

AE1 - Relatório MIMO

Jessica de Souza

Engenharia de Telecomunicações, Instituto Federal de Santa Catarina

[<jessica.souzajds@gmail.com>](mailto:jessica.souzajds@gmail.com)

15 de outubro de 2018

1. Resumo

Este trabalho possui o foco em simular a transmissão de sinais BPSK em três tipos de técnicas de diversidade diferentes para sistemas MIMO. As técnicas utilizadas foram: Seleção de antenas, combinação de razão máxima e código de Alamouti. Foi realizado um comparativo das três técnicas com diferentes quantidades de antenas. Como resultados obtidos, foi concluído que o código de Alamouti possui o melhor desempenho de SNR vs. Probabilidade de erro para todas as três simulações.

2. Introdução

Este trabalho tem como objetivo rever conceitos de técnicas de diversidade aplicados para comunicações sem fio. A diversidade é utilizada para melhorar a qualidade de um sinal recebido, bem como o desempenho de enlaces e podemos usá-la para compensar os danos do canal causados por atenuação. Para melhorar o sinal no receptor existem diversas formas de usar diversidade, seja implementando múltiplas antenas no lado receptor ou até mesmo replicando o sinal em diversas antenas no lado transmissor.

O lado positivo de se usar esta técnica, é que não há quaisquer alterações na frequência ou na largura de banda transmitida, além do seu baixo custo. Emprega-se a diversidade para reduzir a profundidade e a duração das atenuações sofridas pelo receptor. Existem diversos tipos de diversidade: espacial, temporal e de frequência, sendo que a mais comum entre estas é a espacial.

A diversidade espacial é uma das mais populares em sistemas sem fio (sistemas que possuem estação-base e antena móvel). Como estes sistemas não possuem garantia de 100% de entrega para um caminho com visada direta e espalhamentos podem ocorrer no ambiente, é necessária a utilização da diversidade espacial. Podem ser usados alguns métodos de diversidade especial nos receptores, neste trabalho serão abordados a técnica de seleção de antenas, combinação de razão máxima e código de Alamouti. Estes métodos

serão melhor explorados na seção 3. Para a diversidade espacial, as antenas da estação-base devem estar espaçadas a um certo comprimento de onda para que ocorra com sucesso.

Já na diversidade temporal, as informações são transmitidas repetidamente em espaçamentos de tempo, sendo estes maiores que o tempo de coerência do canal. Assim, quando a antena receptora recebe as mensagens replicadas, estas possuirão vários níveis de atenuação diferentes e com diferentes atrasos de caminho múltiplo.

Por fim, na diversidade de frequência, as informações são enviadas em mais de uma frequência de portadora, sendo que estas frequências são separadas por meios que a largura de banda de coerência do canal. Se esta condição for atendida, haverá a diversidade pois os canais estarão descorrelacionados.

Todos os três tipos de diversidade podem ser aplicados em um sistema. Para este trabalho, iremos considerar sistemas com múltiplas entradas e múltiplas saídas, também chamados de MIMO, de forma a testar os diferentes tipos de diversidade espacial.

3. Conceitos Teóricos

Como dito anteriormente, existem três tipos de técnica de diversidade no receptor. A seguir, estão detalhados conceitos sobre os mesmos: diversidade da antena, combinação de razão máxima e código de Alamouti.

A técnica de **diversidade da antena**, também chamada de seleção de antenas (AS). Esta técnica consiste em escolher o melhor sinal recebido, ou seja, o sinal com melhor SNR, em um cenário com múltiplas antenas. Isso faz com que os efeitos da atenuação em pequena escala sejam reduzidos significativamente.

A técnica de diversidade por **combinação de razão máxima** (MRC), usa todos os ramos (antenas) do sistema simultaneamente, de forma ponderada (assim fornecendo uma SNR ótima para o canal) e cada ganho de cada antena entra no sistema. A Figura 1 mostra o esquema de como é a técnica MRC.

