

Quantização Grassmanniana do canal sem fio MIMO

David Deberte de Oliveira - Orientador: Gustavo Fraidenraich



Faculdade de Engenharia Elétrica e de Computação
 PIBIC/CNPq-UNICAMP

- Palavras Chave: MIMO, Quantização, canal sem fio, Grassmannian.

Introdução

Sistemas sem fio com múltiplas entradas e múltiplas saídas (MIMO) faz uso da diversidade espacial do canal para aumentar a capacidade de transmissão de dados, diminuir o efeito do desvanecimento, ou a combinação de ambos. O processamento do sinal no transmissor (beamforming) e no receptor (combinação) é uma das formas mais simples de se obter o ganho máximo em diversidade. Geralmente o canal sem fio é quantizado vetorialmente, mas no que se refere à capacidade do canal, esta quantização não é muito eficiente. Buscando uma eficiência maior, utiliza-se o método do espaço Grassmanniano, que se mostra bem mais eficaz do que anterior. Neste estudo, mostra-se que a capacidade do canal utilizando a quantização Grassmanniana aproxima-se muito da capacidade sem quantização. Para efeito comparativo será utilizado a quantização pelo método de Lloyd. O objetivo deste estudo consiste em, através das propriedades da quantização Grassmanniana, reproduzir este método de quantização e compará-lo com o gerado pelo algoritmo de Lloyd.

Metodologia

Para realizar este estudo foi utilizado o Matlab como ferramenta matemática para simular sistemas MIMO assim como calcular erros médios, perda de capacidade devido à quantização e obter curvas de capacidade para as configurações de sistemas considerados. Para desenvolver este estudo será utilizada a técnica de processamento de sinal beamforming, que consiste na adaptação do sinal transmitido de forma que a antena receptora obtenha a melhor SNR (signal to noise ratio - relação sinal ruído) possível, contudo para que isso ocorra é necessário que se conheça previamente as condições do sinal no receptor, necessitando assim de um sistema de realimentação. Ao longo do estudo será considerado que este canal de realimentação é perfeito, ou seja, não há distorção entre os sinais coletados nas antenas receptoras (M_r) e o recebido via realimentação nas antenas transmissoras (M_t).

