

2ª LISTA DE REDES DE COMPUTADORES

CIÊNCIA DA COMPUTAÇÃO
Prof. Renato Bobsin Machado
Aluno: Lucas Garavaglia

3º Ano

UNIOESTE
Data: 08/03/2021

- 1) Contextualize a camada física dentro do modelo de camadas conceitual para redes de computadores.

A camada física define especificações elétricas e físicas dos dispositivos. Em especial, define a relação entre um dispositivo e um meio de transmissão, tal como um cabo de cobre ou um cabo de fibra óptica. Isso inclui o layout de pinos, tensões, impedância da linha, especificações do cabo, temporização, hubs, repetidores, adaptadores de rede, adaptadores de barramento de host (HBA usado em redes de área de armazenamento) e muito mais. A camada física é responsável por definir se a transmissão pode ser ou não realizada nos dois sentidos simultaneamente. Sendo a camada mais baixa do modelo OSI, diz respeito a transmissão e recepção do fluxo de bits brutos não-estruturados em um meio físico. Ela descreve as interfaces elétricas, ópticas, mecânicas e funcionais para o meio físico e transporta sinais para todas as camadas superiores.

- 2) Defina as funções da camada física

A Camada Física define as características mecânicas, elétricas, funcionais e os procedimentos para ativar, manter e desativar conexões físicas para a transmissão de bits. As características mecânicas dizem respeito ao tamanho e forma de conectores, pinos, cabos, etc. que compõem um circuito de transmissão.

- 3) Descreva a análise teórica de sinais utilizados para transmissão de dados na camada física

- 4) Conceitue sinais analógicos e digitais, considerando-os como periódicos ou não periódicos

Os sinais analógicos podem ter um número infinito de valores em um período de tempo; os sinais digitais podem ter apenas um número limitado de valores.

- 5) Diferencie sinais simples e compostos.

Simple – Uma onda senoidal não pode ser decomposta em sinais mais simples. Compostos – Um sinal analógico periódico é composto por ondas senoidais múltiplas.

- 6) Defina frequência, período, amplitude e fase

Amplitude: corresponde à altura da onda, marcada pela distância entre o ponto de equilíbrio (repouso) da onda até a crista. Note que a "crista" indica o ponto máximo da onda, enquanto o "vale" representa o ponto mínimo. Frequência: representada pela letra (f), no sistema internacional a frequência é medida em hertz (Hz) e corresponde ao número de oscilações da onda em determinado intervalo de tempo. A frequência de uma onda não depende do meio de propagação, apenas da frequência da fonte que produziu a onda. Período: representado pela letra (T), o período corresponde ao tempo de um comprimento de onda. No sistema internacional, a unidade de medida do período é segundos (s). fase: Posição da forma de onda com relação ao marco zero do tempo; Quanto um sinal está deslocado em relação ao tempo zero.

- 7) Conceitue largura de banda e descreva como essa propriedade influencia na taxa máxima de transmissão de dados em um canal.

A largura de banda é uma propriedade física do meio de transmissão, e em geral depende da construção, da espessura e do comprimento do meio. Em alguns casos um filtro é introduzido no circuito para limitar o volume de largura de banda disponível para cada cliente. Por exemplo, uma linha telefônica pode ter uma largura de banda de 1MHz para curtas distâncias, mas as empresas de telefonia acrescentam um filtro que restringe cada cliente a cerca de 3100H.

- 8) Conceitue a aplicação e diferença de abordagem entre os teoremas de **Nyquist** e **Shannon** para a determinação da capacidade máxima de transmissão de um meio

A abordagem dos dois eram bem parecidos, no entanto Shannon considerava a parcela do ruído. Nyquist afirmou que a capacidade do canal era igual ao dobro da largura de banda vezes log do número de níveis.

- 9) Caracterize as classes de ruído presentes nos meios físicos e como isso impacta na capacidade de transmissão.

Atenuação: Perda de energia à medida que o sinal se propaga. Varia em função da frequência; Distorção: Diferença de velocidade; Interferência: Energia indesejável proveniente de fonte distinta do transmissor. Ex: térmico, linha cruzada e picos de energia;

- 10) Descreva como se determina a taxa máxima de transmissão de dados em um canal.

