

DCO1013 - Lista de exercícios 1

Levy Gabriel da S. G.
Engenharia elétrica - UFRN

1.
 - (a) O canal possui os efeitos mais nocivos à comunicação, pois possui vários obstáculos imprevisíveis e não controláveis para a propagação do sinal, diferente dos outros blocos que possuem uma modelagem mais clara e menos probabilística.
 - (b) A qualidade da comunicação pode ser prejudicada pela atenuação no espaço livre, seletividade de frequência do canal, interferência de outros sinais e influência do ruído.
2. A divisão do sistema de comunicação em camadas permite que os protocolos aplicados a cada camada sejam independentes e funcionem pontualmente em nos paradigmas daquela camada, assim permitindo que a correção de problemas seja limitada àquela camada.
3. Um sinal analógico é aquele capaz de assumir infinitos valores, enquanto que um sinal digital só pode assumir um conjunto finito de valores. Enquanto que em sistemas de comunicação digital os sinais trabalhados são, essencialmente, digitais, após a emissão do sinal modulado no canal, este não será mais digital, mas sim analógico. Isso se deve, pois no canal esses sinais terão dimensões físicas (sinal eletromagnético), de forma que possuirão continuidade ao longo da sua amplitude e que, fisicamente, não pode ser quebrada.
4. Técnicas de modulação são essenciais para a transmissão de um sinal, pois caso este seja transmitido assim como gerado, estará mais sujeito aos efeitos nocivos do canal ou não possuirão as características necessárias para a transmissão. Assim a modulação permite que a forma do sinal a ser transmitido seja adequada às formas de onda do canal. No caso da modulação em banda base, os sinais transmitidos são pulsos modulados e para a modulação em banda passante a mensagem modula uma portadora senoidal de maior frequência que a banda do base do sinal, assim permitindo que esses sinais sejam transmitidos por rádio frequência, uma vez que as dimensões da antena depende do comprimento de onda da onda a ser transmitida.

A modulação também pode ser utilizada para que vários sinais sejam transmitidos ocupando o mesmo canal, seja por divisão no tempo, divisão na frequência, etc. Ela também permite a diminuição de interferências. Por fim, ela também pode ser utilizada para adaptar a banda do sinal para que atenda alguma necessidade de projeto como filtragem e amplificação.

5. Sinais analógicos por possuírem informação codificada em um conjunto de infinitos pontos de amplitude são extremamente influenciado por ruídos. Isso pois qualquer distorção na forma de onda implica em uma falsa interpretação daquele sinal. Já os sinais digitais permitem que os níveis da informação sejam bem definidos em um conjunto finito, de forma que, caso o ruído distorça a forma de onda, a recepção ainda conseguirá resgatar a informação, pois esta possui uma faixa de tolerância para seus valores.
6. Considerando um sinal $g(t)$ contínuo no tempo e um trem de impulsos $\delta_T(t)$ periódico e com período T , tem-se que o sinal $g(t)$ amostrado em um período T será:

$$g_T(t) = g(t)\delta_T(t) \quad (1)$$

Como o trem de impulsos é periódico, ele pode ser representado por meio de uma série de deltas de Kronecker deslocadas em períodos inteiros de T :

$$\delta_T(t) = \sum_{n=-\infty}^{\infty} \delta(t - nT) \quad (2)$$

Substituindo na equação do sinal amostrado, tem-se:

$$g_T(t) = \sum_{n=-\infty}^{\infty} g(t)\delta(t - nT) \quad (3)$$

Da definição da delta de Kronecker, tal que:

$$\delta(t) = \begin{cases} 1, & t = 0 \\ 0, & t \neq 0 \end{cases} \quad (4)$$

Observa-se que a função só possui valor diferente de zero na origem, assim ao considerar impulsos atrasados de nT , estes só assumirão valor nesse instante de tempo. Assim, quando o sinal $g(t)$ for multiplicado pelo trem de impulsos, ele fará com que seus valores sejam aqueles referentes ao instante de tempo nT , $\forall n \in \mathbb{Z}$, tal que:

$$g_T(t) = \sum_{n=-\infty}^{\infty} g(t - nT) \quad (5)$$

7. Considerando que um trem de pulsos periódico de período T_0 pode ser representado pela série de Fourier, tem-se:

$$\delta_{T_0}(t) = \frac{1}{T_0} \sum_{n=-\infty}^{\infty} e^{jn\omega_0 t} \quad (6)$$

