

Avaliação da Rotação de Constelações M-QAM em Canais com Desvanecimento Rice

Carlos Danilo M. Regis
danilo@iecom.org.br

Orientador:
Dr. Marcelo Sampaio de Alencar

26 de maio de 2011

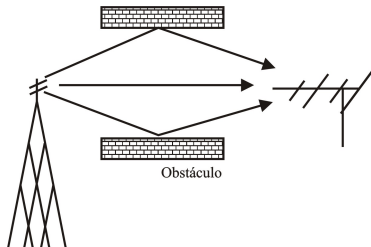
- ➊ Introdução
- ➋ Rotação da Constelação
- ➌ Canal Rice
- ➍ Avaliação dos resultados
- ➎ Conclusões

Introdução

- A rotação da constelação é uma técnica que melhora o desempenho de sistemas de comunicações móveis. Essa técnica está sendo utilizada no padrão DVB-T2.

Introdução

- A rotação da constelação é uma técnica que melhora o desempenho de sistemas de comunicações móveis. Essa técnica está sendo utilizada no padrão DVB-T2.
- A distribuição de Rice é usada na transmissão de dados para representar o sinal recebido que é composto por uma componente de visada direta e componentes de múltiplos percursos.



Introdução

- A distribuição de Rice permite simular diferentes ambientes, variando o fator de Rice K .

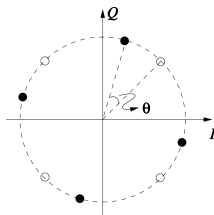
Ambiente	K (dB)
Área aberta	8,0504
Suburbana	7,0261
Urbana baixa densidade	5,1519
Urbana média densidade	3,9349
Urbana alta densidade	0

- Para verificar o desempenho do sistema ISDB-Tb com a rotação da constelação é necessário encontrar o ângulo ótimo para as diferentes situações (ambientes, esquemas de modulação).

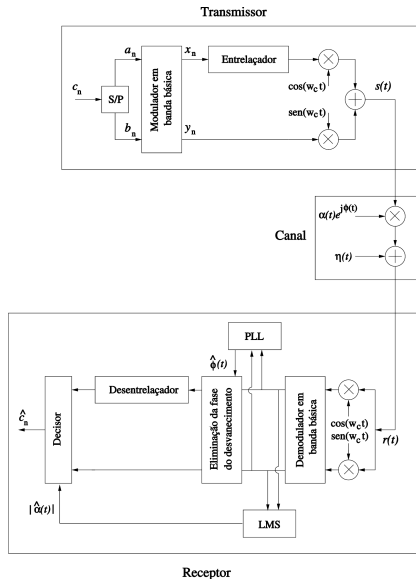
Rotação da Constelação

Rotação da Constelação:

é a técnica que consiste em introduzir redundância por meio de uma escolha adequada do ângulo de referência de uma constelação QAM combinada com o entrelaçamento independente das componentes dos símbolos a serem transmitidos.



Rotação da Constelação



Desvanecimento Rice

Modelagem Matemática

A componente especular pode ser modelada matematicamente como uma das cópias do sinal que incidem sobre o móvel

$$r_0 = \text{Re}\{T_0(t)e^{jw_c t}\} = A_0 \cos(w_c t + w_0 t + \phi_0). \quad (1)$$

Como o sinal recebido é formado pela soma das componentes decorrentes do espalhamento na vizinhança do móvel com a componente especular, os coeficientes de transmissão podem ser modelados por

$$u(t) = A_0 e^{j(w_0 t + \phi_0)} + \sum_{n=1}^M A_n e^{j(w_n t + \phi_n)}. \quad (2)$$

Desvanecimento Rice

Modelagem Matemática

O valor médio quadrático de $u(t)$ é dado por

$$b_R = A_0^2 + 2\sigma^2.$$

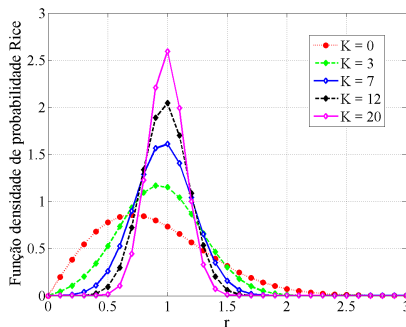
A potência da componente especular é determinada por A_0^2 e a potência das componentes espalhadas é dada por $2\sigma^2$. A razão entre ambas é o fator K ou fator de Rice

$$K = \frac{A_0^2}{2\sigma^2}.$$

Desvanecimento Rice

A fdp da distribuição de Rice para $r \geq 0$, é dada por

$$f_{|u|}(r) = \frac{2r(K+1)}{b_R} \exp\left(-K - \frac{r^2(K+1)}{b_R}\right) I_0\left(2r\sqrt{\frac{K(K+1)}{b_R}}\right),$$



