

# Solução Ótima para Alocação de Recursos de Rádio com Restrições de QoS em Sistemas Multicelulares com Múltiplos Serviços

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

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

02 de Junho de 2016



- 1 Introdução
  - Motivação
  - Contribuições do trabalho
- 2 Modelagem do Sistema
- 3 Problema de Otimização
- 4 Resultados
- 5 Conclusões
- 6 Agradecimentos
- 7 Referências

## Contexto do Trabalho

- Aumento da demanda por altas taxas de dados e diversidade de serviços em redes móveis:
  - Rápida popularização e adesão ao uso de dispositivos móveis inteligentes
- O aumento da capacidade de uma rede pode ser alcançado basicamente por:
  - Alocação de novas bandas de frequência: Burocrático e caro.
  - Otimizar o uso da camada física: Chegando próximo ao limite teórico da eficiência espectral.
  - Novas para a arquitetura da rede: Densificação é uma das principais apostas para 5G (Bhushan et al., 2014).

## Com a densificação

- Aumento do reuso de recursos de rádio.
- Dificuldades para gerenciamento dos recursos: interferência.
- Proposta de arquitetura de rede para 5G: *Cloud-RAN* (Mohsen and Hassan, 2015)

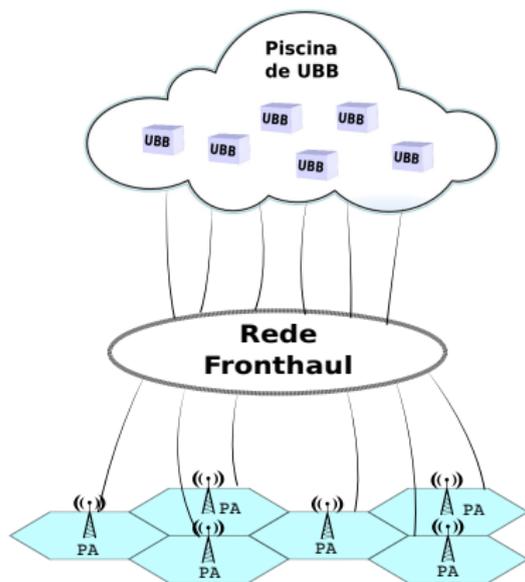


Figura: Arquitetura C-RAN.

## Alocação de RBs em um cenário multicelular e múltiplos serviços

- Maximizar a taxa de dados do sistema no enlace direto.
  - Com restrições de QoS em termos de taxa de dados (para cada serviço).
- Alocação deve garantir a satisfação em toda a rede.
- Justiça entre usuários de centro e borda da célula.
- Generalização do trabalho (Lima et al., 2012) para o cenário com múltiplas células.

- Consideraremos um sistema TDD (do inglês, *Time Division Duplexing*)
  - Reciprocidade dos canais.
  - Possível estimar canais (desejados e interferentes) com SRS (do inglês, *Sounding Reference Signal*)
- $M$  células hexagonais, servindo  $J$  usuários em uma rede que oferece  $S$  serviços.
  - Sistema SISO com antenas omnidirecionais.
- SINR:

$$\gamma_{j,n} = \frac{p^{\text{RB}} h_{j,m} |\alpha_{j,m,n}|^2}{\sigma^2 + \sum_{m' \neq m}^M p^{\text{RB}} h_{j,m'} |\alpha_{j,m',n}|^2},$$

## Adaptação de Enlace

- A taxa de dados depende do estado do canal e potências de transmissão, ruído e sinais interferentes.
- Consideraremos a MCS (do inglês, *Modulation and Coding Scheme*) do LTE (3GPP, 2009).

$$r_{j,n,v} = BR_v \cdot (1 - \text{BLER}(v, \gamma_{j,n}))$$

Região de SINR	Taxa de dados transmitida por RB
$\gamma_{j,n} < \gamma^1$	0
$\gamma^1 \leq \gamma_{j,n} < \gamma^2$	$r^1$
$\gamma^2 \leq \gamma_{j,n} < \gamma^3$	$r^2$
$\vdots$	$\vdots$
$\gamma^{V-1} \leq \gamma_{j,n} < \gamma^V$	$r^{V-1}$
$\gamma_{j,n} \geq \gamma^V$	$r^V$

## Grupos Interferentes

- Grupos de usuários que utilizam o mesmo recurso de frequência.
- Apenas usuários de ERBs diferentes podem ser considerados na alocação.