Assim a representação do sinal amostrado $g(t)$ da questão anterior pode ser expresso como:

$$g_{T_0}(t) = \frac{1}{T_0} \sum_{n=-\infty}^{\infty} g(t) e^{jn\omega_0 t} \quad (7)$$

Ao aplicar a transformada de Fourier no sinal amostrado, observa-se que se trata de um somatório de um sinal que possui translação em frequência. Sendo a transformada de Fourier do sinal $g(t)$ é $G(f)$, tem-se que:

$$G_{T_0}(f) = \frac{1}{T_0} \sum_{n=-\infty}^{\infty} G(f - \frac{n}{T_0}) \quad (8)$$

Sendo $f_0 = T_0$ e considerando um trem de impulsos deslocados na frequência para representar o espectro periódico do sinal amostrado, finalmente tem:

$$G_{T_0}(f) = f_0 \sum_{n=-\infty}^{\infty} G(nf_0) \delta(f - nf_0) \quad (9)$$

8. No início do estudo de amostragem do sinal analógico, foi imposta a condição de que o sinal a ser amostrado, embora arbitrário, deve possuir energia finita. Qual a razão para esta imposição?

De acordo com a relação de Parseval a energia do sinal pode ser vista do ponto de vista do sinal no tempo e do seu espectro de frequência:

$$E_g = \int_{-\infty}^{\infty} |g(t)|^2 dt = \int_{-\infty}^{\infty} |G(f)|^2 df \quad (10)$$

Assim, a razão para que o sinal a ser amostrado seja limitado em energia é devido a relação acima. Isso pois caso o sinal possua energia infinita, a densidade espectral de energia também será infinita, ou seja, o espectro se estende infinitamente ao longo do eixo das frequências, não sendo possível ser repetido periodicamente sem que ocorra mascaramento.

9. Considerando o par da transformada de Fourier de um pulso retangular de largura τ

na equação 11, observa-se que seu espectro é uma função seno cardinal cujo o primeiro nulo ocorre em $|1/\tau|$.

$$\Pi\left(\frac{t}{\tau}\right) \Leftrightarrow \tau \operatorname{sinc}\left(\frac{2\pi f\tau}{2}\right) \quad (11)$$

Considerando que a maior parte da potência do sinal é concentrada até o primeiro nulo da função seno cardinal, uma aproximação grosseira para a banda do sinal seria de $|1/\tau|$ [Hz].

Isso prova que para um sinal pulsado de largura que aumenta proporcionalmente a τ , sua banda aumentará com a proporção inversa ($1/\tau$)

10. (a) A distorção de um sinal é caracterizada pela deformação da sua forma de onda ou a relação entre suas componentes frequenciais, causando usualmente a degradação do sinal. Uma amplificação ou atenuação só realizam distorção se atuaram desigualmente na amplitude do sinal, em diferentes componentes frequenciais ou que alterem a relação de fase entre componentes harmônicas de uma forma de onda.
 - (b) Uma distorção linear atua com a resposta de um sistema linear no sinal, enquanto que no caso da distorção não linear, a modelagem de uma função resposta é impossibilitada, sendo necessário recorrer a outras abordagens (estatística).
11. A equação de capacidade para ruído de canal aditivo, branco e gaussiano de Shannon é:

$$C = B \log_2(1 + SNR) \quad (12)$$

Onde:

- C é a capacidade do sinal em [bits/s];
- B é a largura de banda do canal em [Hz];
- e SNR é a relação sinal-ruído [adimensional];