Estimação do fator K

A partir de fatores e do modelo estatístico de primeira ordem para K , é possível chegar à seguinte equação

$$K \cong F_s F_h F_b K_o d^\gamma (d \text{ em km}).$$

- ❶ F_s é o fator da temporada

$$F_s = \begin{cases} 1.0, & \text{Verão (folhas),} \\ 2.5, & \text{Inverno (sem folhas)} \end{cases}$$

- ❷ F_h é o fator da altura da antena

$$F_h = (h/3)^{0.46} \quad (h \text{ em metros}).$$

- ❸ F_b é o fator da largura do feixe da antena

$$F_b = (b/17)^{-0.62} \quad (b \text{ em graus } (^{\circ})).$$

Estimação do fator K

Tabela: Fator de K médio [14].

Largura de feixe da antena	Verão (Folhas)		Inverno (Sem Folhas)	
	$h = 3\text{m}$	$h = 10\text{m}$	$h = 3\text{m}$	$h = 10\text{m}$
17°	6,0 dB	8,0 dB	10,0 dB	12,5 dB
30°	4,5 dB	7,5 dB	9,0 dB	11,0 dB
65°	2,5 dB	5,0 dB	6,0 dB	8,5 dB

Avaliação dos resultados

- ❶ Apresenta-se o ângulo ótimo de rotação para os esquemas de modulação 4-QAM, 16-QAM e 64-QAM.
 - Ambiente de área aberta;
 - Ambiente de área suburbana;
 - Ambiente urbana de baixa densidade;
 - Ambiente urbana de média densidade;
 - Ambiente urbana de alta densidade.
- ❷ Mostra-se a avaliação da BER para os esquemas modulação 4-QAM, 16-QAM e 64-QAM.

Avaliação do ângulo ótimo de rotação

Modulação 4-QAM

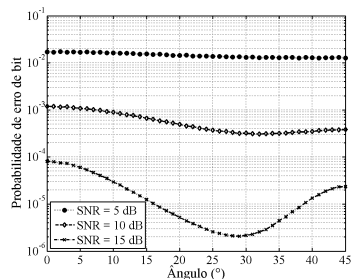
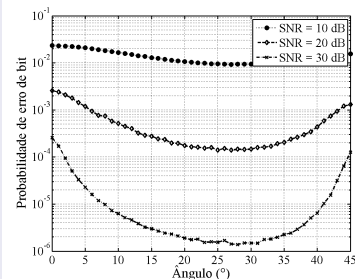


Figura: Gráfico do ângulo ótimo para o esquema de modulação 4-QAM em um canal Rice. Lado esquerdo para $K = 0$ e lado direito para $K = 8,05$.

Avaliação do angulo ótimo de rotação

Modulação 16-QAM

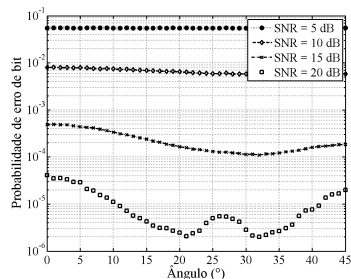
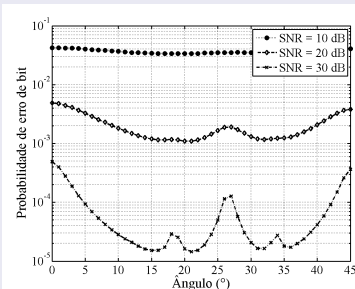


Figura: Gráfico do angulo ótimo para o esquema de modulação 16-QAM em um canal Rice. Lado esquerdo para $K = 0$ e lado direito para $K = 8,05$.

Avaliação do ângulo ótimo de rotação

Modulação 64-QAM

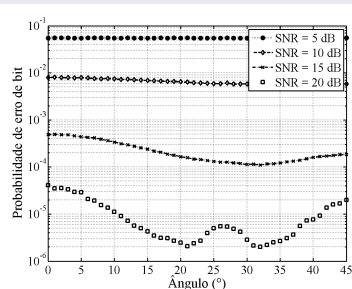
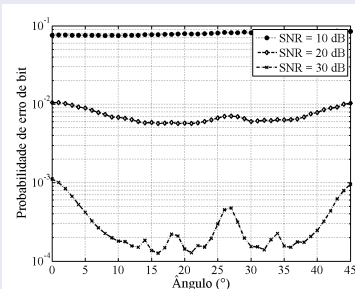


Figura: Gráfico do ângulo ótimo para o esquema de modulação 64-QAM em um canal Rice. Lado esquerdo para $K = 0$ e lado direito para $K = 8,05$.

