



Dados do Projeto

Número de Registro:	2024.PE.AL.2925	Código:	2925
Coordenador:	Ricardo Bohaczuk Venturelli	Controle:	69918
Área:	Pesquisa	Unidade Origem:	CAMPUS ALEGRETE
Modalidade:	Projeto de Pesquisa	Telefone:	(47)99903-3045
Título:	Análise de Desempenho de Técnicas Não-Lineares de Pré-Codificação em Sistemas MIMO		
Execução:	De 01/04/2024 a 31/03/2026	Nº de Registro no SIPPEE:	Não consta
Autoriza Publicação Resumo:	Sim	Área de Conhecimento:	Engenharias
Formação Continuada:	Não informado	Possui interação com o setor produtivo:	Não
Grupo de Pesquisa:	Não consta	Cooperação interinstitucional fora do país:	Não
Cooperação interinstitucional dentro do país:	Não		
Palavras-chave:	MIMO multiusuário / Pré-codificação / Forçagem a Inteiros / Modulação Adaptativa		

Resumo do Projeto

A tecnologia com múltiplas antenas (MIMO) vem sido amplamente considerada em canais sem fio, uma vez que a capacidade-soma cresce com o número de antenas. Em particular, estamos interessados no canal downlink com múltiplos usuários, em que a estação radio base deseja se comunicar com múltiplos usuários simultaneamente. No cenário de modulação adaptativa, o transmissor seleciona, para cada usuário, uma constelação com alta eficiência espectral que satisfaça uma restrição de qualidade (tipicamente, probabilidade de erro de bit), fazendo com que haja um aumento no desempenho do sistema.

Introdução e Justificativa

Tecnologia de múltiplas antenas (MIMO, do inglês multiple-input-multiple-output) tem sido bastante considerada em sistemas de comunicação sem-fio, uma vez que, seu desempenho cresce linearmente com o número de antenas. Os benefícios da comunicação MIMO incluem, mas não se limitam a, ganho de diversidade espacial e ganho de multiplexação espacial. A tecnologia MIMO foi primeiramente estudada em um cenário ponto-a-ponto e então, estendida para o cenário com múltiplos usuários (MU) motivado pelo uso de redes celulares. MU-MIMO permite aos usuários compartilhar os recursos de tempo e frequência para melhorar o desempenho geral (i.e. taxas alcancáveis). Os canais MU-MIMO podem ser classificados em dois tipos: canal uplink, em que múltiplos usuários transmitem suas mensagens para uma estação rádio-base, e o canal downlink em que a estação rádio-base deseja enviar mensagens (possivelmente diferentes) para múltiplos usuários. Neste projeto, será considerado o canal downlink, também chamado de canal broadcast, em que a estação rádio-base, equipada com N antenas, é sujeita a uma restrição de energia, deseja comunicar-se com K usuários, cada um com uma antena. Assume-se que o transmissor tenha total conhecimento do canal. No cenário de modulação adaptativa para MU-MIMO, o transmissor determina a energia e a taxa de cada usuário a partir da estimativa da razão sinal-ruído (SNR) e da realização do canal de modo a maximizar a taxa soma enquanto algum critério (geralmente baseado na taxa de erro de bit) é atendido. Isso difere do caso sem modulação adaptativa, na qual os parâmetros são escolhidos baseados ou no caso do pior cenário ou na média das condições de canais. Assim, modulação adaptativa permite uma melhor alocação dos recursos. Modulação adaptativa foi estudada, primeiramente, no cenário ponto-a-ponto com uma antena e então foi estendido para ponto-a-ponto com múltiplas antenas. Em particular, foi proposto um esquema de modulação adaptativa para MU-MIMO utilizando pré-codificação de forçagem a zero (ZF) com agendamento de usuário. Na maioria destes trabalhos, baseado na estimativa instantânea da SINR no receptor, o transmissor escolhe o tamanho da modulação, para cada usuário, de modo que a probabilidade de erro de bit não seja maior que um pré-determinado valor. Geralmente, são usados aproximações ou limitantes para expressão da probabilidade de erro de bit, uma vez que são mais simples de manipular. Técnicas de pré-codificação não-linear permitem alcançar taxas-somas maiores do que técnicas lineares (como ZF) em troca de um custo computacional maior. Pré-codificação LRA (do inglês, lattice-reduction-aided) é uma técnica não-linear de baixa complexidade que permite alcançar toda a diversidade oferecida pelo canal. Uma generalização da pré-codificação LRA é a pré-codificação forçagem a inteiros (IF). A ideia de ambas as técnicas é aproximar o canal em uma combinação linear de inteiros.

Objetivos

-Implementação de técnicas não-lineares de pré-codificação-Propostas de métodos não-lineares de pré-codificação de baixa complexidade.

