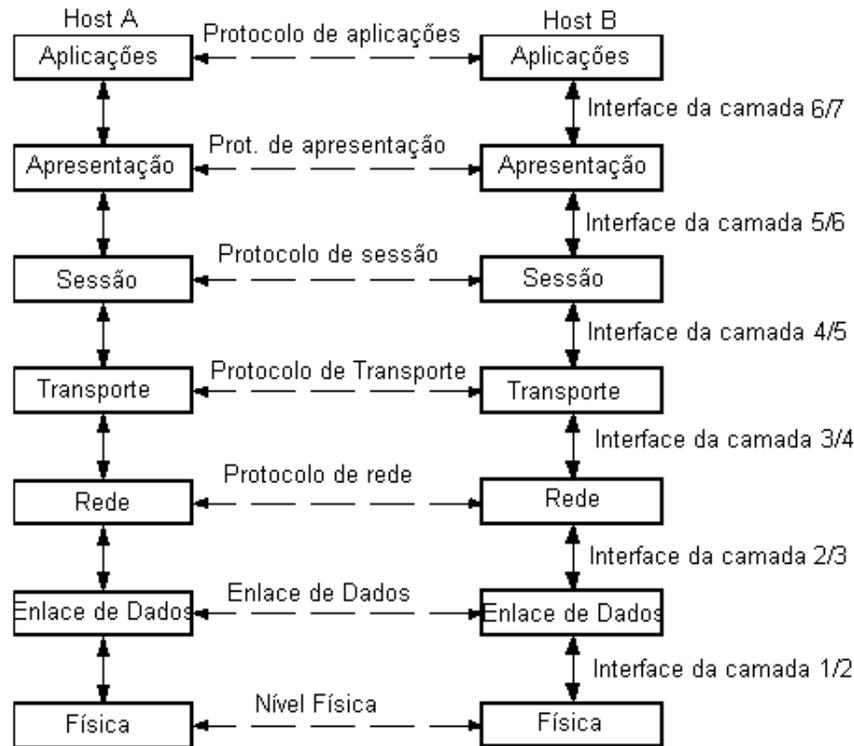


Figura 8.2: Camada Segundo a Arquitetura OSI

O modelo OSI tem sete, as camadas serão brevemente descritas abaixo.

8.2.1 - Camada Física

A **camada física** lida com a transmissão pura de bits através de canal de comunicação. As questões de projeto são concernentes à garantia de que, quando um lado transmite um bit 1, este seja recebido como um bit 1 do outro lado, e não como um bit 0. As questões típicas aqui são quantos volts devem ser usados para representar o nível lógico 1 e quantos o nível lógico 0, quantos microssegundos dura um bit, se a transmissão pode ocorrer simultaneamente em ambos os sentidos, como a conexão inicial é estabelecida e como é desfeita quando ambos os lados terminam, quantos pinos o conector de rede possui e para que serve cada pino. As questões básicas deste nível está relacionado com interfaces mecânicas, elétricas e com o meio físico de transmissão que está abaixo da camada física.

8.2.2 - Camada de Enlace de Dados

A tarefa principal da **camada de enlace de dados** é pegar a facilidade de transmissão de dados brutos ou seja bits da camada física e transformá-la em uma linha que pareça à camada de rede ser livre de erros de transmissão. Ela realiza essa tarefa fazendo com que o transmissor fragmente os dados de entrada em **quadros**, irá realizar tarefas como o controle de fluxo entre outras.

8.2.3 - Camada de Rede

A **camada de rede** se preocupa com o controle da operação da sub-rede. Uma questão de projeto fundamental é determinar como os pacotes são roteados da origem para o destino, cuja a responsabilidade é da camada de rede.

8.2.4 - Camada de Transporte

A função básica da **camada de transporte** é aceitar dados da camada de sessão, dividi-los se necessário em unidades menores, passá-la à camada de rede e garantir que os pedaços cheguem corretamente ao outro lado.

8.2.5 - Camada de Sessão

A camada de sessão permite a usuários em máquinas diferentes estabelecerem sessões entre eles.

8.2.6 - Camada de Apresentação

A camada de apresentação desempenha certas funções que são solicitadas com frequência suficiente para justificar que se encontre uma solução geral para elas, em vez de deixar que cada usuário resolva os problemas. Em particular, ao contrário de todas as camadas inferiores, que se interessavam em mover bits daqui para ali confiavelmente, a camada de apresentação se relaciona com a sintaxe e a semântica da informação transmitida.

Um exemplo típico de um serviço de apresentação é a codificação dos dados em alguma forma padrão combinada previamente.

Computadores diferentes podem ter codificações diferentes para representar caracteres (p.ex., ASCII e EBCDIC, inteiros (p.ex., complementos de um e complementos de dois), e assim por diante. Para tornar possível que computadores com representações diferentes se comuniquem, as estruturas de dados a serem trocadas podem ser definidas de tal forma que independam do tipo de codificação, e assim podemos fazer máquinas diferentes conversar entre si.

8.2.7 - Camada de Aplicações

A camada de aplicações contém uma variedade de protocolos comumente necessários. Por exemplo, existem no mundo centenas de tipos de terminais incompatíveis. Considere os apuros de um editor de tela que deve funcionar através de uma rede com muitos tipos diferentes de terminais, cada qual com diferentes *layouts* de tela, seqüência de escape para inserção e deleção de texto, movimentos do cursor, etc.