Sistema MIMO Realimentado

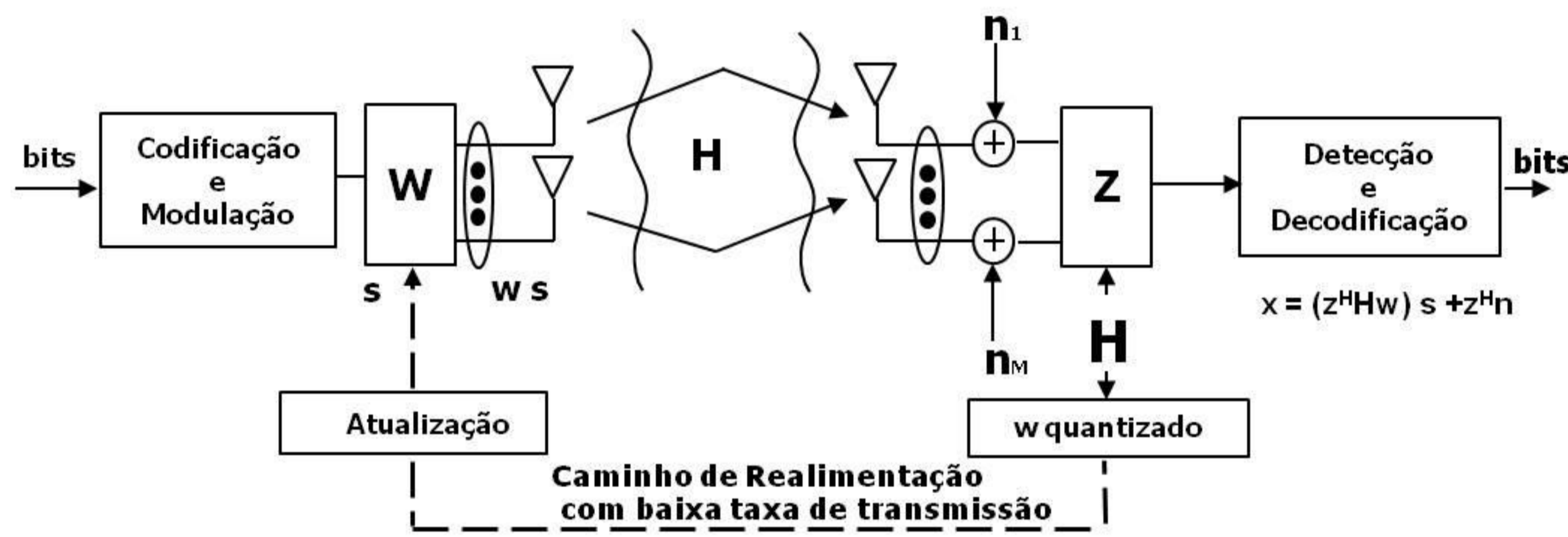


Diagrama de funcionamento de um Sistema MIMO com realimentação

$$x = (z^H H w) s + z^H n$$

Capacidade do Canal

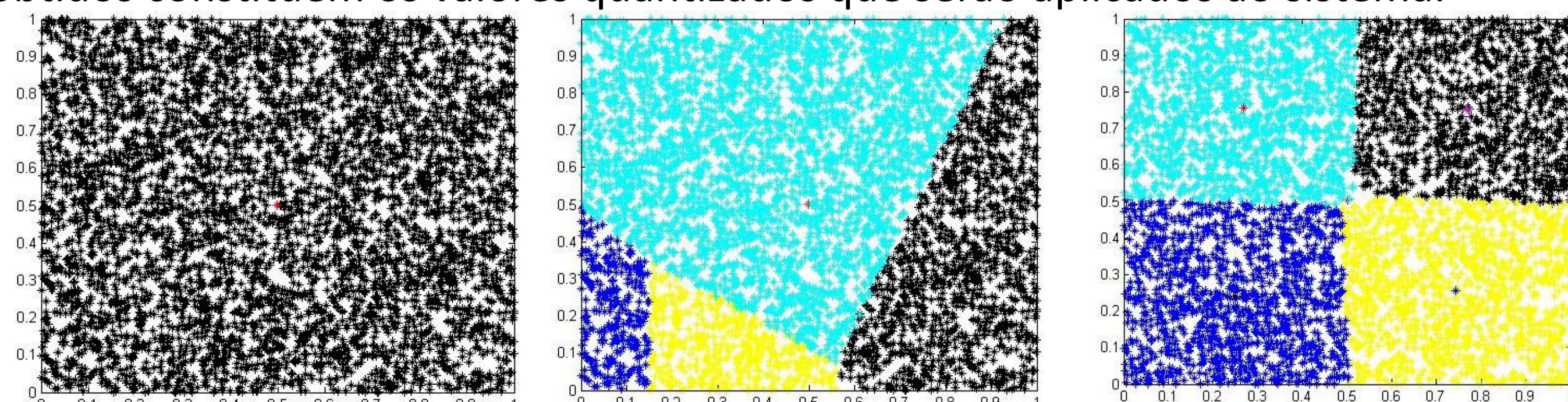
$$C_{desquant} = E_H \left[\log_2 \left(1 + \frac{\lambda E_t}{N_0} \right) \right]$$

$$C_{quant} = E_H \left[\log_2 \left(1 + \frac{\|H Q_w(H)\|_2^2}{N_0} \right) \right]$$

Onde λ é o autovalor máximo de $H^H H$,
 Em que $Q_w(H) = \arg \max_{\|s\| \leq 1} \|H w\|_2^2$