Transmissão = Modulação * $\log_2 L$ (L)=Número de Sinais

- 11) Descreva as características técnicas, vantagens, desvantagens e aplicações dos diferentes meios guiados e não guiados utilizados para a comunicação de dados.

A diferença entre meios guiados e não guiados está na força de transmissão em que esses meios se propagam. Enquanto os meios guiados usam um condutor para que o sinal do emissor chegue até o devido receptor, o meio não guiado usa de frequências ou ondas de rádio para transmitir os sinais. Exemplos de meios guiados são os pares de fios, fibras ópticas enquanto que meios não guiados seriam os satélites, comunicações móveis e etc.

- 12) Descreva sucintamente os componentes e tecnologias utilizadas no sistema de telefonia. Conceitue como esse sistema é utilizado para a transmissão de dados.

Loops Locais: Par trançado analógico indo até as residências e empresas.

Troncos: Fibra óptica digital conectando as estações de comutação

Estações de Comutação: Onde as chamadas são encaminhadas de um tronco para outro.

- 13) Descreva os mecanismos de codificação empregados nos modems. Como esses conceitos se relacionam com os limites físicos estabelecidos pelos teoremas de Nyquist e Shannon.

Ondas quadradas aplicam amplo espectro; É introduzido um tom contínuo no sinal de 1000 a 2000 Hertz – Portador de onda senoidal; Teorema de Nyquist, não há razão para uma amostragem mais rápida que $2 \cdot LB$; Modems de 36 Kbps, limite de Shannon

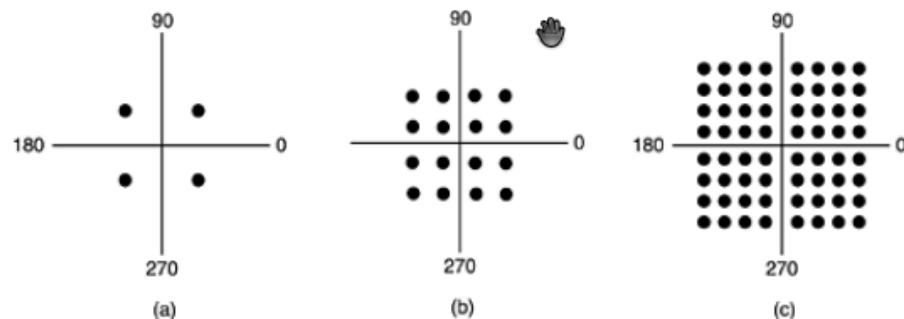
- 14) Defina como os diferentes padrões de modulação são representados pelos diagramas de constelação.

Na figura 2.25a, podemos observar pontos a 45, 135, 225, 315 graus com amplitude constante (distância a partir da origem). A fase de um ponto é indicada pelo ângulo que uma linha dele até a origem forma com o eixo x positivo. A figura 2.25a tem quatro combinações válidas e pode ser usada para transmitir dois bits por símbolo. Ela é QPSK.

Na figura 2.25b, vemos uma outra estrutura de modulação, na qual são usadas quatro amplitudes e quatro fases, dando um total de 16 combinações diferentes. Esse esquema de modulação pode ser usado para transmitir quatro bits por símbolo. Ele é chamado QAM-16. Às vezes, o termo 16-QAM também é usado. A QAM-16 pode ser empregada para transmitir, por exemplo, 9600 bps por uma linha de 2400.

A figura 2.25c é outro esquema de modulação envolvendo amplitude e fase. Ele permite 64 combinações diferentes, de forma que podem ser transmitidos seis bits por símbolo. Ele é chamado QAM-64. Também são usadas QAMs de ordem mais alta.

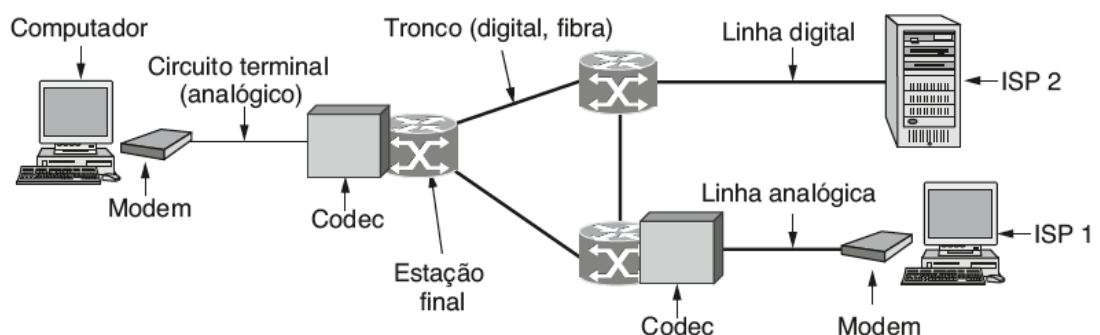
Figura 2.25 (a) QPSK. (b) QAM-16. (c) QAM-64