Uma forma de resolver esse problema é definir um terminal virtual de rede, tal que editores e outros programas capazes de lidar com ele possam ser escrito.

Ela fornece uma interface comum de programação. Outra função desta camada é a transferência de arquivos.

8.3 - Utilização de Camadas

A principal função da utilização de camadas para fazermos os computadores conversarem entre si, está no fato da independência de *hardware* e *software*, pois podemos usar na mesma máquina, o *hardware* de acesso a rede diferentes, ou seja placas de rede em micros, com *softwares* que possibilitem a comunicação de um micro com um *mainframe*, e assim por diante.

Uma grande utilidade das camadas foi no desenvolvimento do *hardware* de rede, pois cada aparelho ligado na rede está funcionalmente ligado a alguma camada. No tópico *Equipamentos de Conexão* serão apresentados mais detalhes sobre as camadas.

Todo protocolo que é desenvolvido tenta seguir o modelo das camadas OSI, porém muitas vezes duas ou mais camadas são englobadas por apenas uma parte do protocolo. Quando discutirmos de TCP/IP e NETBeui isto irá ser entendido melhor.

8.4 - Exercícios

- 1) Qual a grande vantagem de utilizarmos camadas?
- 2) Resuma a função de cada camada do modelo de referência OSI?
- 3) Em que camada os nossos aplicativos rodam segundo o modelo OSI?
- 4) Qual a camada responsável pela tarefa de fazer o roteamento?
- 5) Qual a camada responsável por garantir a conexão fim-a-fim?

CAPÍTULO 9 - Equipamentos de Conexão

Existem vários equipamentos em uma rede, que podem ser divididos em duas classes: de conexão e de interconexão. Os de conexão estão mais ligados à LANs e os de, interconexão mais ligados a redes WANs. Primeiro vamos estudar os equipamentos de conexão.

9.1 - Placas de Rede

O primeiro e logicamente o mais importante, são as placas de rede que estão montadas nas estações. Elas que irão fazer a conexão entre a estação e a rede física, e terão que estar de acordo com o tipo lógico da rede, onde estaremos conectando a nossa estação.

Se quisermos conectar, por exemplo, uma estação numa rede Ethernet, teremos que comprar uma placa de rede Ethernet. Portanto temos que tomar muito cuidado ao escolher qual placa de rede iremos comprar para colocar na nossa estação. Na figura abaixo mostramos uma ilustração de uma placa de rede.

Quando o padrão escolhido suporta mais de um tipo de meio físico, as placas de rede normalmente, vem com dois encaixes diferentes, um para cada tipo, porém só pode ser utilizada uma das *interfaces*.

A placa de rede pode vir embutida no equipamento, normalmente neste caso ela vem com um conector tipo AUI, com este conector podemos conectar um outro equipamento, *transceiver*, e no *transceiver* conectar o tipo de meio físico indicado para a nossa rede. Ela também é conhecida como NIC (*Network Interface Card*).

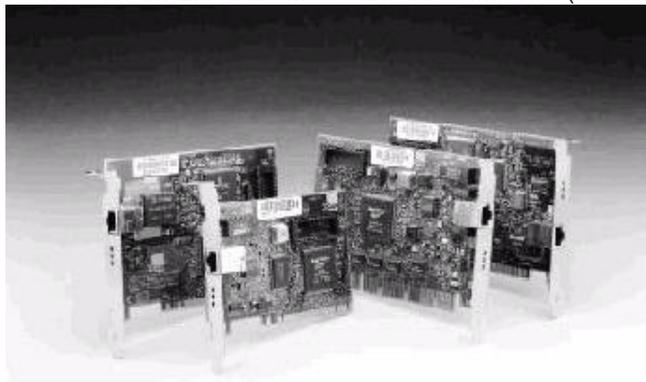


Figura 9.1 : Placas de redes

9.2 - Transceiver

Dependendo da interface que a sua placa de rede possuir, pode ser necessário a utilização de um *transceiver* para conectar a placa de rede no seu barramento.

Ele possui um conector que é ligado na placa e o outro que é ligado na rede.

Temos vários tipos de *transceiver*, por exemplo, AUI para BNC, AUI para RJ-45, AUI para Fibra, BNC para RJ-45, RJ-45 para BNC, entre outros.

O *transceiver* contém os circuitos eletrônicos que cuidam da detecção de portadora e da detecção de colisões. Quando é detectada uma colisão, o transceptor também injeta um sinal especial inválido no cabo para garantir que os outros *transceivers* também percebam que ocorreu uma colisão.

O *transceiver* pode ser ligado diretamente a placa, ou através de um cabo. O cabo do transceptor pode ter até 50 metros e contém cinco pares trançados blindados individualmente. Dois dos pares são para dados entrando e saindo e mais dois para os sinais de controle entrando e saindo. O quinto par, que não é sempre utilizado, permite ao computador fornecer energia elétrica aos circuitos do *transceiver*.

O *transceiver* pode ser chamado de transceptor ou MAU (Medium Attachment Unit). Na figura abaixo mostramos uma ilustração de diversos tipos de *transceiver*.