## Exemplo de Grupos interferentes

- Um sistema tenha três ERBs servindo quatro usuários:  
 $\mathcal{J}_1^{\text{ERB}} = \{1\}$ ,  $\mathcal{J}_2^{\text{ERB}} = \{2, 3\}$  e  $\mathcal{J}_3^{\text{ERB}} = \{4\}$
- Grupos válidos:  $\{1\}$ ,  $\{2\}$ ,  $\{3\}$ ,  $\{4\}$ ,  $\{1, 2\}$ ,  $\{1, 3\}$ ,  $\{1, 4\}$ ,  $\{2, 4\}$ ,  $\{3, 4\}$ ,  $\{1, 2, 4\}$  e  $\{1, 3, 4\}$ .

# Problema de Otimização

$$\max_{x_{g,n}, \rho_j} \sum_j \sum_n \sum_g x_{g,n} r_{g,j,n} o_{g,j}$$

$$\text{sujeito a } \sum_g x_{g,n} = 1 \quad \forall n,$$

$$\sum_g \sum_n x_{g,n} o_{g,j} r_{g,j,n} \geq \rho_j r_{\text{obj}}^j \quad \forall j,$$

$$\sum_j \rho_j c_{j,s} z_{j,m} \geq k_s, \quad \forall s \text{ e } \forall m,$$

$$\sum_j \sum_g x_{g,n} o_{g,j} z_{j,m} \leq 1 \quad \forall m \text{ e } \forall n,$$

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

$$\rho_j \in \{0, 1\} \quad \forall j.$$

## Valores

$j$  - Usuários

$g$  - Grupo interferente

$n$  - RB

$s$  - Serviço

$m$  - ERB

$o_{g,j}$  - Participação de usuário em grupo

$r_{g,j,n}$  - Taxa de dados usuários

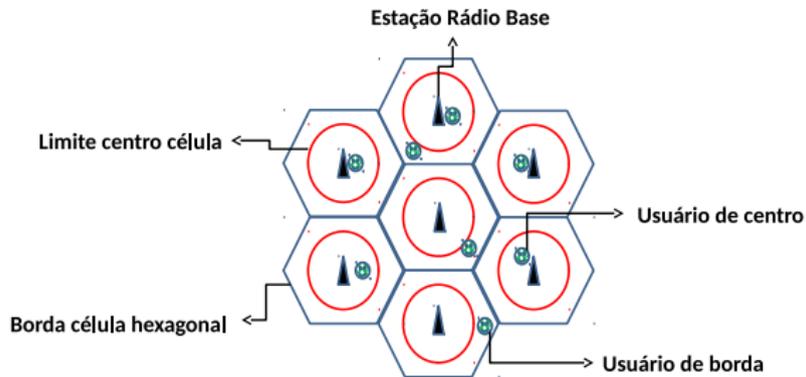
$r^j$  - Taxa requisitada pelo usuário

$c_{j,s}$  - Uso de serviço  $s$

$z_{j,m}$  - ERBs/Usuários

$k_s$  - N. de usuários satisfeitos no serviço  $s$

# Problema de Otimização



## Justiça para usuários de borda da célula

- Duplicação dos serviços. Mesmos requisitos porém distinção entre usuários (centro e borda)

# Resultados

Parâmetro	Valor	Unidade
Raio da célula	200	m
Raio do centro da célula	150	m
Potência de transmissão por RB	8.2607	dBm
N. de subportadoras por RB	12	-
Desvio padrão do sombreamento	10	dB
Perda de Percurso	$30.6 + 36.7 \cdot \log_{10}(d)$	dB
Densidade espectral do ruído	$3.16 \cdot 10^{-20}$	W/Hz
N. de TTIs	1000	-
N. de serviços	2 (1 centro e 1 borda)	-
N. de terminais por serviço	3 (6 para <b>Único Serviço</b> )	-
N. de Células	3	-
N. de RBs	15	-
Min. de usuários satisfeitos (serviço)	2 em cada (4 para <b>Único serviço</b> )	-

## Métodos simulados

Proposta, **Único serviço** e alocação em uma única célula (**Apenas SNR**) (Lima et al., 2012)