15) Caracterize os loops locais e quais tecnologias são aplicadas

Na telefonia, o loop local (também conhecido como cauda local, linha do assinante ou no agregado como última milha) é o link ou circuito físico que se conecta do ponto de demarcação das instalações do cliente até a borda da operadora comum ou rede do provedor de serviços de telecomunicações

16) Descreva como modems convencionais, ADSL, redes sem fio e Internet a cabo, são aplicados nos loops locais.



17) Descreva a forma como os modems codificam os sinais e o porquê da limitação de codificação a taxa de 56 Kbps.

Com muitos pontos no padrão de constelação, até mesmo uma pequena quantidade de ruído na amplitude ou fase detectada pode resultar em um erro e, potencialmente, em muitos bits incorretos. Para reduzir a chance de um erro, os padrões para os modems de velocidade mais alta efetuam a correção de erros

adicionando bits extras a cada amostra. Os esquemas são conhecidos como TCM. Desse modo, por exemplo, o padrão de movimento V32 utiliza 32 pontos de constelação para transmitir 4 bits de dados e 1 bit de paridade por símbolo a 2400 bauds, a fim de alcançar 9600 bps com correção de erros.

A razão para o uso de modems de 56kbps está relacionado ao teorema de Nyquist. O canal telefônico tem cerca de 4000 hz de largura. O número máximo de amostras independentes por segundo é de 8000. O número de bits por amostra nos EUA é 8, um dos quais é usado para fins de controle, permitindo 56000 bits/s de dados do usuário. Na europa, todos os 8 bits estão disponíveis para os usuários, e assim poderiam ser usados modems de 64000 bits/s; porém, para se chegar a um acordo internacional sobre um padrão, foi escolhido o valor 56000.

- 18) Conceitue e descreva o funcionamento das três formas de multiplexação (FDM, WDM e TDM) utilizados na comunicação de dados.

FDM = Dedicar uma banda de frequência a cada estação.

WDM = Um esquema de FDM dinâmico para fibra

TDM = Dedicar um slot de tempo a cada estação

- 19) Explique o funcionamento, a taxa de dados e o *overhead* dos métodos de multiplexação PCM, T1 e E1.

Os dados de computadores enviados por um modem também são analógicos; assim, a descrição apresentada a seguir também se aplica a eles. Os sinais analógicos são digitalizados na estação final por um dispositivo chamado codec, produzindo uma série de números de 8 bits. O codec cria 8000 amostras por segundo, pois o teorema de Nyquist diz que isso é o suficiente para captar todas as informações da largura de banda do canal telefônico de 4 kHz. Em uma taxa de amostragem mais baixa, as informações se perderiam; a uma taxa mais alta, nenhuma informação extra seria obtida. Essa técnica é chamada PCM. A PCM forma o núcleo do sistema telefônico moderno. Como consequência, virtualmente todos os intervalos de tempo no sistema telefônico são múltiplos de 125 s.

A portadora T1 consiste em 24 canais de voz multiplexados juntos. Em geral, é feita uma amostragem dos sinais analógicos em rodízio, e o fluxo analógico resultante é enviado para o codec, em vez de serem utilizados 24 codecs separados para depois mesclar a saída digital. Por sua vez, cada um dos 24 canais consegue inserir 8 bits no fluxo de saída, 7 bits representam dados, e 1 é usado para controle, produzindo $7 \times 8000 = 56000$ bps de dados e $1 \times 8000 = 8000$ bps de informações de sinalização por canal. A portadora E1 tem 32 amostras de dados de 8 bits compactadas no quadro básico de 125 s. Trinta dos canais são utilizados para informações, e dois são empregados na sinalização. Cada grupo de quatro quadros fornece 64 bits de sinalização, metade dos quais é usada para a sinalização por canal associado e a outra metade é usada para sincronização de quadros, ou é reservada por cada país para utilização livre. Fora da América do Norte e do Japão, a portadora E1 de 2,048 Mbps é usada em lugar da portadora T1.