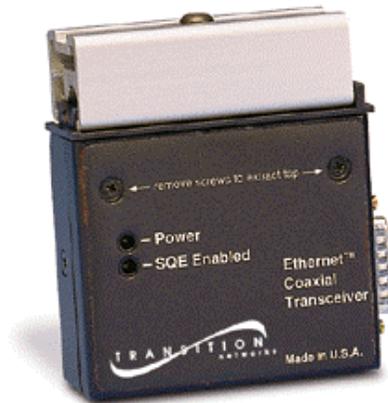


Figura 9.2 : Tansceiver AUI/10base5



Figura 9.3 : Transceiver AUI/BNC



Figura 9.4 : Transceiver AUI/Fibra

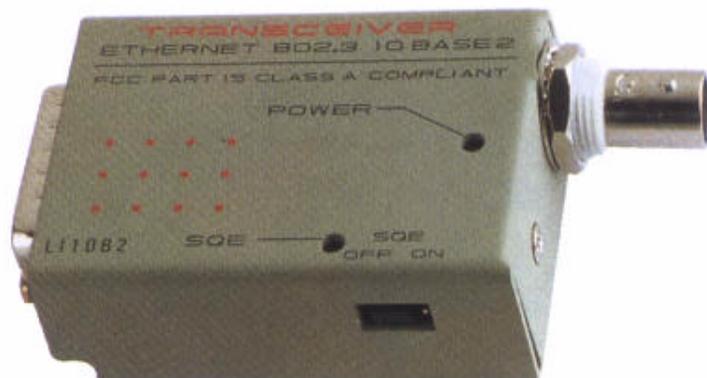


Figura 9.5 : Transceiver AUI/10base2

9.3 - Repetidor

Este é o primeiro equipamento que não está ligado diretamente com a estação em questão. Em relação a camadas OSI ele trabalha no primeiro nível, ou seja, nível físico.

Ele é utilizado para fazer a interligação de dois segmentos de rede. E vai atuar fazendo o fortalecimento do sinal elétrico que trafega no meio, como se fosse um amplificador de sinal.

No caso de uma rede Token Ring cada placa de rede funciona como um repetidor, já no caso de uma rede Ethernet as placas por estarem ligadas em paralelo não funcionam como repetidores. Por esta razão existe em redes Ethernet o limite máximo de um segmento que é de 185 metros. Vale observar que no caso da Ethernet você só pode ligar no máximo 5 segmentos de cabo, sendo que em dois não pode haver qualquer estação conectada.

Funções de um repetidor:

- Repetir os sinais elétricos;
- Permite compensar o baixo nível de sinal enviado pela placas de interface das estações;
- Copia bits individuais entre segmentos de cabo;
- Não divide a rede em sub-redes;
- Não isola os segmentos interligados;
- Repete o tráfego de um segmento para outro;

- Transforma todos os segmentos em uma única barra;
- Atua na camada física do modelo OSI de referência.

Os repetidores são utilizados, geralmente, para a interligação de duas ou mais redes idênticas. Atuando no nível físico, os repetidores simplesmente recebem todos os pacotes de cada uma das redes que interligam e os repetem nas demais redes sem realizar qualquer tipo de tratamento sobre os mesmos.

Vários pontos são dignos de nota na utilização de repetidores para interconexão de redes locais. Primeiramente, em redes em anel onde a estação é a responsável pela retirada dos próprios quadros, caberá ao repetidor a retirada dos quadros nas redes em que atua como retransmissor.

Um segundo ponto vem da utilização de repetidores em redes que utilizam protocolos baseados em contenção. Nesse caso caberá ao repetidor também a função de detecção de colisão em um segmento, e a sinalização, no(s) outro(s) segmento(s), da ocorrência da colisão. Digno de nota é o fato de que em redes que utilizam protocolos CSMA/CD, ao se calcular o tamanho mínimo do pacote, deve-se levar em conta o retardo introduzido pelo repetidor. Isto vai limitar o número de repetidores em série em tais redes.

Um terceiro ponto vem da observação de que nada impede que tenhamos vários repetidores em uma mesma rede ou vários repetidores no caminho de um quadro desde a estação de origem até a estação de destino. Cuidados no entanto devem ser tomados. Não pode haver um caminho fechado entre dois repetidores quaisquer da rede, pois isso implicaria em duplicações infinitas de quadros (um quadro repetido retornaria, devido a repetições em outros repetidores, voltaria a ser repetido, tornaria a retornar e assim indefinidamente), além de provocar outros efeitos colaterais, como por exemplo, a colisão dos quadros em redes baseadas em contenção, o que causa uma conseqüente diminuição do desempenho.

Ainda outro ponto a respeito dos repetidores deve ser mencionado, este ligado diretamente ao desempenho. Ao repetir todas as mensagens que recebe, um tráfego extra inútil é gerado pelo repetidor quando os pacotes repetidos não se destinam às redes que interligam. Uma solução para tal problema vem com a utilização de estações especiais denominadas pontes (*bridges*), que veremos adiante.

Com um repetidor podemos aumentar o tamanho final de uma rede em 5 vezes, no caso da rede em barra, assim teríamos para 10base5 500x5, 2500 metros, 10base2 185x5, 925 metros.