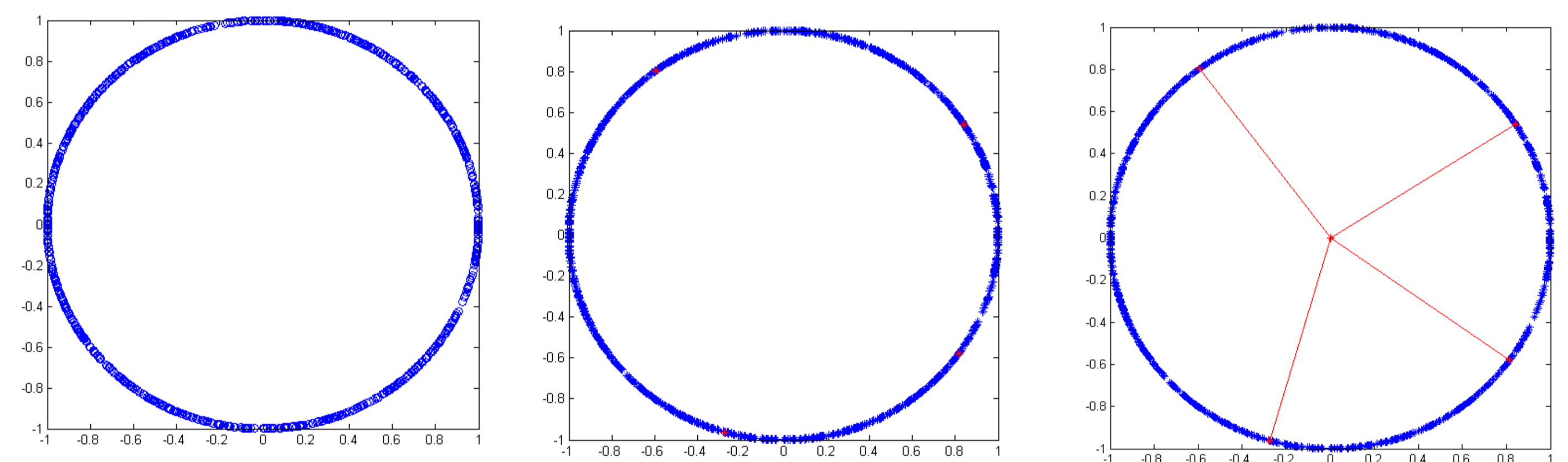
Algoritmo de Lloyd (Algoritmo de K centros)

Considerando um número N de sinais em uma dimensão M (definida como o número de antenas transmissoras), cria-se C_N centróides aleatórios, desde que N seja $(M_t)^P$, onde $P \geq 1$. Com os centróides iniciais considerados, calcula-se a distância de cada ponto em relação a cada centróide, definindo assim, regiões R_N pertencente a cada centróide C_N , como os pontos com menor distância quadrática em relação aos outros N centróides. Após este processo calcula-se um novo centróide para cada R_N . Com os novos centróides repete-se o processo anterior até que esses centróides sejam aproximadamente equidistantes. Estes centróides obtidos constituem os valores quantizados que serão aplicados ao sistema.