Materiais e Métodos

Materiais: computador para fazer simulações, preferencial com o software MATLAB. Metodologia: O projeto pode ser dividido em 5 etapas: 1) Revisão do estado da arte sobre técnicas de pré-codificação linear e não-linear. 2) Derivação de expressões da probabilidade de erro de bit para modulações em reticulados. 3) Implementação, em software, do modelo de canal e técnicas de pré-codificação. 4) Simulações para avaliar o desempenho das técnicas de pré-codificação não-linear. 5) Estender os resultados em canais mais complexos.

Resultados Esperados

Publicações: Submissão de artigo no Simpósio Brasileiro de Telecomunicações e Processamento de Sinais (SBrT) para divulgação de resultados preliminares (sujeito a aprovação de auxílio financeiro). Submissão em periódicos classificados como Qualis A4 ou superior na área Engenharias IV.

Relação Ensino, Pesquisa, Extensão

Este projeto pode fornecer uma oportunidade valiosa de aprendizado para alunos de graduação. Haja vista que temas como sistemas MIMO são de alta importância em sistemas 5G/6G. Além disso, o aluno poderá aprender técnicas de pré-codificação no estado arte. O projeto em si é uma atividade de pesquisa destinada a investigar e analisar o desempenho de técnicas não-lineares de pré-codificação em sistemas MIMO. Isso envolveria revisão da literatura existente, desenvolvimento de algoritmos, simulação, análise de dados e conclusões derivadas dos resultados obtidos. Os resultados deste projeto podem ser disseminados para a comunidade acadêmica por meio de publicações em

conferências e revistas científicas. Isso permite que outros pesquisadores e profissionais da área tenham acesso aos novos conhecimentos e técnicas desenvolvidas.

Aderência às áreas de Tecnologias Prioritárias do MCTI

Área de Tecnologias Habilitoras - Internet das Coisas

Geração de Resíduos

Não se aplica.

Outras Informações Relevantes

Este projeto poderá ser submetido a outros editais. Este projeto será realizado independente do auxílio financeiro.

Referências

- [1] David Tse e Pramod Viswanath. Fundamentals of Wireless Communication. 1 edition. Cambridge, UK ; New York: Cambridge University Press, jul. de 2005.[2] Ezio Biglieri, Robert Calderbank, Anthony Constantinides, Andrea Goldsmith, Arogyaswami Paulraj e H. Vincent Poor. MIMO Wireless Communications. 1 edition. Cambridge: Cambridge University Press, fev. de 2010.[3] E. Björnson, M. Bengtsson e B. Ottersten. Optimal Multiuser Transmit Beamforming: A Difficult Problem with a Simple Solution Structure. Em: IEEE Signal Processing Magazine 31.4 (jul. de 2014), pp. 142-148. doi: 10.1109/MSP.2014.2312183.[4] Mário Marques da Silva e Francisco A. Monteiro, ed. MIMO Processing for 4G and Beyond: Fundamentals and Evolution. Boca Raton: CRC Press, jun. de 2014.[5] Emil Björnson e Eduard Jorswieck. Optimal Resource Allocation in Coordinated Multi-Cell Systems. Boston, Mass.: Now Publishers Inc, jan. de 2013.[6] Zhendong Zhou, B. Vucetic, M. Dohler e Yonghui Li. MIMO Systems with Adaptive Modulation. Em: IEEE Transactions on Vehicular Technology 54.5 (set. de 2005), pp. 1828-1842. doi: 10.1109/TVT.2005.853886.[7] A.J. Goldsmith e Soon-Ghee Chua. Variable-Rate Variable-Power MQAM for Fading Channels. Em: IEEE Transactions on Communications 45.10 (out. de 1997), pp. 1218-1230. doi: 10.1109/26.634685.[8] Seong Taek Chung e A.J. Goldsmith. Degrees of Freedom in Adaptive Modulation: A Unified View. Em: IEEE Transactions on Communications 49.9 (set. de 2001), pp. 1561-1571. doi: 10.1109/26.950343.[9] Arne Svensson. An Introduction to Adaptive QAM Modulation Schemes for Known and Predicted Channels. Em: Proceedings of the IEEE 95.12 (dez. de 2007), pp. 2322-2336. doi: 10.1109/JPROC.2007.904442.[10] Donghun Lee. Performance Analysis of Zero-Forcing-Precoded Scheduling System with Adaptive Modulation for Multiuser-Multiple Input Multiple Output Transmission. Em: IET Communications 9.16 (2015), pp. 2007-2012. doi: 10.1049/iet-com.2015.0201.[11] C. Windpassinger, R. F. H. Fischer e J. B. Huber. Lattice-Reduction-Aided Broadcast Precoding. Em: IEEE Transactions on Communications 52.12 (dez. de 2004), pp. 2057-2060. doi: 10.1109/TCOMM.2004.838732.[12] S. Stern e R. F. H. Fischer. Advanced Factorization Strategies for Lattice-Reduction-Aided Preequalization. Em: 2016 IEEE International Symposium on Information Theory (ISIT). Jul. de 2016, pp. 1471-1475. doi: 10.1109/ISIT.2016.7541543.[13] S.-N. Hong e G. Caire. Reverse Compute and Forward: A Low-Complexity Architecture for Downlink Distributed Antenna Systems. Em: 2012 IEEE International Symposium on Information Theory Proceedings. Jul. de 2012, pp. 1147-1151. doi: 10.1109/ISIT.2012.6283033.[14] W. He, B. Nazer e S. Shamai (Shitz). Uplink-Downlink Duality for Integer-Forcing. Em: IEEE Transactions on Information Theory 64.3 (mar. de 2018), pp. 1992-2011. doi: 10.1109/TIT.2018.2791589.[15] D. Silva, G. Pivarol, G. Fraidenreich e B. Aazhang. On Integer-Forcing Precoding for the Gaussian MIMO Broadcast Channel. Em: IEEE Transactions on Wireless Communications 16.7 (jul. de 2017), pp. 4476-4488. doi: 10.1109/TWC.2017.2699178.[16] Ricardo Bohaczuk Venturelli e Danilo Silva. Optimization of Integer-Forcing Precoding for Multi-User MIMO Downlink. Em: IEEE Wireless Communications Letters 9.11 (2020), pp. 1860-1864. doi: 10.1109/LWC.2020.3006393.

