



Rodolfo Saboia Lima de Souza

**Controle de Potência em Sistemas de Comunicações
Móveis Celulares**

Tese de Doutorado

Tese apresentada como requisito parcial para obtenção do título de Doutor pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica da PUC-Rio.

Orientador: Marco Antônio Grivet Mattoso Maia

Rio de Janeiro

28 de abril de 2003



Rodolfo Saboia Lima de Souza

Controle de Potência em Sistemas de Comunicações Móveis Celulares

Tese apresentada como requisito parcial para obtenção do título de Doutor pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica da PUC-Rio. Aprovada pela Comissão Examinadora abaixo assinada.

Marco Antônio Grivet Mattoso Maia
Orientador
PUC-Rio

Marco Antônio Grivet Mattoso Maia
PUC-Rio

Luiz Alencar Reis da Silva Mello
PUC-Rio

Oscar Porto
PUC-Rio

Ernesto Leite Pinto
IME

Erasmus Couto Brazil de Miranda
UCP

Ney Augusto Dumont
Coordenador(a) Setorial do Centro Técnico Científico - PUC-Rio

Rio de Janeiro, 28 de abril de 2003

Todos os direitos reservados. É proibida a reprodução total ou parcial do trabalho sem autorização da universidade, do autor e do orientador.

Rodolfo Saboia Lima de Souza

O autor é graduado e mestre em engenharia de telecomunicações pela PUC-RIO. Trabalha na mesma instituição como engenheiro de pesquisa, onde realiza trabalhos nas áreas de propagação radioelétrica e redes de comunicações.

Ficha Catalográfica

Souza, Rodolfo Saboia Lima de

Controle de potência em sistemas de comunicações móveis celulares / Rodolfo Saboia Lima de Souza; orientador: Marco Antônio Grivet Mattoso Maia. – Rio de Janeiro : PUC, Departamento de Engenharia Elétrica, 2003.

103 f. : il. ; 30 cm

Dissertação (mestrado) – Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Departamento de Engenharia Elétrica.

Inclui referências bibliográficas.

1. Engenharia Elétrica – Teses. 2. Controle de potência. 3. Alocações de recursos. 4. Comunicações móveis. 5. Sistemas celulares. I. Maia, Marco Antônio Grivet Mattoso. II. Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro. Departamento de Engenharia Elétrica. III. Título.

CDD: 621.3

A Inácio de Loyola, peregrino e pedagogo.

Agradecimentos

A minha esposa e filhas, pela paciência e compreensão;

A meus amigos por rezarem por mim;

A meus colegas de trabalho pela ajuda;

Ao PUC-Rio por me permitir enquanto funcionário fazer doutorado;

A Axioma Optimization por emprestar o programa de otimização;

Ao prof. Marco Grivet meu orientador pela enorme participação no trabalho.

Resumo

Souza, Rodolfo Saboia Lima. **Controle de Potência em Sistemas de Comunicações Móveis Celulares**. Rio de Janeiro, 2003. xxxp. Tese de Doutorado - Departamento de Engenharia Elétrica, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.

Este trabalho examina várias técnicas de alocação de canais, e alocação de potência, baseados no parâmetro relação sinal ruído interferência. Os esquemas de controle de potência que utilizam este parâmetro, são resolvidos a partir da determinação do raio espectral de uma matriz obtida a partir da manipulação da matriz de ganhos de enlace. Foi provado que é possível resolver esta matriz por outro método baseado em determinantes, e também foi mostrado que este método permite se obter rapidamente uma alocação de canais factível. Além disso, várias técnicas de otimização da alocação de potência foram estudadas, ampliando a abordagem para uma visão completa do problema de alocação de potência.

Palavras-chave

Controle de potência; alocações de recursos; comunicações móveis; sistemas celulares

Sumário

1	Introdução	11
2	Sistemas de Rádio	15
2.1.	Comunicações de dados	15
2.2.	Gerenciamento de recursos de rádio	18
2.2.1.	Controle de Potência	19
2.2.2.	Controle de taxa de transmissão	20
2.2.3.	Controle de admissão	21
2.2.4.	Controle de Congestionamento	21
2.2.5.	Agendamento da Transmissão	22
2.2.6.	Controle unificado	23
2.3.	Acesso Múltiplo	24
2.4.	Paradigmas de sistemas de comunicação	26
2.5.	Trabalhos anteriores	30
3	Elementos de modelagem para o problema de controle de potência	34
4	Métodos de Solução dos Problemas Apresentados	41
4.1.	O Problema da Viabilidade de Compartilhamento de Canais	42
4.1.1.	Demonstração do Teorema 2	47
4.2.	O Problema da Determinação dos Subconjuntos f-viáveis	50
4.3.	O problema da limitação de potência	55
4.4.	Problemas Baseados em Seleção de Subconjuntos Viáveis	57
4.4.1.	O Problema do Número Mínimo de Canais	59
4.4.2.	O Problema de Mínima Potência Máxima	59
4.5.	Uma Heurística Para Determinação do Número Mínimo de Canais	62
4.6.	O Problema de Mínima Interferência Revisitado	66
4.6.1.	O Caso da 1-Adjacência	69
4.6.2.	O Caso da 2-Adjacência	70
4.7.	Metáforas Evolucionais para o Problema de Mínima Interferência	72

5 Resultados numéricos	76
5.1. Cenário	77
5.2. Determinação dos conjuntos de enlaces viáveis	79
5.3. Minimização do número de canais, ou da máxima potência	84
5.4. Heurística para determinação do número de canais	87
6 Conclusão	91
6.1. Sumário	91
6.2. Discussão	92
6.3. Sugestões para trabalhos futuros	93
Glossário	94
Referências Bibliográficas	95

Lista de figuras

Figura 2-1 – Gerência de recursos de transmissão	23
Figura 4-1 – Região de solução f-viável	43
Figura 4-2 – Comparação de esforços computacionais	55
Figura 4-3 – Min-max de dimensão 2	60
Figura 4-4 – Verificação de e-viabilidade em dimensão 2	64
Figura 5-1 – Posicionamento de transmissores e receptores no cenário	79
Figura 5-2 – Espalhamento de potência dos conjuntos f-viáveis	83
Figura 5-3 – Efeito do relaxamento da condição de número de canais	86
Figura 5-4 – Efeito do relaxamento da condição de número de canais 2	87
Figura 5-5 – Comparação do algoritmo sub-ótimo com o resultado da otimização	90

Lista de tabelas

Tabela 1 Classes de serviço em redes UMTS	16
Tabela 2 – Requisitos de QoS para as classes de serviço	17
Tabela 3 – Tabela de esforço computacional	54
Tabela 4- Parâmetros de configuração de cenário	78
Tabela 6 – Variação do número de conjuntos e-viáveis com variação da semente	81
Tabela 7 – Variação do número de conjuntos e-viáveis com a SINR	82
Tabela 8 - Variação do número de conjuntos e-viáveis com a potência de ruído	83
Tabela 9 – Efeito do relaxamento da condição de número de canais	86
Tabela 10 - Efeito do relaxamento da condição de número de canais caso 2	87