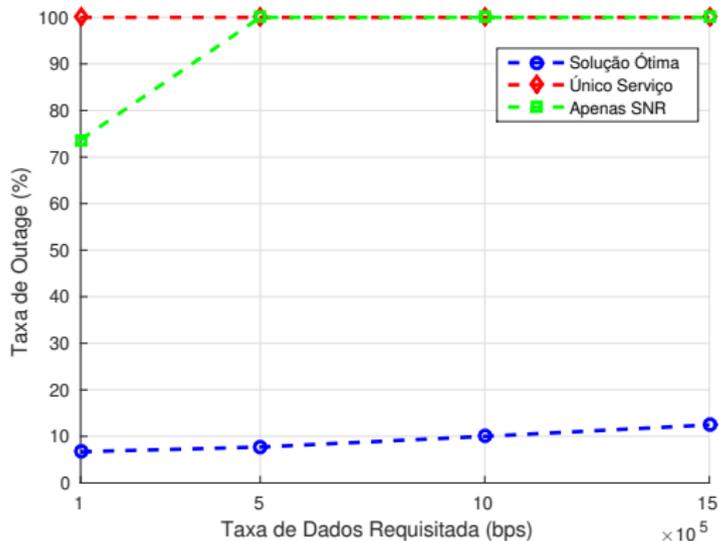


Figura: Taxa de *outage* versus taxa de dados requisitada para os métodos simulados.

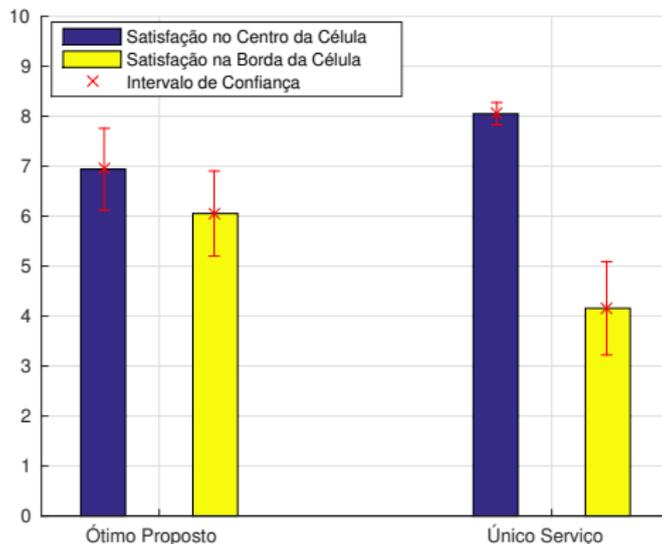


Figura: Média de usuários satisfeitos para requisito de taxa de 100 kbps.

- Propomos uma solução ótima para alocação de recursos com o objetivo de maximizar a taxa de dados em um sistema multisserviços, considerando critérios de QoS e mantendo justiça para usuários de borda das células.
- Não foi encontrada na literatura, até o momento, propostas como a apresentada para cenário com múltiplas células.

- Proposta de uma heurística de baixa complexidade.
- Extensão do problema para cenário com geometria estocástica.
- Alocação de recursos com incerteza de canais.
- Evolução temporal da alocação (TDD Dinâmico).

Este trabalho recebeu apoio do Centro de Inovações da Ericsson Telecomunicações S.A, Brasil, sob o contrato de cooperação técnica EDB/UFC.42.

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

- 3GPP (2009). Evolved Universal Terrestrial Radio Access (E-UTRA). Technical Report TR 36.213, Third Generation Partnership Project.
- Bhushan, N., Li, J., Malladi, D., Gilmore, R., Brenner, D., Damnjanovic, A., Sukhavasi, R., Patel, C., and Geirhofer, S. (2014). Network densification: the dominant theme for wireless evolution into 5g. *IEEE Communications Magazine*, 52(2):82–89.
- Lima, F. R. M., Maciel, T. F., Freitas, W. C., and Cavalcanti, F. R. P. (2012). Resource assignment for rate maximization with qos guarantees in multiservice wireless systems. *IEEE Transactions on Vehicular Technology*, 61(3):1318–1332.
- Mohsen, N. and Hassan, K. S. (2015). C-ran simulator: A tool for evaluating 5g cloud-based networks system-level performance. In *IEEE International Conference: Wireless and Mobile Computing, Networking and Communications (WiMob)*,, pages 302–309.