- 20) Explique os tipos de comunicação sem fio, considerando o espectro eletromagnético.

Transmissão a rádio: As ondas de rádio são fáceis de gerar, podem percorrer longas distâncias e penetrar facilmente nos prédios; portanto, são amplamente utilizadas para comunicação, seja em ambientes fechados ou abertos. As ondas de rádio também são omnidirecionais, o que significa que elas viajam em todas as direções a partir da fonte; desse modo, o transmissor e o receptor não precisam estar cuidadosa e fisicamente alinhados.

Transmissão de microondas: Acima de 100 MHz, as ondas trafegam praticamente em linha reta e, portanto, podem ser concentradas em uma faixa estreita. A concentração de toda a energia em um pequeno feixe através de uma antena parabólica (como a conhecida antena de TV por satélite) oferece uma relação

sinal/ruído muito mais alta, mas as antenas de transmissão e recepção devem estar alinhadas com o máximo de precisão. Além disso, essa direcionalidade permite o alinhamento de vários transmissores em uma única fileira, fazendo com que eles se comuniquem com vários receptores também alinhados sem que haja interferência, desde que sejam observadas algumas regras mínimas de espaçamento. Antes da fibra óptica, durante décadas essas microondas formaram o núcleo do sistema de transmissão telefônica de longa distância. Na verdade, a MCI, uma das primeiras concorrentes da AT&T após sua desregulamentação, construiu todo o seu sistema com comunicações de microondas que percorriam dezenas de quilômetros entre uma torre e outra. Até mesmo o nome da empresa refletia isso (MCI significava Microwave Communications, Inc.). Há muito tempo, a MCI passou a utilizar as fibras ópticas e se fundiu à WorldCom.

Ondas de infravermelho e milimétricas: As ondas de infravermelho e ondas milimétricas sem guias são extensamente utilizadas na comunicação de curto alcance. Todos os dispositivos de controle remoto utilizados nos aparelhos de televisão, videocassetes e equipamentos estereofônicos empregam a comunicação por infravermelho. Eles são relativamente direcionais, econômicos e fáceis de montar, mas têm uma desvantagem importante: não atravessam objetos sólidos (para provar essa tese, posicione-se entre o controle remoto e o televisor). Em geral, quando nos deslocamos do rádio de onda longa em direção à luz visível, as ondas assumem um comportamento cada vez mais parecido com o da luz, perdendo pouco a pouco as características de ondas de rádio.

Transmissão por ondas de luz: A sinalização óptica sem guia vem sendo utilizada há séculos. Uma aplicação mais moderna consiste em conectar as LANs em dois prédios por meio de lasers instalados em seus telhados. Por sua própria natureza, a sinalização óptica coerente que utiliza raios laser é unidirecional; assim, cada prédio precisa do seu próprio raio laser e do seu próprio fotodetector. Esse esquema oferece uma largura de banda muito alta a um custo bastante baixo. Ele também é relativamente fácil de ser instalado e, ao contrário das microondas, não precisa de uma licença da FCC.

21) Explique a evolução da telefonia móvel e a sua aplicação para a transmissão de dados.

A primeira geração de telefones celulares era analógica; a segunda geração era digital. Da mesma maneira que não havia nenhuma padronização mundial durante a primeira geração, também não havia nenhuma padronização durante a segunda. Quatro sistemas são usados agora: D-AMPS, GSM, CDMA e PDC. A seguir, descreveremos os três primeiros. O PDC só é usado no Japão e é basicamente o D-AMPS modificado para compatibilidade retroativa com o sistema analógico japonês de primeira geração. O nome PCS (Personal Communications Services — serviços de comunicações pessoais) às vezes é usado na literatura de marketing para indicar um sistema de segunda geração (isto é, digital). Originalmente, ele representava um telefone celular que emprega a banda de 1900 MHz, mas essa distinção é rara nos dias de hoje. Qual é o futuro da telefonia móvel? Vamos fazer uma breve análise. Diversos fatores estão orientando a indústria. Primeiro, o tráfego de dados já excede o tráfego de voz na rede fixa e está crescendo de forma exponencial, enquanto o tráfego de voz é essencialmente plano. Muitos especialistas da indústria esperam que, em breve, o tráfego de dados também domine o tráfego de voz em dispositivos móveis. Em segundo lugar, as indústrias de telefonia, entretenimento e informática já se tornaram digitais e estão convergindo rapidamente. Muitas pessoas estão entusiasmadas com um dispositivo leve e portátil que atua como telefone, reproduzidor de CDs, reproduzidor de DVDs, terminal de correio eletrônico, interface da Web, máquina de jogos, processador de textos e muito mais, tudo isso com conectividade sem fio para a