Avaliação da BER para o ângulo ótimo

Modulação 4-QAM

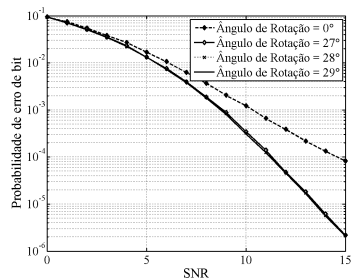
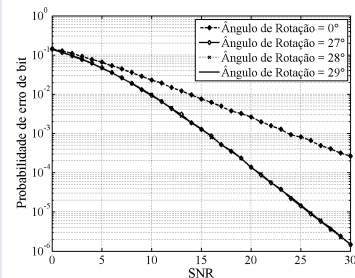


Figura: Gráfico da BER para o esquema de modulação 4-QAM em um canal Rice. Lado esquerdo para $K = 0$ e lado direito para $K = 8,05$.

Avaliação da BER para o ângulo ótimo

Modulação 16-QAM

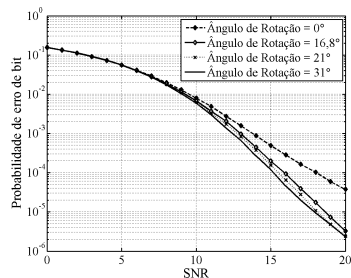
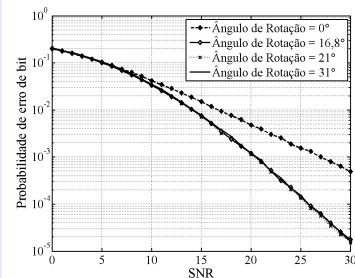


Figura: Gráfico da BER para o esquema de modulação 16-QAM em um canal Rice. Lado esquerdo para $K = 0$ e lado direito para $K = 8,05$.

Avaliação da BER para o ângulo ótimo

Modulação 64-QAM

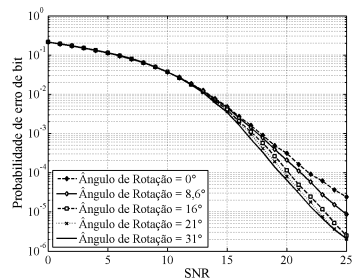
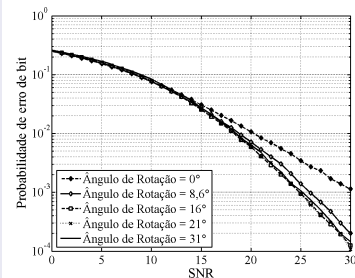


Figura: Gráfico da BER para o esquema de modulação 64-QAM em um canal Rice. Lado esquerdo para $K = 0$ e lado direito para $K = 8,05$.

Conclusões

4-QAM

- os melhores resultados foram 27° , 28° e 29° ,
- ganho de 11 dB, para $\theta = 0^\circ$,
- Não há diferença na BER.

Conclusões

4-QAM

- os melhores resultados foram 27° , 28° e 29° ,
- ganho de 11 dB, para $\theta = 0^\circ$,
- Não há diferença na BER.

16-QAM

- os melhores resultados foram para os ângulos $16,8^\circ$, 21° e 31° ,
- ganho de 8 dB, para $\theta = 0^\circ$,
- Só existe diferença na BER para $\text{SNR} > 10$ dB.

Conclusões

4-QAM

- os melhores resultados foram 27° , 28° e 29° ,
- ganho de 11 dB, para $\theta = 0^\circ$,
- Não há diferença na BER.

16-QAM

- os melhores resultados foram para os ângulos $16,8^\circ$, 21° e 31° ,
- ganho de 8 dB, para $\theta = 0^\circ$,
- Só existe diferença na BER para $\text{SNR} > 10$ dB.

64-QAM

- os melhores resultados obtidos foram $16,8^\circ$, 21° e 31° ,
- ganho de 6 dB, para $\theta = 0^\circ$,
- Só existe diferença na BER para $\text{SNR} > 15$ dB.

Conclusões

Comparação com o DVB-T2

Modulação	DVB-T2	Simulação	Ganho
4-QAM	29°	27°, 28° e 29°	–
16-QAM	16,8°	31°	$\ll 1\text{dB}$
64-QAM	8,6°	31°	1 dB para $K = 0$ $> 2\text{ dB}$

Trabalhos Futuros

- 1 Aumentar a precisão em torno dos pontos ótimos;
- 2 Verificar o erro de estimação de fase para a escolha do ângulo;
- 3 Verificar o *Jitter* de fase para a escolha do ângulo.