Figura 9.6 : Repetidor AUI-BNC/AUI-BNC



Figura 9.7 : Repetidor 3com

9.4 - Hub

Este equipamento, trouxe um grande avanço na topologia de rede, pois com ele podemos fazer a instalação de uma topologia chamada barra lógica estrela física. Isto fica bem caracterizado quando vemos a instalação de uma rede com hub.

O hub, apresenta uma característica interessante: internamente ele possui um único barramento onde são interligados as várias portas que possui. Na eventualidade de um cabo ou estação que está conectada a uma dessas portas apresentar problema, imediatamente o Hub isola esta porta do barramento. Sem alterar o funcionamento do Hub. O Hub é um repetidor de sinal, portanto temos que tomar alguns cuidados ao pensarmos na sua utilização em rede.

Primeiro problema é que existe uma maneira de interligar o hub utilizando uma de suas portas, porém ao fazermos isto não podemos interligar mais de 3 hubs.

Funções básicas de um hub:

- Concentrador de fios;
- Repetição do sinal (repetidor);
- Hubs integrados com pontes e/ou roteadores;

- Centro de controle das redes.

Ele atua basicamente a nível físico, porém os hubs mais novos, são conhecidos também por hubs inteligentes, pois podem atuar em níveis mais altos.

Os hubs podem ter ou não gerenciamento remoto. O preço normalmente de um hub que possui gerenciamento remoto é bem maior que um hub tradicional, porém, para os requisitos atuais de administração de redes é indispensável que o hub possua gerenciamento remoto.

Existem hubs para BNC e para par trançado. Hoje em dia os mais utilizados são os de par trançado, que possuem número de portas que podem variar de 4 até 24 ou mais, com conectores RJ-45.

Os hubs podem ser do tipo passivo ou ativo.

O *concentrador* (hub) *passivo* é um dispositivo simples adequado a instalações onde a distribuição física das estações é tal que a degradação do sinal, quando transmitido entre quaisquer estações adjacentes, está dentro do limite aceitável.

O *concentrador* (hub) *ativo* possui repetidores embutidos nas portas onde são conectados os cabos que ligam o hub às estações. Esse tipo de concentrador restaura a amplitude, a forma e o sincronismo do sinal quando ele passa por suas portas. A distância máxima permitida entre um concentrador ativo e uma estação (comprimento de lobe cable) é o dobro da que é permitida quando um concentrador passivo é utilizado.

Na figura abaixo é mostrado um exemplo de uma rede com placas de redes, *transceivers* e hubs.

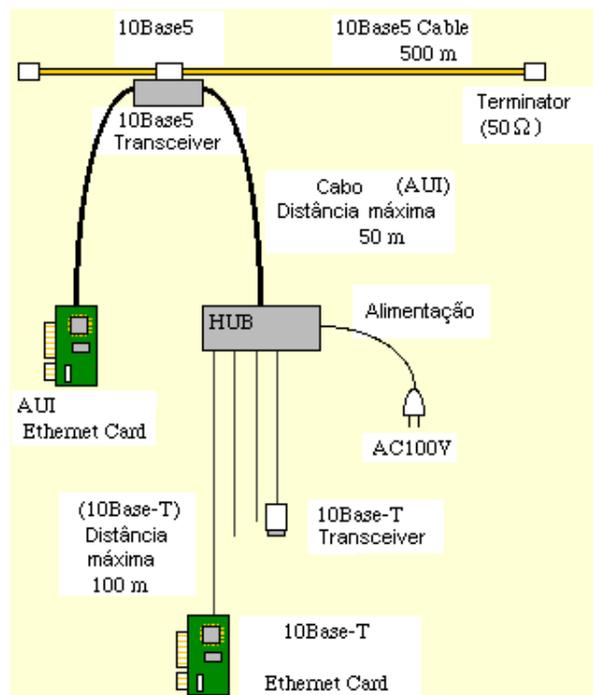


Figura 9.10 : Equipamentos diversos



Figura 9.8 : Hubs

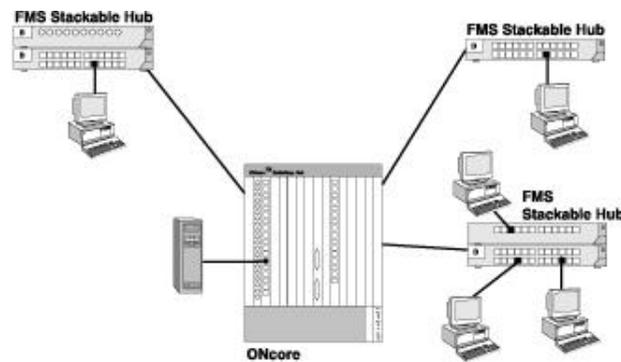


Figura 9.9 : Hubs interligados

9.5 - Bridge (Pontes)

A ponte atua nos protocolos em nível de enlace. Ao contrário dos repetidores, as pontes só repetem os pacotes destinados às redes que interligam ou que devem passar pelas redes que interligam até chegarem ao seu destino final. A figura 9.11 mostra um exemplo onde duas redes são interligadas por uma ponte.

A maior parte das pontes faz a conexão entre as LANs 802; assim, iremos nos concentrar principalmente nas pontes 802.