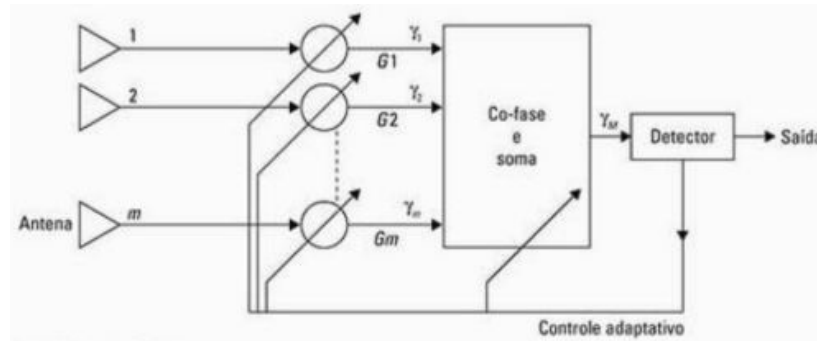


Figura 1 - Combinador de razão máxima.

O **código de Alamouti** é uma técnica de diversidade no espaço-tempo que auxilia na redução da taxa de erro de bit (BER) e alcança máximo ganho de diversidade, além de sua baixa complexidade se comparada às outras técnicas, como por exemplo a de treliças. Alamouti implementou um sistema que aumenta o número de antenas transmissoras, ao invés de focar apenas nas antenas receptoras.

Para usar esta técnica, é usado também o código espaço-temporal de bloco, onde cada sinal de entrada é inserido em forma de bloco e a saída obtém-se uma matriz onde as colunas são o tempo e as linhas são associadas ao número de antenas. Segundo Alamouti, usando 2 antenas transmissoras para uma receptora, é provado que possui o mesmo ganho de diversidade que a MMRC. Além disso, se utilizada 2 antenas transmissoras e M receptoras, o ganho de diversidade é de $2M$. A seguir o diagrama do método de Alamouti para 1 e 2 antenas receptoras, que são equivalentes ao implementado neste trabalho.

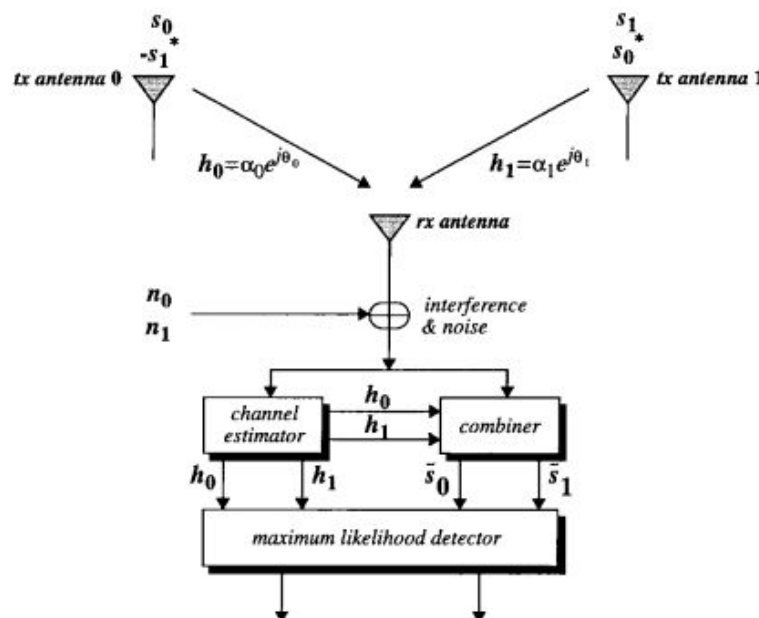


Figura 2 - Alamouti de 2 Tx e 1 Rx.

