

SDMA Group Selection for Reduced Computational Complexity on MU MIMO Systems

Lászlón R. Costa, F. Rafael M. Lima, Tarcísio F. Maciel,
Yuri C. B. Silva, F. Rodrigo P. Cavalcanti

Universidade Federal do Ceará
Grupo de Pesquisa em Telecomunicações sem Fio (GTEL)

31 de Maio de 2016



- 1 Introdução
 - Motivação
 - Modelagem do Sistema
 - Grupos SDMA
 - Objetivos
- 2 Problemas de Otimização
- 3 Proposta de Redução de Grupos SDMA
- 4 Resultados
- 5 Conclusões
- 6 Agradecimentos
- 7 Referências

Contexto do Trabalho

- Após 50 anos de pesquisa o MIMO se tornou importante em comunicações móveis:
 - Predominante nos padrões: LTE-A e Wimax.
 - MIMO Massivo: 5G
- O MIMO em conjunto com multiplexação OFDMA:
 - Aumento taxa de dados, redução do erro de bit e mitigação de interferência co-canal.
 - SDMA (Transmissão no mesmo tempo-frequência).

Contexto do Trabalho

Contexto do trabalho baseado em (Lima et al., 2014)

- Formulou problemas (e solução ótima e subótima) para alocação de RBs em um sistema MU MIMO com múltiplos serviços.
- Problema URM (do inglês, *Unconstrained Rate Maximization*)
 - Sem restrições de QoS.
- Problema CRM (do inglês, *Constrained Rate Maximization*)
 - Restrição de taxa mínima para cada serviço.
- Soluções ótimas com alta complexidade (exponencial).

Considerações do cenário

- Uma célula servindo J usuários no *downlink*.
 - Antenas: M_T na ERB e M_R nos terminais.
- Alocação de recursos no canal direto.
- Granularidade da alocação: um RB.
- Usuários que utilizam o mesmo RB podem ser separados espacialmente (SDMA).

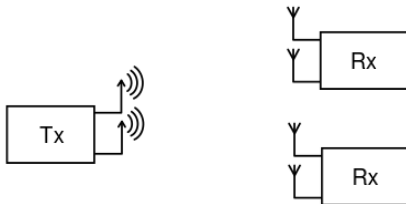


Figura: Transmissão entre uma ERB com 4 antenas e dois terminais com 2 antenas.

Grupos SDMA

- Número máximo de subcanais espaciais ortogonais é de $\min(JM_R, M_T)$.
- Multiplexação é realizada através do algoritmo BD-ZF (do inglês, *Block Diagonalization - Zero Forcing*).
 - Para um grupo com j' complexidade de $\mathcal{O}(J'2M_RM_T^2 + J'4M_T^3)$.

Exemplo

- Sistema com 3 usuários e $M_R = M_T = 2$
- Grupos: $\{1\}$, $\{2\}$, $\{3\}$, $\{1, 2\}$, $\{1, 3\}$ e $\{2, 3\}$

Problemas

- As soluções propostas em (Lima et al., 2014):
 - Necessita elencar todos os G possíveis grupos SDMAs e aplicar BD-ZF em todos para todos os N RBs do sistema.
 - Ainda assim a solução ótima terá complexidade de $\mathcal{O}(2^{GN})$ usando *Branch and Bound* (Nemhauser and Wolsey, 1999).

Contribuições do trabalho

- Proposta de método de pré-seleção de grupos SDMAs.
 - Reduzir as variáveis do problema de otimização.
 - Evitar cálculo de filtros espaciais com BD-ZF.

Problemas de Otimização

Função Objetivo

$$\max_{\mathbf{x}} \left(\sum_{g \in \mathcal{G}} \sum_{n \in \mathcal{N}} \sum_{j \in \mathcal{J}} x_{g,n} o_{g,j} r_{g,j,n} \right)$$

Restrições URM

$$\sum_{g \in \mathcal{G}} x_{g,n} = 1, \quad \forall n \in \mathcal{N}$$

$$x_{g,n} \in \{0, 1\}, \quad \forall g \in \mathcal{G} \text{ e } \forall n \in \mathcal{N}$$

Restrições CRM

Restrições do problema URM e:

$$\sum_{j \in \mathcal{J}_s} u \left(\sum_{g \in \mathcal{G}} \sum_{n \in \mathcal{N}} x_{g,n} o_{g,j} r_{g,j,n}, t_j \right) \geq k_s, \quad \forall s \in \mathcal{S}$$