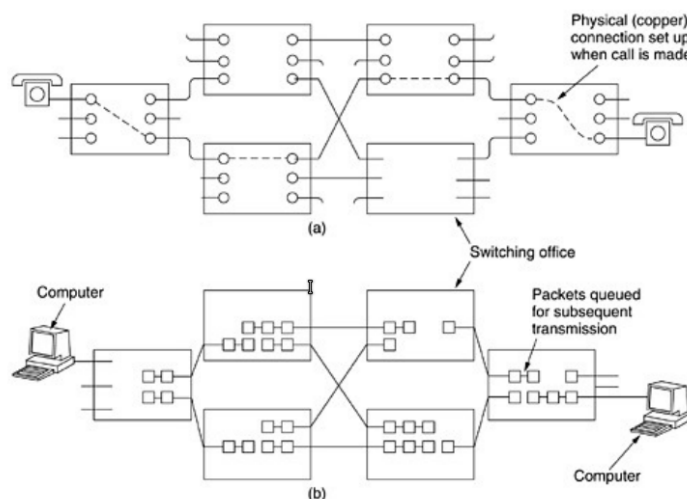
Internet em âmbito mundial e alta largura de banda. Esse dispositivo e a maneira de conectá-lo são os temas da terceira geração de telefonia móvel.

22) Descreva as formas de comutação empregadas na comunicação de dados

Comutação de circuitos: Quando você ou seu computador efetua uma chamada telefônica, o equipamento de comutação do sistema telefônico procura um caminho físico desde o seu telefone até o telefone do receptor. Essa técnica, chamada comutação de circuitos, é apresentada esquematicamente na Figura A. Cada um dos seis retângulos representa uma estação de comutação da concessionária de comunicações (estação final, estação interurbana etc.). Nesse exemplo, cada estação tem três linhas de entrada e três linhas de saída. Quando uma chamada passa por uma estação de comutação, é estabelecida uma conexão física entre a linha que transportou a chamada e uma das linhas de saída, como mostram as linhas pontilhadas.

Comutação de mensagens: Uma estratégia alternativa de comutação é a comutação de mensagens. Quando essa forma de comutação é usada, nenhum caminho físico é estabelecido com antecedência entre o transmissor e o receptor. Em vez disso, quando o transmissor tem um bloco de dados a ser enviado, esse bloco é armazenado na primeira estação de comutação (isto é, no roteador) e depois é encaminhado, um hop de cada vez. Cada bloco é recebido integralmente, inspecionado em busca de erros, e depois re-transmitido. Uma rede que utiliza essa técnica é chamada store-and-forward.

Comutação de pacotes: Com a comutação de mensagens, não há nenhum limite sobre o tamanho do bloco, o que significa que os roteadores (em um sistema moderno) devem ter discos para armazenar temporariamente no buffer blocos longos. Isso também significa que um único bloco pode obstruir uma linha entre roteadores por alguns minutos, tornando a comutação de mensagens inútil para o tráfego interativo. Para contornar esses problemas, foi inventada a comutação de pacotes. As redes de comutação de pacotes impõem um limite máximo restrito sobre o tamanho do bloco, permitindo que os pacotes sejam armazenados temporariamente na memória principal do roteador e não em um disco. Assegurando que nenhum usuário poderá monopolizar uma linha de transmissão durante muito tempo (milissegundos), as redes de comutação de pacotes se adequam bem à manipulação de tráfego interativo.