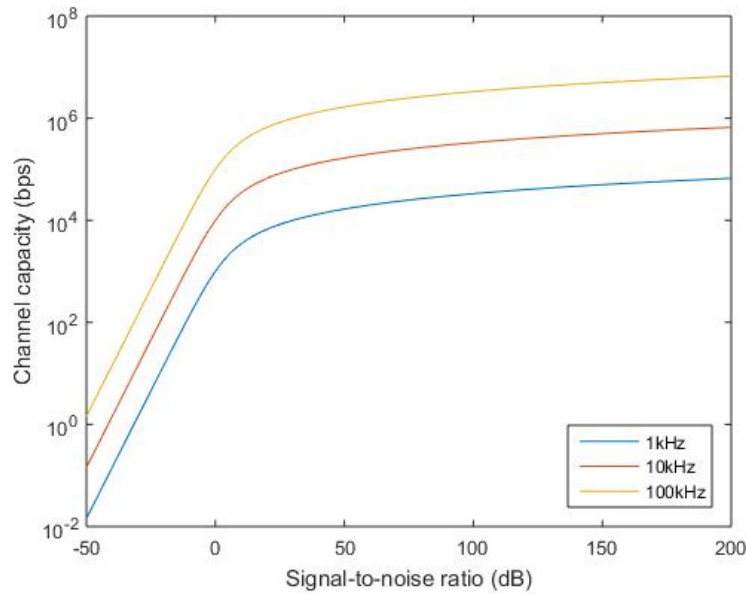


Figura 1: Gráfico de capacidade do canal para vários valores de banda e SNR. Fonte: própria.

Devido ao comportamento logarítmico, ao variar a SNR com a banda fixa, observa-se que para valores negativos de SNR (dB) a capacidade possui uma curva de crescimento bastante agudo, porém quando chega a altos valores de SNR a taxa de crescimento da capacidade se reduz. Com o aumento da banda do canal a curva é deslocada para valores maiores, porém com a mesma tendência de crescimento.

12. (a) Amplificadores tradicionais além de amplificar o sinal, eles também adicionam ruído ao sinal amplificado. Para exemplificar, considera-se um sinal que está a 40 dB acima do nível do ruído e variando de -100 a -60 dBW; o sinal na saída desse amplificador está a 30 dB acima do nível de ruído, mas ele varia de -70 a -40 dBW. Essa menor excursão da relação sinal-ruído se dá pelo ruído adicionado pelo amplificador com figura de ruído de 10 dB. Neste contexto introduz-se os amplificadores de baixo ruído (LNA), que se possuem uma figura de ruído relativamente baixa. Os LNAs são essenciais para a comunicação, pois durante a transmissão, o sinal pode ser amplificado em diversos pontos até chegar ao seu destino, de forma que múltiplos estágios de amplificação com LNAs contribuem para manter a SNR do sinal alto.
- (b) A direcionalidade da antena contribui para o aumento do ganho, pois uma vez que os lóbulos laterais de irradiação são reduzidos, a onda propagada evita d

chocar com o solo que é uma grande fonte de ruídos, consequentemente reduzindo a figura de ruído.

13. O AWGN é um ruído (N):

- Aditivo (A), pois soma-se ao sinal;
- Branco (W), pois possui densidade de potência constante ao longo de todo o espectro;
- Gaussiano (G), pois é modelado estatisticamente.

14. (a) Na modulação por largura de pulso (PWM) a informação é codificada pela duração em que o sinal PWM permanece ligado, ou seja, larguras maiores implica em um sinal de amplitude maior, e vice-versa. Porém, a variação na largura gasta muita energia, desta forma a modulação por posição de pulso (PPM) atua solucionando esse problema. O sinal PPM pode ser gerado a partir do sinal PWM e ele consiste em pulsos estreitos ao final de cada pulso PWM, desta forma sendo energeticamente mais eficiente, mais imune ao ruído, porém deve ter largura ponderada, pois de acordo com que diminui a largura para reduzir a potência, a banda se estende.
- (b) As modulações pulsadas PAM, PWM e PPM são analógicas, pois elas são proporcionais à amplitude do sinal, no caso do PAM essa proporcionalidade se dá pela amplitude do pulso, para o PWM na largura do pulso e para o PPM na posição do pulso. O que as diferencia das modulações por ondas contínuas é o fato de utilizarem pulsos para transportar a informação, de forma que consomem potência por curtos períodos de tempo (principalmente no caso do PPM) enquanto que as modulações por onda contínua consomem potência constantemente.