Valores

\mathcal{G} - Conjunto de Grupos SDMAs

\mathcal{N} - Conjunto de RBs

\mathcal{J} - Conjunto de Usuários

\mathcal{S} - Conjunto de Serviços

$r_{g,j,n}$ - Taxa de Dados

$o_{g,j}$ - Valor binário de associação usuário/grupo

k_s - Número de usuários satisfeitos usando serviço s

t_j - Taxa de dados requisitada pelo usuários j

$u(\cdot)$ - função degrau

Proposta de Redução de Grupos SDMA

Proposta

- Avaliar os grupos SDMA e remover do problema.
- A avaliação não necessita do cálculo dos filtros espaciais, utilizado uma SNR estimada.
- A complexidade computacional no pior caso $\mathcal{O}(GNM_T^2 M_R)$.

Taxa considerada

- SNR para métrica:

$$\bar{\gamma}_{j,n} = \frac{P \cdot |\bar{h}_{j,n}|^2}{N_o}$$

- Adaptação de enlace:

$$\hat{r}_{j,n} = f(\bar{\gamma}_{j,n})$$

- $\bar{h}_{j,n}$ - média do canal entre as antenas da ERB e usuário j no recurso n .
- P Potência de transmissão em um subcanal (fixa).
- N_o Média da potência do ruído.

Importante para as métricas

- Número de usuários no grupo:
 - Quanto mais usuários mais interferência co-canais.
- Taxa de dados estimada:
 - Qualidade média do canal direto.
- Métrica com maiores valores são selecionados para o problema.

Métrica	Equação
MEAN RATE	$m_{g,n} = \sum_{j \in \mathcal{J}_g} \hat{r}_{j,n}$
MAX MIN RATE	$m_{g,n} = \min_{j \in \mathcal{J}_g} (\hat{r}_{j,n})$
SMALL GROUP MEAN RATE	$m_{g,n} = \frac{\sum_{j \in \mathcal{J}_g} \hat{r}_{j,n}}{ \mathcal{J}_g }$
SMALL GROUP MAX MIN RATE	$m_{g,n} = \frac{\min_{j \in \mathcal{J}_g} (\hat{r}_{j,n})}{ \mathcal{J}_g }$

Tabela: Parâmetros de simulação.

Parâmetro	Valor	Unidade
Raio da Célula	334	m
Potência de transmissão por RB	0.8	W
Número de subportadoras (por RB)	12	-
Número de RBs	10	-
Desvio padrão do <i>shadowing</i>	8	dB
Perda de percurso	$35.3 + 37.6 \cdot \log_{10}(d)$	dB
Densidade espectral do ruído	$3.16 \cdot 10^{-20}$	W/Hz
Número de <i>snapshots</i>	3000	-
Configurações de Antenas $M_R \times M_T$	2×2 , 4×4 and 6×6	-
Modelo de canal MIMO	IID Clássico	-
Número de serviço	2	-
Número de terminais por serviço	3	-
Número de usuários satisfeitos (por serviço)	2	-

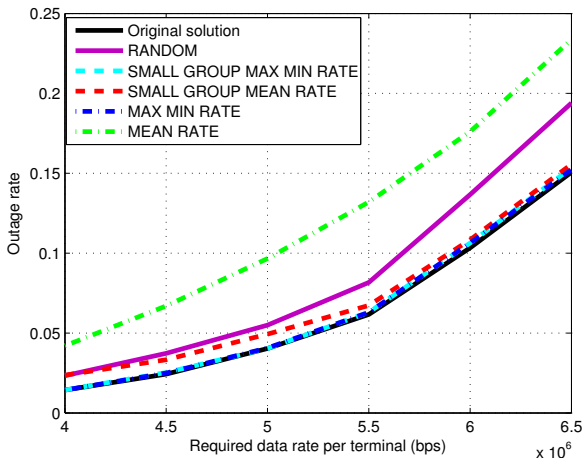


Figura: Taxa de outage versus taxa de dados requerida em que a solução ótima do problema CRM é o caso $\rho = 1$ (todos grupos SDMA) e $\rho = 0.6$ para as demais as métricas.