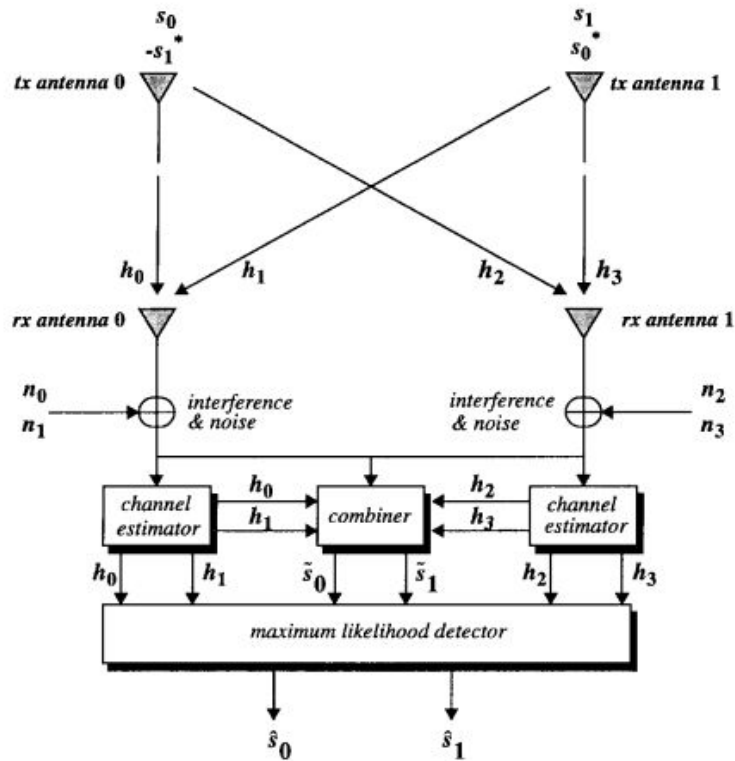


Figura 3 - Alamouti de 2 Tx e 2 Rx.

4. Metodologia

Foram realizadas três simulações para aplicar os conhecimentos referentes à MIMO. A primeira simulação consistiu em simular três tipos de transmissão: uma transmissão utilizando a técnica de seleção de antenas, com 1 antenna transmissora e 2 receptoras; a segunda usa a técnica de MRC com 1 antenna transmissora e 2 receptoras e por fim a terceira usa o código de Alamouti com 2 antenas transmissoras e 1 receptora.

A segunda simulação simulou também três transmissões: AS com 1 antenna transmissora e 4 receptoras; MRC com 1 antenna transmissora e 4 receptoras e código de Alamouti com 2 antenas transmissoras e 2 receptoras. Já a terceira simulação compara o sistema SISO (uma antenna transmissora e uma receptora), com códigos de Alamouti, variando o número de antenas receptoras (1 e 2 antenas) com duas antenas transmissoras.

Para as simulações, a modulação utilizada foi BPSK, o canal usado foi de Rayleigh com frequência Doppler de 100 Hz. Foi usado o software Matlab para todas as simulações. Para todas as simulações, foi gerada a informação com tamanho R_s variável (foi necessário variar R_s entre 75k e 150k devido ao computador utilizado no experimento não suportar o

processamento e fechar o programa). Esta informação foi transformada em BPSK para que se possa passá-la pelos canais.

Para todos os três experimentos foram realizados os mesmos procedimentos, visto que entre AS, MRC e Alamouti foram variados apenas a quantidade de antenas. O procedimento para criação do canal transmissor é bem semelhante, todos utilizaram Rayleigh, através da função `rayleighchan()`, com seu histórico sendo armazenado para que o estado do canal seja salvo.

Para AS e MRC, realizar a filtragem da informação modulada pelo canal já faz com que o sinal seja transmitido. Para Alamouti, antes de passar a informação pelo canal, é realizada a codificação espaço-tempo, assim cada antena transmissora receberá uma versão diferente do sinal, conforme mostra a tabela 1.

	antenna 0	antenna 1
time t	s_0	s_1
time $t + T$	$-s_1^*$	s_0^*

Tabela 1 - Sequência de codificação para o esquema de 2 ramos (Alamouti).

