

INSTITUTO NACIONAL DE TELECOMUNICAÇÕES
MESTRADO EM TELECOMUNICAÇÕES

ELISEU ELIAS CÂNDIDO MOREIRA

PRINCÍPIOS DE SIMULAÇÃO
TRABALHO FINAL 2

Revisão de artigo:

A Simple Transmit Diversity Technique for Wireless Communications – Siavash M. Alamouti

Santa Rita do Sapucaí - MG

2024

INTRODUÇÃO

O artigo "A Simple Transmit Diversity Technique for Wireless Communications" de Siavash M. Alamouti, publicado em 1998, introduz uma técnica inovadora para melhorar a confiabilidade da comunicação sem fio. A técnica é conhecida como Esquema de Transmissão de Diversidade de Alamouti (STBC – *Space-Time Block Code*) e oferece uma solução simples e eficaz para combater o desvanecimento de sinal (*fading*), um problema comum em ambientes de comunicação sem fio. Para isso é estabelecido duas formas, a MRRC e o método *New Scheme*.

O Método de Recepção com Diversidade de Máxima Razão (MRRC) é uma técnica clássica de diversidade de recepção utilizada em sistemas sem fio para combater o desvanecimento do sinal. Nesse método, múltiplas antenas de recepção são utilizadas para captar o mesmo sinal transmitido por uma única antena. Cada antena de recepção capta uma versão diferente do sinal devido às diferentes trajetórias percorridas, o que resulta em diferentes padrões de desvanecimento. O receptor, então, combina essas versões do sinal de maneira a maximizar a relação sinal-ruído (SNR). Isso é feito ponderando cada sinal recebido com base na qualidade do canal (razão sinal-ruído) e somando-os para formar uma única estimativa do sinal transmitido. O MRRC requer múltiplas antenas de recepção e processamento complexo no receptor, mas não modifica o transmissor.

Por outro lado, o novo esquema de transmissão proposto por Alamouti introduz um método de diversidade de transmissão que utiliza duas antenas de transmissão e uma ou mais antenas de recepção. Diferentemente do MRRC, o esquema de Alamouti aplica a diversidade no transmissor ao invés do receptor, simplificando significativamente o processamento no lado do receptor. No receptor, as versões dos sinais recebidos são combinadas para recuperar os símbolos transmitidos. Suponha que os canais entre as antenas de transmissão e o receptor sejam representados pelos coeficientes h_0 e h_1 . Os sinais recebidos nos dois intervalos de tempo são linearmente combinados para formar duas equações, que permitem ao receptor decodificar s_0 e s_1 separadamente, aproveitando a ortogonalidade dos sinais transmitidos. As combinações são feitas de modo a cancelar a interferência entre os símbolos, resultando em uma recuperação robusta dos sinais transmitidos, mesmo em presença de desvanecimento.

O mesmo, aborda diversos conceitos técnicos:

1. Diversidade de Transmissão

A diversidade de transmissão é uma técnica usada para combater o desvanecimento de sinal, que ocorre devido à interferência entre múltiplos caminhos de propagação, causando variações na amplitude do sinal recebido. A diversidade de transmissão melhora a confiabilidade transmitindo múltiplas versões do mesmo sinal por diferentes caminhos ou antenas.

2. Esquema de Alamouti

O esquema de Alamouti é um método específico de diversidade que utiliza duas antenas de transmissão e uma ou mais antenas de recepção. Este esquema é um exemplo de um sistema MIMO (Multiple Input, Multiple Output).

Transmissão:

Intervalo de Tempo 1: A antena 1 transmite o símbolo s_0 e a antena 2 transmite o símbolo s_1 .

Intervalo de Tempo 2: A antena 1 transmite $-s_1^*$ e a antena 2 transmite s_0^*

Recepção:

No receptor, os sinais recebidos nos dois intervalos de tempo são combinados para detectar os símbolos transmitidos. Suponha que o canal entre a antena i ($i = 0,1$) e o receptor seja representado por h_i (um coeficiente complexo que caracteriza a amplitude e a fase do canal). Então, os sinais recebidos r_0 e r_1 nos dois intervalos de tempo podem ser representados como:

$$\begin{aligned}r_0 &= h_0 s_0 + h_1 s_1 + n_0 \\r_1 &= -h_0 s_1^* + h_1 s_0^* + n_1\end{aligned}$$

Onde n_0 e n_1 são os ruídos aditivos nos dois intervalos de tempo.

Decodificação:

Para recuperar s_0 e s_1 no receptor, são formadas as seguintes combinações lineares:

$$\begin{aligned}r_0 h_0^* + r_1 h_1 &= (|h_0|^2 + |h_1|^2) s_0 + (h_0^* n_0 + h_1 n_1^*) \\r_1 h_0^* + r_0 h_1 &= (|h_0|^2 + |h_1|^2) s_1 + (h_0^* n_1 + h_1 n_0^*)\end{aligned}$$

Essas combinações aproveitam a ortogonalidade dos sinais transmitidos para cancelar a interferência entre s_0 e s_1 , permitindo que eles sejam decodificados separadamente. A estrutura dos sinais conjugados garante que o efeito do canal (fading) seja adequadamente tratado.

3. Ganhos de Diversidade

O esquema de Alamouti proporciona um ganho de diversidade de ordem 2, significando que ele oferece a mesma performance que uma configuração de dois receptores de diversidade espacial. Isso resulta em uma melhoria significativa na taxa de erro de bit (BER) em comparação com uma configuração de antena única, especialmente em ambientes com desvanecimento profundo.

CONCLUSÃO

Uma das maiores vantagens do esquema de Alamouti é sua simplicidade de implementação. A técnica pode ser facilmente implementada com um processamento adicional mínimo no receptor, e não requer feedback do receptor ao transmissor, o que é vantajoso em muitos cenários práticos.

O artigo apresenta simulações que demonstram a eficácia do esquema de Alamouti em melhorar a confiabilidade da comunicação em ambientes de desvanecimento Rayleigh. Os resultados mostram que o esquema de Alamouti pode oferecer ganhos de diversidade sem exigir feedback do receptor, tornando-o adequado para uma ampla gama de aplicações sem fio, como por exemplo, transmissão de internet 5G, que utiliza. Do sistema MIMO.

Contudo, apesar de bem explicativo teoricamente, a metodologia para a implementação deixa um pouco a desejar, sendo o único resultado simulado, o gráfico com a BER (*bit error rate*) de cada método (MRRC e *New Scheme*), porém não explicação de como o mesmo foi gerado, sendo um ponto negativo do artigo. Dessarte, é um artigo relevante que trouxe uma nova proposta para a época e que ainda hoje é utilizado para certas aplicações como sistemas que dependem de MIMO.