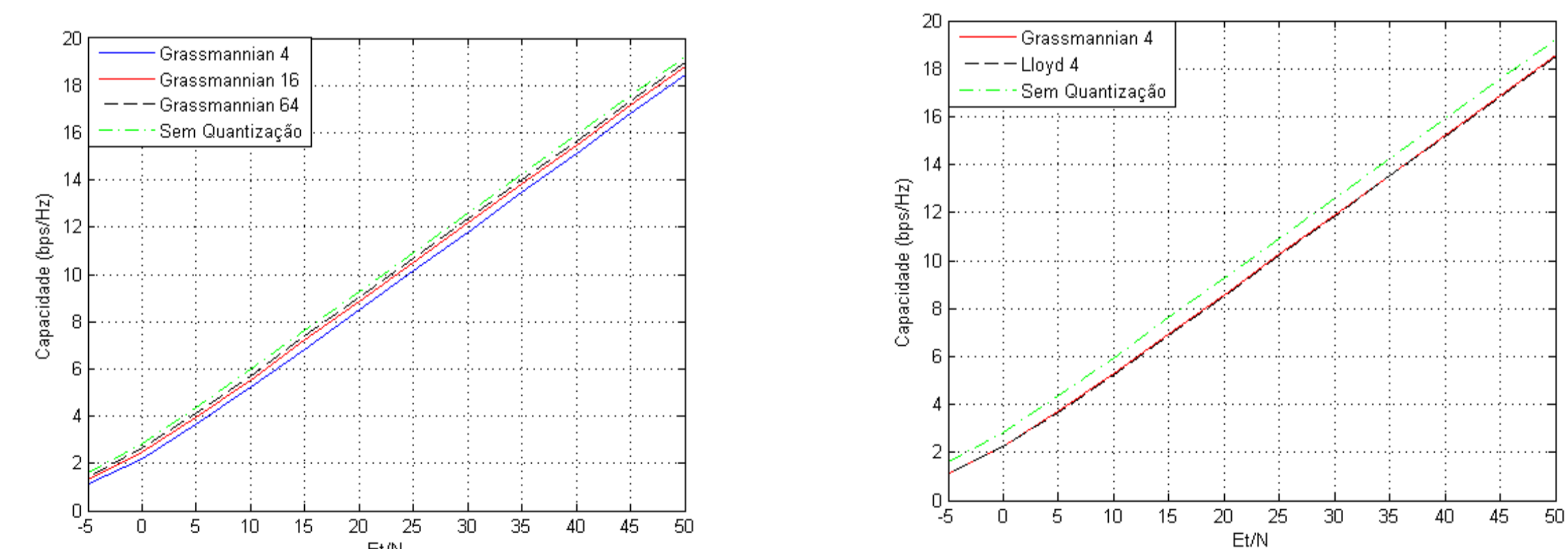


Quantização Grassmanniana

Os pacotes de linhas Grassmanniano consistem no problema do empacotamento ótimo em um subespaço de uma dimensão. Os resultados se compõem em achar o conjunto ou pacote de N_t linhas em C^M que tem a máxima mínima distância entre qualquer par de Linhas Grassmannianas obtendo assim, um conjunto de códigos (codebook) para uma SNR média sobre um canal MIMO decorrelacionado. A quantização Grassmanniana diferentemente da maioria dos quantizadores não considera os dados utilizados no processo como pontos, mas sim como linhas que tem como referência a origem do sistema considerado. Sendo assim, este algoritmo tem como objetivo final obter um número n de retas equiangulares entre si.



Resultados



Conclusão

A quantização Grassmanniana é um excelente método de quantização para se utilizar em transmissões em canais sem fio MIMO com realimentação perfeita, uma vez que este provê uma capacidade ligeiramente superior ao Lloyd com uma complexidade de algoritmo e um tempo de processamento muito menor. Esta quantização tem também como característica interessante o fato de não ter relação nenhuma com a quantidade de antenas receptoras, logo o efeito em um sistema 4×4 e 2×4 ($M_r \times M_t$) será exatamente o mesmo.

Referências

- D. J. Love, R. W. Heath Jr., W. Santipach and M. L. Honig, "What is the value of Limited Feedback for MIMO Channels?" - IEEE Oct. 2004.
 S. P. Lloyd, "Least Square Quantization in PCM" - IEEE Mar. 1982.
 E. Telatar, "Capacity of multi-antenna Gaussian channels," *Europ. Trans. Telecommun.*, vol. 10, pp. 585–595, Nov./Dec. 1999.
 V. Tarokh, H. Jafarkhani, and A. R. Calderbank, "Space-time block codes from orthogonal designs," *IEEE Trans. Inform. Theory*, vol. 45, pp. 1456–1467, July 1999.
 R. W. Heath Jr. and A. J. Paulraj, "Linear dispersion codes for MIMO systems based on frame theory," *IEEE Trans. Signal Processing*, vol. 50, pp. 2429–2441.
 D. J. Love, R. W. Heath Jr., T. Strohmer, "Grassmannian Beamforming for Multiple Input Multiple Output Wireless Systems".-IEEE Oct 2003.
 S. Thoen, L. Van der Perre, B. Gyselinckx, and M. Engels, "Performance analysis of combined transmit-SC/receive-MRC," *IEEE Trans Commun.*, vol. 49, pp. 5–8.
 G. J. Foschini and M. J. Gans, "On limits of wireless communications in a fading environment when using multiple antennas," *Wireless Personal Commun.*, vol. 6, pp. 311–335.
 B. Hassibi and B.M. Hochwald, "High-rate codes that are linear in space and time," *IEEE Trans. Inform. Theory*, vol. 48, pp. 1804–1824, July 2002.
 D. J. Love and R. W. Heath Jr., "Equal gain transmission in multiple-input multiple-output wireless systems," *IEEE Trans. Commun.*, vol. 51, pp. 1102–1110, July 2003.