Como podemos ver na tabela, na primeira antena, contém uma parte dos dados inalterados (s_0), somado com a outra parte dos dados não incluída (s_1) em sua forma negativa e conjugada, assim como na segunda antena há s_1 e s_0 conjugado.

Para a recepção do canal, a SNR foi variada de 0 até 20 dB e a informação passa por um canal AWGN. Para todos os métodos, o ganho do canal é multiplicado pelo sinal recebido: para AS, é realizada a escolha do sinal com maior SNR, para MRC é realizada a soma de todos os sinais recebidos. Já para Alamouti, é realizada a multiplicação do sinal recebido com o ganho, porém fazendo o conjugado respeitando a tabela de combinações [1]. Uma vez obtido o sinal recebido, é realizada a demodulação e os cálculos da probabilidade de erro de bit através da função `biterr()`, assim obtendo o desempenho de cada método. Na próxima seção serão mostrados os resultados de cada experimento.

5. Resultados e Discussão

Esta seção contém os resultados obtidos das três simulações realizadas, a seguir o detalhamento de cada experimento.

5.1. Experimento 1

Podemos observar na Figura 4 o resultado da simulação, utilizando para a técnica AS e MRC uma antenna transmissora e duas receptoras, e para o código de Alamouti duas antenas transmissoras e uma receptora. Todas as três técnicas apresentaram suas probabilidades de erro semelhantes até por volta de 8 dB de variação de SNR, sendo que após isto a técnica de Alamouti apresentou melhor resultado.

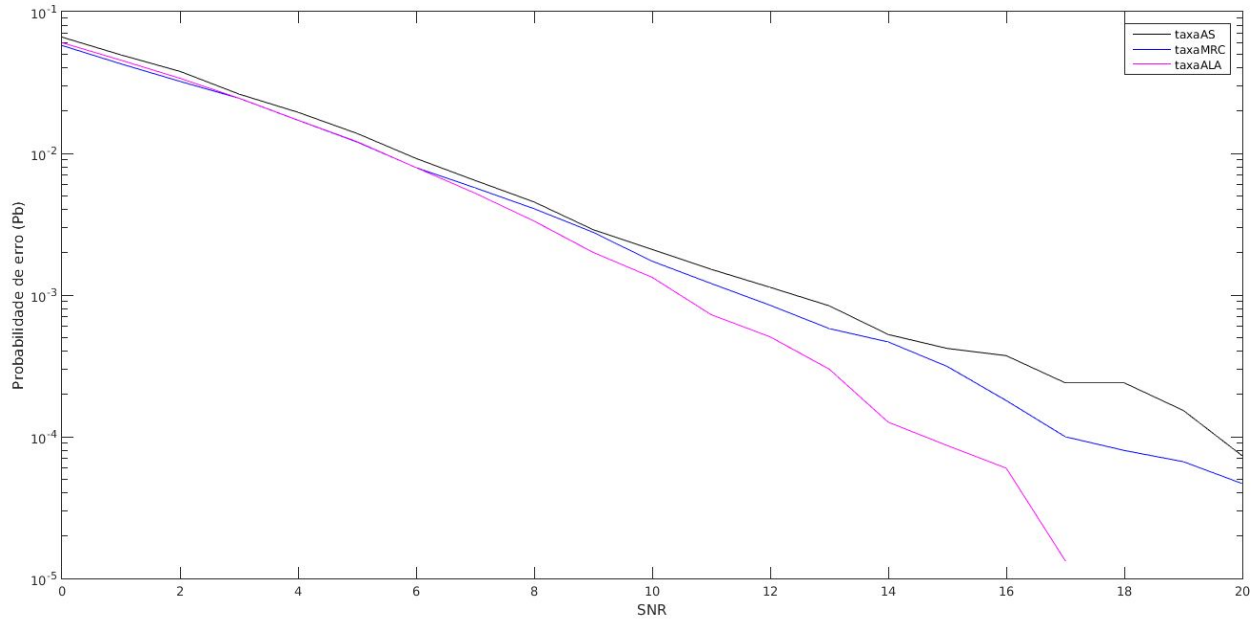


Figura 4 - Experimento 1: Técnica AS (preto), MRC(azul) e Alamouti(rosa).