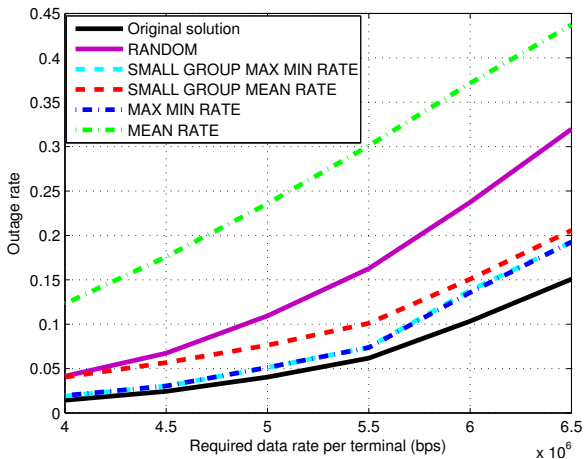


Figura: Taxa de outage versus taxa de dados requerida em que a solução ótima do problema CRM é o caso $\rho = 1$ (todos grupos SDMA) e $\rho = 0.3$ para as demais as métricas.

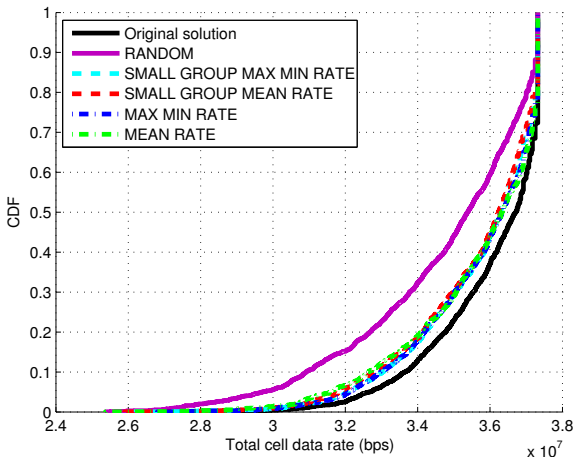


Figura: CDF da taxa total para QoS de 6 Mbps em que a solução ótima do problema CRM é o caso $\mathbf{p} = \mathbf{1}$ (todos grupos SDMA) e $\mathbf{p} = \mathbf{0.3}$ para as demais as métricas.

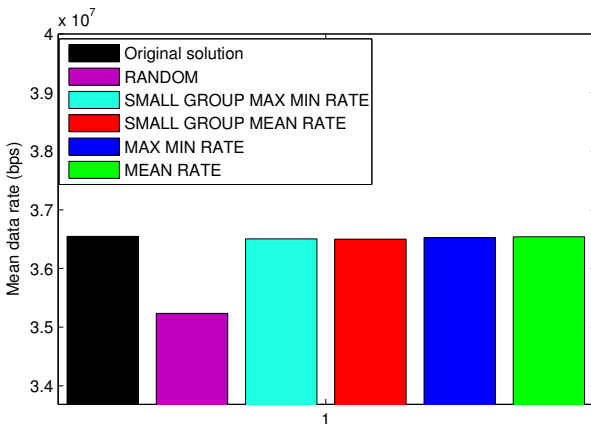


Figura: Média da taxa total em que a solução ótima do problema URM $p = 1$ (todos grupos SDMA) e $p = 0.3$ para as demais as métricas.

- Alocação de recursos de rádio e MIMO são importantes para ganhos de performance, porém computacionalmente custosos.
- Estratégias para redução do tempo de resposta com baixa perda de desempenho são bem vindas.
- Mostramos uma métrica para seleção de grupos SDMAs que possibilita a redução do espaço de busca de um problema de otimização com pouca degradação no desempenho do sistema.
- O *framework* proposto pode ser explorado em outros problemas MIMO.

Este trabalho recebeu apoio do Centro de Inovações da Ericsson Telecomunicações S.A, Brasil, sob o contrato de cooperação técnica EDB/UFC.30.

O estudante Lászlón Rodrigues da Costa agradece a FUNCAP pelo suporte financeiro.

- Lima, F. R. M., Maciel, T. F., Freitas, W. C., and Cavalcanti, F. R. P. (2014). Improved Spectral Efficiency with Acceptable Service Provision in Multi-User MIMO Scenarios. *IEEE Transactions on Vehicular Technology*, 63(6):2697–2711.
- Nemhauser, G. and Wolsey, L. (1999). *Integer and Combinatorial Optimization*. Wiley-Interscience, New York, NY, USA, 1st edition.