23) A taxa de transmissão de um determinado sinal é 3000 bps. Se cada símbolo corresponde a 6 bits, qual é a taxa de modulação do sinal?

$$M = 3000 / \log_2(6) \Rightarrow 1160.54$$

24) Determine a LB para um sinal ASK com taxa de transmissão 2000 bps. Modo half-duplex.

1000hz

25) Para uma LB de 5000 Hz, quais são as taxas de transmissão e de modulação (método ASK).

5000 bps / 5000 bauds

26) Dada uma LB de 10 kHz (1 – 11 kHz) Full-duplex. Determine as frequências das portadoras e as LB em cada direção.

Usando metade para cada direção 3,5 kHz e 8,5 kHz

27) Determine a LB mínima para transmitir um sinal FSK a 2000 bps. Assuma que a transmissão ocorre no modo half-duplex e que as portadoras estão separadas de 3 kHz.

5000Hz, 2Khz para os 2000bps e 3Khz para banda morta

28) Determine a LB para um sinal 4-PSK transmitido a 2000 bps. Half-duplex.

$N=4$

$T = 2000$

$LB = M$

$2000 = M * \log_2 4$

$M=2000/2 \Rightarrow M = 1000 \text{ bauds} = LB$

29) Dada uma LB de 5 kHz para um sinal 8-PSK, quais são as taxas de modulação e de transmissão?

$LB=5000 \text{ hz}$

$N=8$

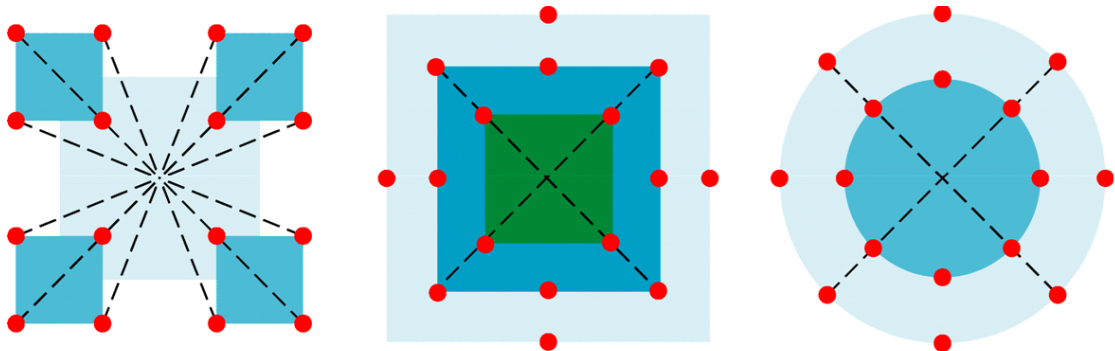
$T = ?$

$M = 5000 \text{ bauds}$

$T = 5000 * \log_2 8$

$T=15000 \text{ bps}$

30) Determine o número de fases, frequências e amplitudes, para os seguintes diagramas de constelação:



primeira imagem: 12 fases e 3 amplitudes

segunda imagem: 8 fases e 4 amplitudes

terceira imagem: 8 fases e 2 amplitudes

31) Uma constelação consiste de 8 pontos igualmente espaçados sobre um círculo. Se a taxa de transmissão vale 4800 bps, qual é a taxa de modulação?

$\log_2(8) = 3$

$M = 4800 / \log_2(8)$

$M = 1600 \text{ bauds}$

32) Determine a taxa de transmissão de um sinal modulado a 1000 baud num sistema 16-QAM.

$\log_2(16) = 4$

$T = 1000 * \log_2(16)$

$$T = 4000 \text{ bps}$$

- 33) Determine a taxa de modulação de um sinal 64-QAM transmitido a 72000 bps.

$$\log_2(64) = 6$$

$$72000 = M * 6$$

$$M = 12000 \text{ bauds}$$

- 34) Descreva os distintos métodos de modulação de sinal aplicáveis nos loops locais e quais seus impactos em relação às taxas de modulação e de transmissão.

- 35) Quantas frequências um modem full-duplex QAM-64 utiliza?

$$50 \text{ mbs}$$

- 36) Qual é a relação sinal-ruído necessária para colocar uma portadora T1 (1,544 Mbps) em uma linha de 50 Hz?

$$25 \text{ hz para cada.}$$

- 37) Crie um diagrama de constelação QAM-16 utilizando 2 amplitudes e 8 fases. Calcule a taxa de transmissão considerando a aplicação de uma taxa de modulação de 1200 bauds.