5.2. Experimento 2

Para o segundo experimento, foi utilizado para a técnica AS e MRC apenas uma antenna transmissora e quatro antenas receptoras. Já para a técnica de Alamouti foi usadas duas antenas no transmissor e duas antenas no receptor. A Figura 5 mostra o resultado das simulações. Podemos observar que a probabilidade de erro de bit cai se comparado com o experimento anterior, mas mesmo quadruplicando o número de antenas, o código de Alamouti ainda apresenta melhor resultados se comparado com as outras duas técnicas.

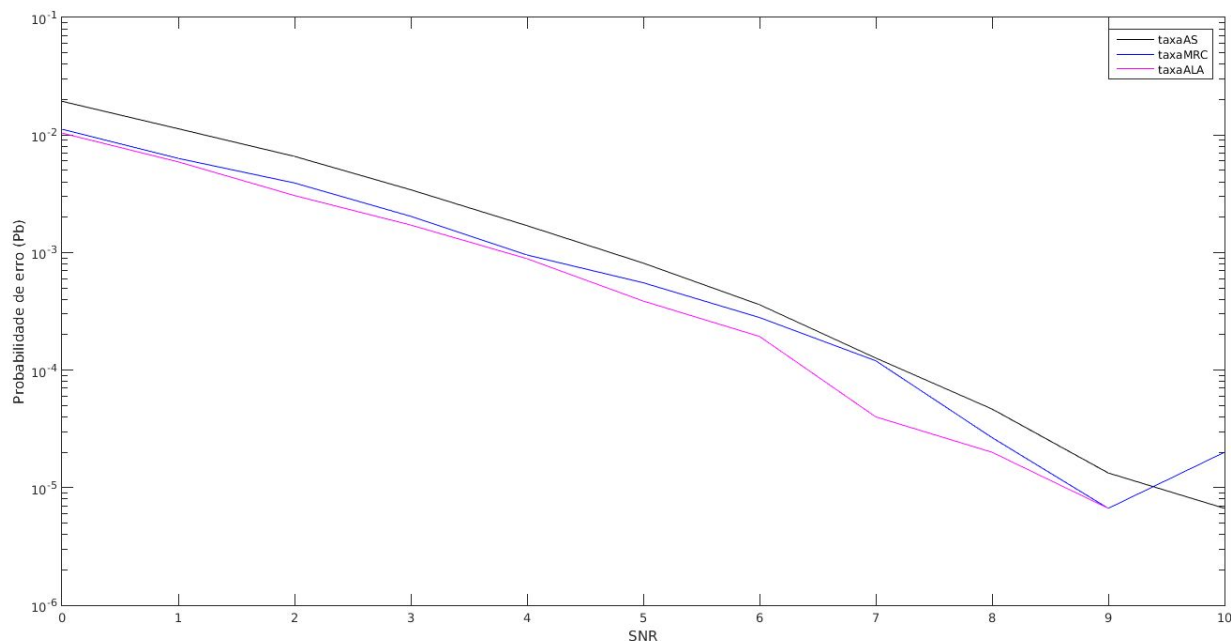


Figura 5 - Experimento 2: Técnica AS (preto), MRC(azul) e Alamouti(rosa).

5.3. Experimento 3

Para o terceiro experimento, foi comparado um sistema SISO (uma antena transmissora e uma receptora) com outros dois sistemas que utilizam Alamouti (sendo o primeiro com duas antenas transmissoras e uma receptora e o segundo com duas antenas transmissoras e duas receptoras).