Mencionaremos seis razões pelas quais uma única organização pode acabar com múltiplas LANs. Primeiro, muitos departamentos de corporações e universidades possuem suas próprias LANs, principalmente para conectar seus computadores pessoais, estações de trabalho e minicomputadores. Tendo em vista que os objetivos dos vários departamentos são diversos, diferentes departamentos escolhem diferentes LANs, sem se importar com que os outros departamentos estão fazendo. Cedo ou tarde, surge a necessidade de interação, e então uma ponte é necessária. Nesse exemplo, a existência de diversas LANs se deve à autonomia dos seus proprietários.

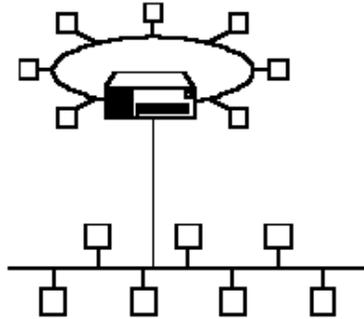


Figura 9.11 : Duas redes ligadas por pontes

Em segundo lugar, a organização pode estar espalhada por vários edifícios separados por distâncias consideráveis. Pode ser mais barato ter LANs separadas em cada edifício e conectá-las com pontes e elos de infravermelho, do que estender um único cabo coaxial através de todo o campus.

Terceiro, pode ser necessário dividir aquilo que é logicamente uma LAN única em LANs separadas, a fim de acomodar a carga.

A quarta razão é que, em algumas situações, uma única LAN seria adequada em termos de carga, mas a distância física entre as máquinas mais distantes é excessivamente grande (p.ex., mais de 2,5 km para a 802.3). Mesmo que estender o cabo seja fácil, a rede não funcionaria devido ao longo retardo de ida e volta. A única solução é particionar a LAN e instalar pontes entre os segmentos.

O quinto motivo é que existe o problema da confiabilidade. Em uma única LAN, um nó defeituoso que continua transmitindo um fluxo contínuo de lixo irá danificar a LAN. As pontes podem ser inseridas em posições críticas, para evitar que um único nó com problemas possa fazer cair todo o sistema. Diferente de um repetidor, que simplesmente copia tudo o que vê, uma ponte pode ser programada para discernir entre aquilo que encaminha e o que não deixa seguir em frente.

A sexta razão é que as pontes podem contribuir para a segurança da organização. A maior parte das interfaces de LAN tem um **modo indiscriminado**, no qual *todos* os pacotes são entregues ao computador, e não somente os que são endereçados a ele. Espiões e intrometidos adoram esse recurso. Pela inserção de pontes em diversos lugares e sendo cuidadoso para não encaminhar tráfego sensível, é possível isolar partes da rede, de modo que seu tráfego não possa escapar.

As pontes sofrem dos mesmos problemas que mencionamos para os repetidores. Com relação ao problema de existir um caminho fechado entre duas pontes, este é menos grave. Persiste aqui ainda o problema de colisão de quadros e a conseqüente diminuição de desempenho em redes com acesso baseado em contenção.

Para desempenhar seu papel, as pontes realizam pelo menos três funções: a de filtro de entrada, no sentido de receber apenas os pacotes endereçados às redes por elas ligadas direta ou indiretamente (através de mais de uma ponte em série); a função de armazenamento, no transporte de um quadro de uma rede para outra e, finalmente, a função de transmissão como em um repetidor comum.

A ponte possui como grande vantagem o fato de a falha em uma rede não afetar uma outra rede. Disso podemos tirar proveito em determinadas aplicações que exigem grande confiabilidade, dividindo a rede em pequenas sub-redes interligadas por pontes.

A maior vantagem da ponte vem da observação de que o desempenho de uma rede pode ser grandemente aumentado se a mesma for dividida em pequenas sub-redes interligadas por pontes. Devemos notar, entretanto, que essa vantagem apenas persistirá se o tráfego inter-redes não for significativo.

Pontes Transparentes são pontes que operam abaixo da interface definida pelo serviço MAC. A denominação transparente deve-se ao fato das LANs não sofrerem nenhuma modificação ao serem interconectadas por esse tipo de ponte.

Existem também as **Pontes com Roteamento na Origem**, nesse esquema, a estação de origem escolhe o caminho que o quadro deve seguir e inclui a informação de roteamento no cabeçalho do quadro.

Hoje em dia já existem equipamentos que formam um conjunto de hub e *bridge* num único *hardware*.

9.6 - Switches Ethernet (Comutadores)

Embora existam vários produtos no mercado, não existem padrões *de jure* para os *switches* Ethernet. A idéia utilizada pelos *switches* é segmentar, ou microsegmentar, à rede, para melhorar seu desempenho, fornecendo a cada uma de suas portas, que podem estar ligadas a uma ou mais estações, uma taxa de transmissão na rede igual à do seu enlace de entrada/saída.

Os *switches* usualmente suportam as implementações Ethernet (IEEE 802.3) de 10 Mbps, sem alterar a subcamada MAC. É também usual encontrar onde as portas operam com velocidades diferentes, alguns deles permitem conexões de até 100 Mbps em suas portas, utilizando a especificação de nível físico 100BASE-T, já mencionado.

Os *switches* são independentes do meio de transmissão. O tipo de meio que pode ser ligado a uma de suas portas é uma questão de implementação, sendo possível ligar segmentos com diferentes meios de transmissão, a portas diferentes de um mesmo *switch*. As restrições impostas pelo padrão IEEE 802.3 aplicam-se para as redes que utilizam *switches*, por exemplo, segmentos com no máximo de 100 metros quando o nível físico é o 10BASE-T.