- 38) Se um sinal binário for enviado sobre um canal de 5 kHz com uma relação sinal/ruído de 1023, qual a taxa máxima de dados poderá ser alcançada? Considerando esse mesmo canal e a inexistência de ruído, determine a taxa máxima de dados que poderá ser alcançada?

- 39) Explique e exemplifique os métodos de multiplexação PCM e T1. Apresente as taxas de transmissão de dados e o overhead que estarão presentes.

- 40) Um sistema telefônico simples consiste em uma final conectada a uma estação interurbana, por meio de um tronco de 100 MHz. Um telefone comum é usado para fazer 8 ligações em um dia útil de 8 horas. A duração média de cada chamada é de 6 minutos. 50% das chamadas são interurbanas (ou seja, passam pela estação interurbana). Qual é o número máximo de telefones que uma estação final pode aceitar? (Suponha 4 kHz por circuito).

- 41) Considerando o cenário convencional dos modems analógicos aplicados aos canais de 4 kHz com uma relação sinal/ruído de 1023 e transmitindo 8 bits por baud, calcule e discuta as taxas máximas de transmissão aplicando-se Shannon e Nyquist, determine o limite máximo real, e discuta como os modems analógicos atingiram taxas de 56 Kbps e o porquê dessa limitação.

- 42) Os canais de televisão possuem 6 MHz. Qual a taxa de transmissão alcançável considerando a aplicação de uma modulação QAM-64? E em um canal com ruído de 1023?

$$T = 6000000 / (2 * 6)$$

$$T = 500000$$

$$\log_2(1 + 1023/64) = 4.049$$

$$T = 6000000 / 4.049$$

$$T = 1481847$$

- 43) Qual o overhead presente nos sistemas PCM, T1 e E1? Defina o tempo de amostragem e a taxa de bits por amostra.

$$T1 = 1544 \text{ mbps}$$

$$E1 = 2048 \text{ mbps}$$

- 44) Resolva os exercícios 2, 3, 4, 5, 6, 9, 18, 22, 23, 24, 25, 26, 28 e 30 do Capítulo 2 do livro de Redes (TANENBAUM, 2011).

2. Um canal sem ruído de 4 kHz tem uma amostra a cada 1 ms. Qual é a taxa máxima de dados desse canal?

Um canal sem ruído pode transportar uma quantidade arbitrariamente grande de informações, não importando com que frequência é feita a amostragem. Basta enviar uma grande quantidade de dados por amostra. No caso do canal de 4 kHz, crie 8.000 amostras/s. Se cada amostra tem 16 bits, o canal pode enviar 128 kbps. Se cada amostra tem 1.024 bits, o canal pode enviar 8,2 Mbps.

3. Os canais de televisão têm 6 MHz. Quantos bits/s poderão ser enviados, se forem usados sinais digitais de quatro níveis? Suponha um canal sem ruído.

Usando o teorema de Nyquist, podemos fazer a amostragem 12 milhões de vezes/s. Sinais do nível quatro fornecem 2 bits por amostra, resultando em uma taxa de dados total de 24 Mbps.

4. Se um sinal binário for enviado sobre um canal de 3 kHz cuja relação sinal/ruído é de 20 dB, qual será a taxa máxima de dados que poderá ser alcançada?

Uma relação sinal/ruído igual a 20 dB significa $S/N = 100$. Tendo em vista que $\log_2 101$ é aproximadamente igual a 6,658, o limite de Shannon é cerca de 19.975 kbps. O limite de Nyquist é de 6 Kbps. Portanto, o gargalo é o limite de Nyquist, que resulta em uma capacidade máxima de canal de 6 kbps.

5. Qual é a relação sinal/ruído necessária para colocar uma portadora T1 em uma linha de 50 kHz?

Para enviar um sinal T1, precisamos de $H \log_2(1 + S/N) = 1,544 \times 10^6$ com $H = 50.000$. Isso resulta em $S/N = 230 - 1$, que corresponde a cerca de 93 dB.

6. Qual é a diferença entre uma estrela passiva e um repetidor ativo em uma rede de fibra óptica?

Uma estrela passiva não tem nenhum componente eletrônico. A luz de uma fibra ilumina uma série de outras. Um repetidor ativo converte o sinal óptica em um sinal elétrico para processamento posterior.

