

PROJETO 02 - Multiplexação OFDM (ortogonalidade, transmissão e recepção, desempenho em canal AWGN)

Resumo: Este trabalho tem como objetivo, entender a modelagem da multiplexação OFDM, entender o processo de ortogonalização entre subportadoras OFDM, entender a modelagem da demultiplexação OFDM e demonstrar o processo de demultiplexação OFDM em canais AWGN. Link do vídeo no YouTube: <https://youtu.be/6Vb-7VtykVg>

1. Entrega: loopback OFDM em canais AWGN

A entrega do presente projeto consistiu em realizar um loopback OFDM em canais AWGN realizando as seguintes mudanças em relação às práticas:

- E_b/N_0 como variável de entrada. Variar a E_b/N_0 de 0 a 14 dB e calcular a variância do ruído, considerando modulação BPSK e 16-QAM;
- Usar as funções `ifft` e `fft` para multiplexar (Tx) e demultiplexar (Rx);
- Fazer o gráfico da BER x E_b/N_0 para com OFDM e, no mesmo gráfico, o gráfico da P_e vs E_b/N_0 (fórmula teórica) da modulação BPSK e 16-QAM sem OFDM.

1.1. Transmissão do sinal OFDM

Na entrega nos foi pedido para usar as funções `ifft` e `fft` para multiplexar (Tx) e demultiplexar (Rx). Considerando que a multiplexação das subportadoras do OFDM pode ser obtida utilizando uma IFFT no transmissor. Assim, primeiramente montamos x_n fazendo:

$$x_n = \frac{1}{\sqrt{N}} \sum_{k=0}^{N-1} X'_k e^{j2\pi n \frac{k}{N}}$$

Assim, substituindo a IDFT do experimento pela IFFT, obtemos $x(t)$ por meio da seguinte equação:

$$x(t) = \frac{1}{\sqrt{N}} \sum_{k=0}^{N-1} X'_k e^{j2\pi n \frac{k}{T}}$$

Assim, os sinais OFDM gerados podem ser visualizados nas figuras a seguir:

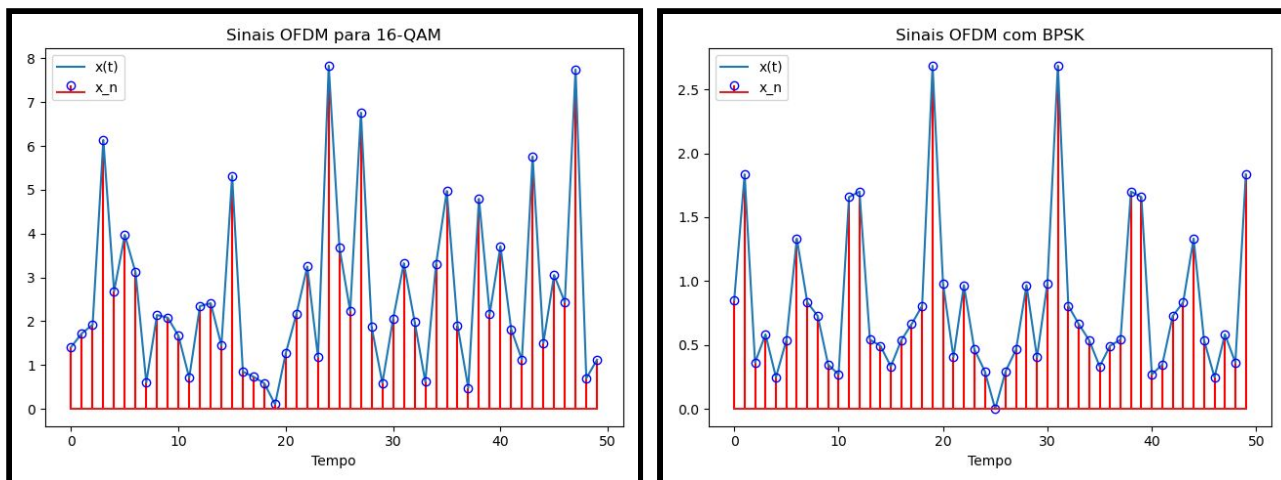


Figura 1a e 1b: Sinais OFDM transmitido para 16-QAM e BPSK.

1.2. Variância do ruído para BPSK e 16-QAM

Com x_t sendo o sinal que chega ao receptor OFDM, modelamos sua recepção, através de sua forma amostrada x_n , na qual aplicamos o ruído AWGN. Assim, para cada constelação, obtivemos as variâncias apresentadas nas tabelas a seguir.

Para o BPSK:

Eb/No (dB)	Variância (σ)	Eb/No (dB)	Variância (σ)
0	0.03853	8	0
1	0.02987	9	0.00007
2	0.03968	10	0
3	0.01199	11	0
4	0.00197	12	0
5	0.00117	13	0
6	0.00009	14	0
7	0.00003	-	-

Tabela 1: Variância do ruído para o BPSK.