Existem basicamente dois tipos de *switch*. No primeiro, a comutação é feita por *software*. Esses *switches* operam tipicamente da seguinte forma: o quadro, depois de recebido através de uma de suas portas, é armazenado em uma memória compartilhada. O endereço de destino é analisado, e a porta destino obtida de uma tabela de endereços por um algoritmo usualmente executado em um processador RISC. Em seguida, o quadro é transferido para a porta de destino. No segundo tipo de *switch* a comutação é feita por *hardware*. Esses *switches* são, na maioria dos casos, implementados com tecnologia ASIC (*Application Specific Integrated Circuit*). O modo de operação usual desses *switches* é o seguinte: assim que recebem e armazenam o cabeçalho dos quadros, eles processam o endereço de destino e estabelecem um circuito entre as portas de origem e de destino, enquanto durar a transmissão do quadro.

Os *switches* que repassam o pacote, armazenando apenas seu endereço, são classificados como *cut-through*, e os que armazenam todo o quadro antes de passá-lo adiante, como *store-and-forward* (ou *buffered switches*).

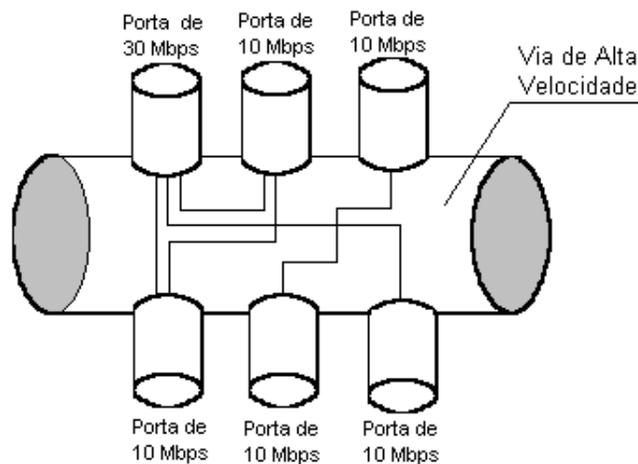


Figura 9.12 : Funcionamento de um Switch

Para entender o *switch*, você pode imaginar um corredor largo, onde existem várias portas ligadas a este corredor, sendo que existem portas mais e menos largas, logo para atravessar de um porta para outra você terá que entrar no corredor por uma porta e ir para a de destino. Você pode observar aqui alguns fatores importantes, primeiro se a porta for grande pode entrar mais gente ao mesmo tempo pela porta. Segundo, existe um limite para a capacidade do corredor e pode chegar um momento que se você tentar entrar no corredor poderá ser barrado, pois não haverá espaço no corredor. Outra coisa importante pode acontecer de em algum momento uma pessoa tentar ir para uma porta mas não poder, pois a mesma poderá estar ocupado por outra pessoa.

9.7 - Roteadores e Gateways

Os *gateways* são usualmente classificados em dois tipos: *gateways* conversores de meio (*media-conversion gateway*) e *gateways* tradutores de protocolos (*protocol translation gateway*).

Os *gateways* conversores de meio são os mais simples. Bastante utilizados em inter-redes que oferecem o serviço de datagrama, suas funções resumem-se em receber um pacote de nível inferior, tratar o cabeçalho inter-redes do pacote, descobrindo o roteamento necessário, construir novo pacote com novo cabeçalho inter-redes, se necessário, e enviar esse novo pacote ao próximo destino, segundo o protocolo da rede local em que este se encontra. Esse tipo de *gateway* da camada de rede é chamado *roteador*.

Os *gateways* tradutores de protocolos são mais utilizados em inter-redes que utilizam circuitos virtuais passo a passo. Eles atuam traduzindo mensagens de uma rede, em mensagens da outra rede, com a mesma semântica de protocolo. Por exemplo, o *open* em uma rede poderia ser traduzido por um *call request* em outra ao passar pelo *gateway*.

Resta observarmos que nem todos os protocolos podem ser mapeados entre si, e que o subconjunto formado pela interseção dos serviços comuns é o serviço que deverá ser oferecido como base para a interligação. As dificuldades na tradução dos protocolos tornam bastante complexos e de difícil realização os *gateways* tradutores de protocolos, o que pode aumentar em muito o custo da interligação. Este tipo de *gateway* pode atuar em qualquer nível acima do nível de enlace do RM-OSI.

Quando os *gateways* interligam duas redes cuja administração pertence a duas organizações diferentes, possivelmente em países diferentes, a operação do *gateway* pode causar sérios problemas. Como a estrutura de ligação em cada uma das redes é completamente independente, para facilitar a implementação e a operação, é comum separar essas entidades também fisicamente. A cada uma dessas interfaces denominamos *half-gateway*.

É importante observar que, o roteador irá atuar só no nível de rede, portanto só podemos usar o roteador para interligar redes que usem o mesmo protocolo. Como exemplo temos redes baseadas em TCP/IP, que serão estudadas no próximo capítulo. Portanto podemos interligar quantas redes quisermos desde que todas usem o mesmo protocolo, já que ele atua apenas na camada de rede do modelo OSI.