9. O teorema de Nyquist também se aplica à fibra óptica, ou somente ao fio de 1 cobre?

O teorema de Nyquist é uma propriedade matemática e não tem nenhuma relação com a tecnologia. Ele afirma que, se você tem uma função cujo espectro de Fourier não contém nenhum seno ou co-seno acima de f , então, por amostragem da função à frequência de $2f$, você irá captar todas as informações que existem. Desse modo, o teorema de Nyquist é verdadeiro para todos os tipos de meios de transmissão.

18. Um sistema telefônico simples consiste em duas estações finais e uma única estação interurbana, à qual cada estação final está conectada por um tronco full-duplex de 1 MHz. Um telefone comum é usado para fazer quatro ligações em um dia útil de 8 horas. A duração média de cada chamada é de 6 minutos. 10% das chamadas são interurbanas (ou seja, passam pela estação interurbana). Qual é o número máximo de telefones que uma estação final pode aceitar? (Suponha 4 kHz por circuito.)

Cada telefone faz 0,5 chamada/hora, de 6 minutos cada. Desse modo, um telefone ocupa um circuito por 3 minutos/hora. Vinte telefones podem compartilhar um circuito, embora a necessidade de manter a carga próxima a 100% ($r = 1$ em termos de enfileiramento) implique tempos de espera muito longos. Tendo em vista que 10% das chamadas são interurbanas, são necessários 200 telefones para ocupar em tempo integral um circuito interurbano. O tronco da estação tem $1.000.000/4.000 = 250$ circuitos multiplexados sobre ele. Com 200 telefones por circuito, uma estação pode admitir $200 \times 250 = 50.000$ telefones.

22. Um diagrama de constelação de modems semelhante ao da Figura 2.25 tem 2 pontos de dados nas seguintes coordenadas: (1,1), (1,-1), (-1,1) e (-1,-1). Quantos

bps um modem com esses parâmetros pode alcançar a uma taxa de transmissão de 1.200 bauds?

Existem quatro valores válidos por baud, e assim a taxa de bits é duas vezes a taxa em bauds. A 1.200 bauds, a taxa de dados é 2.400 bps.

23. Um diagrama de constelação de modem semelhante ao da Figura 2.25 tem pontos de dados em (0, 1) e (0, 2). O modem utiliza modulação de fase ou modulação de amplitude?

O deslocamento de fase é sempre 0, mas são usadas duas amplitudes; portanto, ele utiliza modulação por amplitude direta.

24. Em um diagrama de constelação, todos os pontos estão em um círculo com centro na origem. Que espécie de modulação está sendo usada?

25. Quantas frequências um modem QAM-64 full-duplex utiliza?

Dois, um para upstream e um para downstream. O esquema de modulação propriamente dito utiliza apenas amplitude e fase. A frequência não é modulada.

26. Um sistema ADSL que usa DMT aloca 3/4 dos canais de dados disponíveis para o enlace downstream. Ele utiliza modulação QAM-64 em cada canal. Qual é a capacidade do enlace downstream?

Há 256 canais ao todo, menos 6 para POTS e 2 para controle, restando 248 para dados. Se 3/4 desses canais forem para downstream, isso dará 186 canais para downstream. A modulação ADSL é feita em 4.000 bauds; assim, com QAM-64 (6 bits/aud), teremos 24.000 bps em cada um dos 186 canais. A largura de banda total será então 4,464 Mbps downstream.

28. Dez sinais, cada um exigindo 4000 Hz, são multiplexados em um único canal utilizando FDM. Qual é a largura de banda mínima exigida para o canal multiplexado? Suponha que as bandas de proteção tenham 400 Hz de largura.

Existem dez sinais de 4.000 Hz. Precisamos de nove bandas de proteção para evitar qualquer interferência. A largura de banda mínima exigida é $4.000 \times 10 + 400 \times 9 = 43.600$ Hz.

30. Qual é o percentual de overhead em uma portadora T1; ou seja, que porcentagem dos 1,544 Mbps não é entregue ao usuário final?

Os usuários finais obtêm $7 \times 24 = 168$ dos 193 bits em um quadro. O overhead é portanto de $25/193 = 13\%$.