Para o 16-QAM:

Eb/No (dB)	Variância (σ)	Eb/No (dB)	Variância (σ)
0	0.29399	8	0.00199
1	0.18930	9	0.00009
2	0.11433	10	0
3	0.06864	11	0.00004
4	0.03786	12	0
5	0.01807	13	0
6	0.00451	14	0
7	0.00397	-	-

Tabela 2: Variância do ruído para o 16-QAM.

1.3. BER x Eb/No

Por fim, modelando a transmissão OFDM utilizando as modulações BPSK e 16-QAM, foi realizada a verificação de rendimento com relação a BER x Eb/No para as duas técnicas.

Para o BPSK, a probabilidade de erro de bit teórica é dada por:

$$Pe = 0.5 \cdot \operatorname{erfc}\left(\sqrt{\frac{Eb}{No}}\right)$$

Para modulações M-QAM, a probabilidade de erro de bit teórica é dada por:

$$Pe = 0.5 \cdot \left[2 \cdot \left(1 - \frac{1}{\sqrt{M}} \right) \cdot \operatorname{erfc}\left(\sqrt{\frac{3}{2 \cdot (M-1)} \frac{Eb}{No}}\right) \right]$$

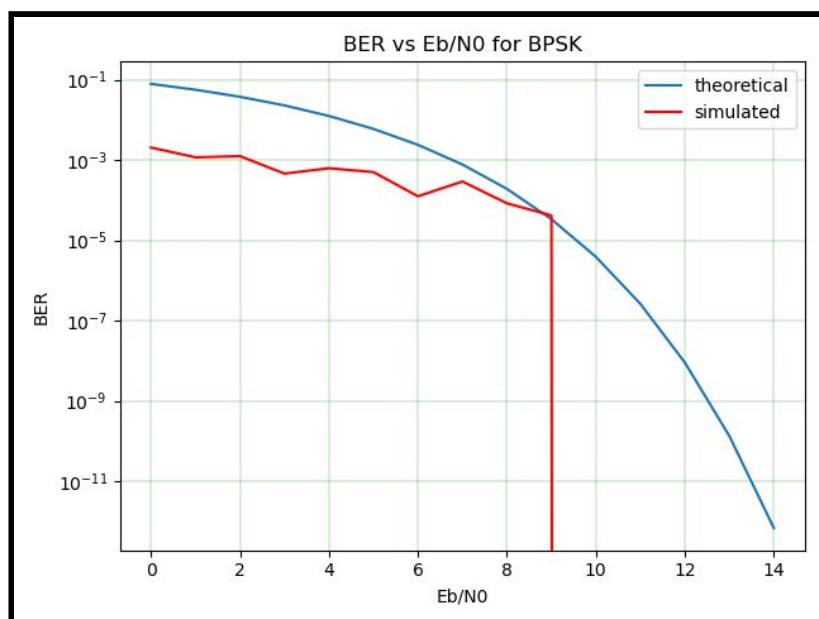


Figura 2a: BER Simulada x Teórica para o BPSK.

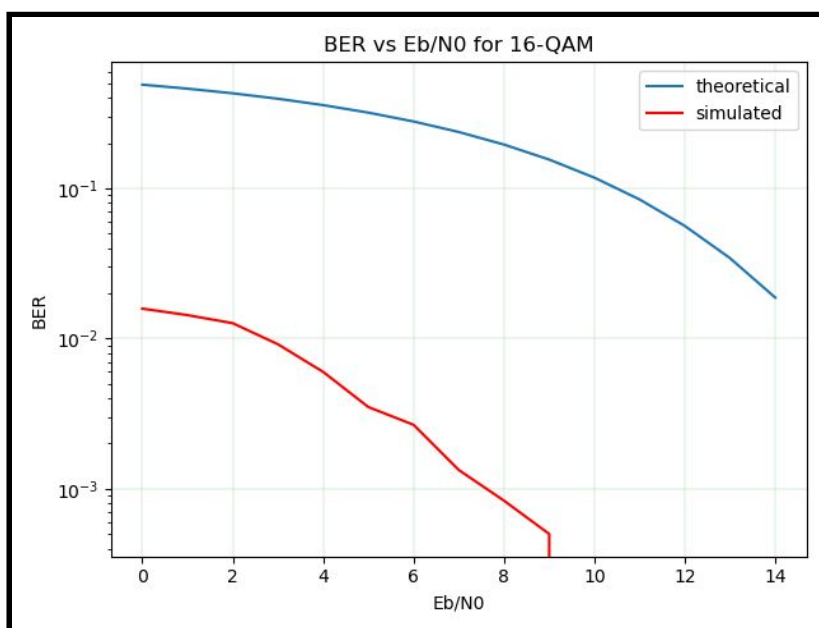


Figura 2b: BER Simulada x Teórica para o 16-QAM.

Referências

Mathuranathan Viswanathan. Simulatin of Difital Communication Systems Using MATLAB. Mathuranathan Viswanathan at Gaussianwaves, 2014.

PROAKIS, J. G., SALEHI, M., BAUCH, G. Modern Communication Systems Using Matlab, 3aedição. Cengage Learning, 2013.