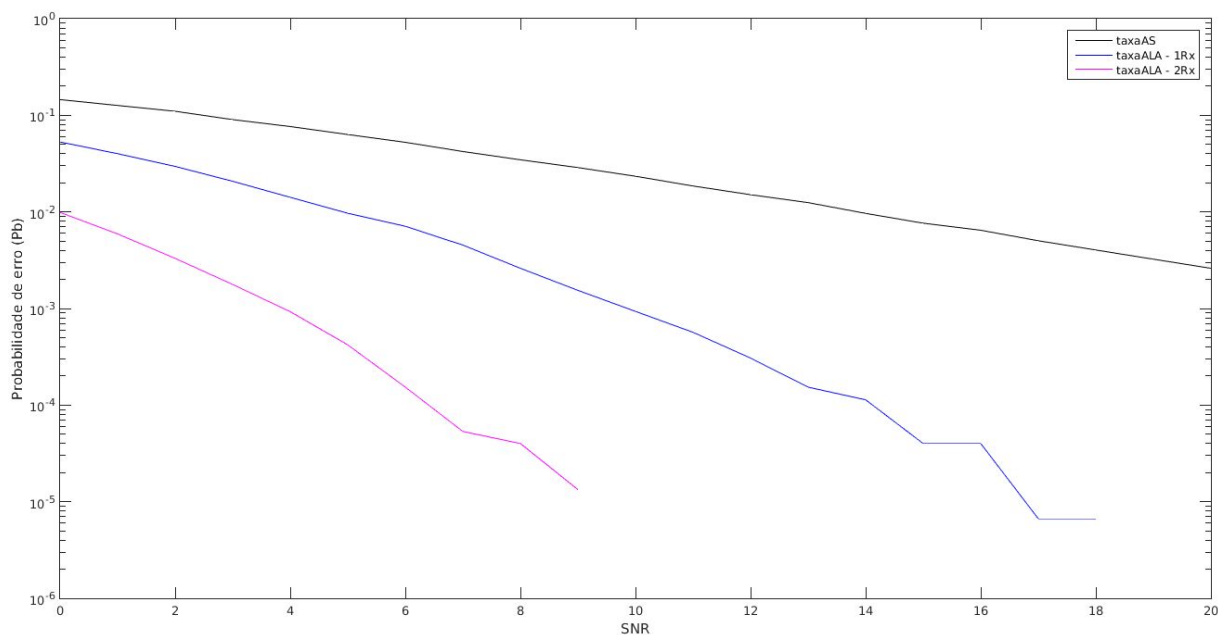


Figura 6 - Experimento 3: Técnica SISO (preto), Alamouti 1 Rx(azul) e Alamouti 2 Rx (rosa).

Podemos observar na Figura 6 que o sistema siso pouco variou sua BER em relação a variação da SNR e que o código de Alamouti que utilizou mais antenas receptoras obteve o melhor desempenho de $BER \times SNR$, obtendo uma melhora de 2M se comparado com a simulação de Alamouti com apenas 1 antena receptora.

6. Conclusões

Este trabalho teve como objetivo aplicar em sistemas MIMO diferentes técnicas de diversidade. Comparando as técnicas de AS, MRC e Alamouti, pode-se concluir que a técnica de Alamouti possui o melhor desempenho para diferentes quantidades de antenas. Por fim, foi possível verificar a regra de melhora de diversidade em 2M ao aplicar M antenas no receptor, conforme a teoria encontrada em [1].

Referências

- S. M. Alamouti, "A Simple Transmit Diversity Technique for Wireless Communications", IEEE Journal on Selected Areas in Communications, Vol. 16, No. 8, pp. 1451-1458, October 1998.
- T. S. Rappaport, "Comunicações sem fio", 2ª edição, Pearson Prentice Hall, 2008.