Possui Bolsistas

Não, mas vou pleitear em alguma chamada

Unidades e Cursos

Unidade	Curso
Campus Alegrete	Engenharia de Telecomunicações (ALET)

Equipe Executora

Nome	E-mail	Tipo	Função	CH Semanal	Período Participação
Bruno Boessio Vizzotto	brunovizzotto@unipampa.edu.br	Docente	Colaborador	1	De 12/09/2024 a 31/03/2026
Mauro Fonseca Rodrigues	maurorodrigues@unipampa.edu.br	Docente	Colaborador	1	De 01/04/2024 a 28/02/2026
Ricardo Bohaczuk Venturelli	ricardoventurelli@unipampa.edu.br	Docente	Coordenador	12	De 01/04/2024 a 31/03/2026

Cronograma

Data Início	Data Fim	Atividade	Carga Horária	Local	Membros
01/04/2024	30/09/2024	Revisão do estado da arte sobre técnicas de pré-codificação linear e não-linear	360	Sala 329-A	Ricardo Bohaczuk Venturelli
01/06/2024	31/01/2025	Derivação de expressões da probabilidade de erro de bit para modulações em reticulados	480	Sala 329-A	Ricardo Bohaczuk Venturelli
01/08/2024	31/07/2025	Implementação, em software, do modelo de canal e técnicas de pré-codificação	720	Sala 329-A	Ricardo Bohaczuk Venturelli
01/12/2024	30/11/2025	Simulações para avaliar o desempenho das técnicas de pré-codificação não-linear	720	Sala 329-A	Ricardo Bohaczuk Venturelli
01/08/2025	31/01/2026	Estender os resultados em canais mais complexos	360	Sala 329-A	Ricardo Bohaczuk Venturelli
01/10/2025	31/03/2026	Relatório Final sobre o projeto	360	Sala 329-A	Ricardo Bohaczuk Venturelli

Planejamento de Despesas

Despesas de Custeio	Opção	Valor Estimado (R\$)	Fonte de Financiamento	Especificações
Auxílio a Estudantes (Bolsas)	Necessita	8.400,00	Edital Interno e Externo	Bolsa de IC com duração de 1 ano
Diárias	Necessita	2.000,00	Edital Interno e Externo	Estimativa diárias para SBrT 2024 ou 2025
Passagens	Necessita	2.500,00	Edital Interno e Externo	Estimativa passagem para o SBrT 2024 ou 2025
Material de Consumo	Não Necessita	0,00		
Serviços de Terceiros (Pessoa Física)	Não Necessita	0,00		
Serviços de Terceiros (Pessoa Jurídica)	Não Necessita	0,00		
Outros	Necessita	1.000,00	Edital Interno e Externo	Estimativa inscrição para SBrT 2024 ou 2025
Total		13.900,00		

Despesas de Capital	Opção	Valor Estimado (R\$)	Fonte de Financiamento	Especificações
Equipamentos e Material Permanente	Necessita	4.000,00	Edital Interno e Externo	Computador para simulações

Total Geral de Despesas (R\$): **17.900,00**

Alternativas caso a fonte de financiamento não se confirme: A pesquisa será realizada independente do financiamento. Participação em congressos somente se houver algum tipo de financiamento.

Documento gerado por: Ricardo Bohaczuk Venturelli **Data/Hora:** 17/07/2025 às 17:27:53