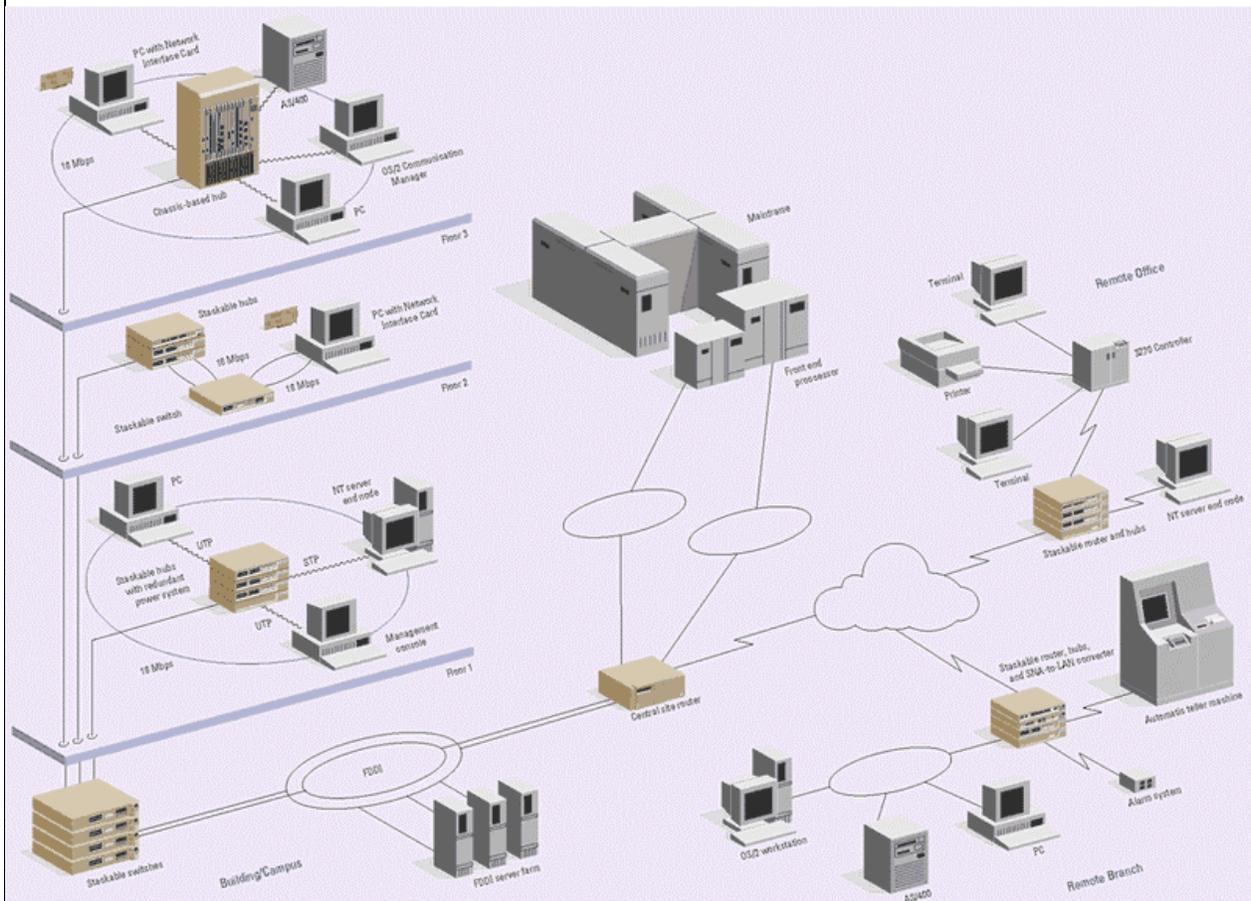
O *gateway* é usado quando queremos interligar duas redes com protocolos diferentes. Como exemplo para redes TCP/IP com SNA, teremos que usar um *gateway* para realizar a interconexão das duas redes, já que atua acima da camada de rede.

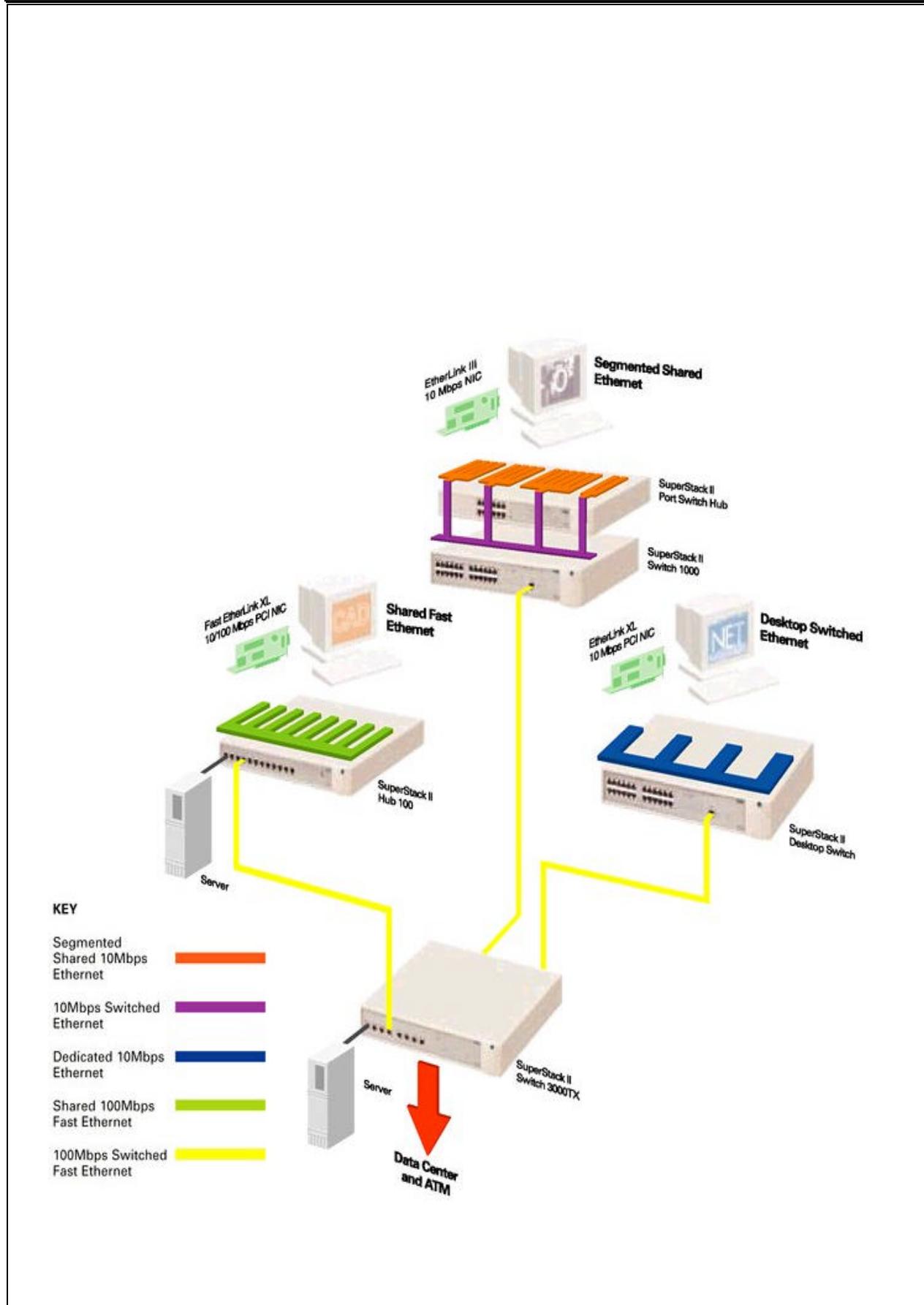
A utilização de *gateways* para a conexão de redes locais idênticas não sofre nenhuma das restrições que apresentamos para as pontes e repetidores. A desvantagem está na sua maior complexidade, na exigência de um protocolo inter-redes, enfim, no custo da interligação.

9.8 - Exercícios

- 1) Onde é localizada uma placa de rede?
- 2) Qual a principal precaução necessária para adquirir uma placa de rede?
- 3) Onde e quando é necessário usarmos um *transceiver*?
- 4) Quais as funções de um *transceiver*?
- 5) Qual o nível de atuação de um repetidor segundo o RM-OSI?
- 6) Quando precisamos utilizar um repetidor?
- 7) Quais as principais funções de um repetidor?
- 8) Qual o problema de formar um anel usando repetidores?
- 9) O que é um HUB?
- 10) Qual a grande vantagem de um Hub?
- 11) Quais os dois tipos de Hub?
- 12) Qual a função de um *bridge*, dê um exemplo?
- 13) Quais as principais razões para usarmos uma *bridge*?
- 14) Quais os dois tipos de pontes?
- 15) O que é um *switch* ethernet?
- 16) Explique o funcionamento de um *switch*?
- 17) Quais os dois principais tipos de *switch*?
- 18) Qual a diferença de um *gateway* para um roteador?
- 19) Dê um exemplo onde devemos usar um roteador e onde usar um *gateway*?

Apêndice:





Referências

- 1 - Tarouco, Liane Margarida Rockenbach. Redes de Comunicação de Dados. 3ª ed. Rio de Janeiro: LTC Livros Técnicos e Científicos Editora S.A., 1984.
- 2 - Catálogo BLACK BOX. São Paulo nº 3, Maio 1996.
- 3 - Soares, Luiz Fernando G. (Luiz Fernando Gomes). Redes de Computadores: das LANs, Mans e WANS às redes ATM/Luiz Fernando Gomes Soares, Guido Lemos e Sergio Colcher. 2.ed.rev. e ampliada. Rio de Janeiro: Campus, 1995.
- 4 - Soares, Luiz Fernando Gomes. Redes Locais/Luiz Fernando Gomes Soares. Rio de Janeiro: Campus, 1986.
- 5 - Tanenbaum, Andrew S. - Redes de Computadores / Andrew S. Tanenbaum; Tradução de Publicare Serviços de Informática. Rio de Janeiro: Campus, 1994.
- 6 - Stallings, William - Data and computer communications / William Stallings. – 5th ed. New Jersey: Prentice Hall, 1997.
- 7 - Hancock, Bill - Advanced Ethernet/802.3 Management and Performance / Bill Hancock - 2nd ed. Boston: Digital Press, 1996.