

DL 04.ABR2001*193023



Universidade de Coimbra
Faculdade de Ciências e Tecnologia
Departamento de Engenharia Electrotécnica

Consignação de Canais em Redes Celulares Usando Redes Neurais e Algoritmos Genéticos

Telmo Rui Carvalhinho Cunha Fernandes



Coimbra
Outubro de 2000

Dissertação realizada sob a supervisão do
Professor Henrique José Almeida da Silva
Professor Associado do Departamento de Engenharia Electrotécnica
Faculdade de Ciências e Tecnologia
Universidade de Coimbra

Sumário

Este trabalho tem como objectivo explorar as capacidades dos algoritmos genéticos e das redes neuronais, para resolver o problema da consignação de canais em redes celulares.

O método de resolução usado no presente trabalho tem por base a abordagem do problema da consignação de canais como um problema de optimização quadrática com soluções binárias, sendo, para tal, desenvolvido o formalismo matemático necessário.

A resolução dos problemas de optimização é feita através de redes neuronais de Hopfield, auto-organizativas, e de dois tipos de algoritmos genéticos, um deles clássico, e outro com modificações específicas.

Para testar o desempenho destes algoritmos, foram realizados dois tipos de simulações. Simulações de consignação fixa e simulações de consignação dinâmica.

No primeiro tipo de simulação o número de canais pedidos aos algoritmos de consignação é fixo. Servindo como medida de desempenho a função objectivo associada ao problema de optimização, que apresenta um valor tanto maior quanto mais elevado for o número de violações das restrições de interferência. Além da função objectivo, são também medidos os tempos de execução dos algoritmos. Os problemas de teste utilizados para as simulações foram recolhidos na literatura da especialidade.

Nas simulações de consignação dinâmica, o número de canais pedidos é variável. As chamadas pedidas são geradas de acordo com uma distribuição de Poisson por forma a simular as chamadas que chegam a um sistema de comunicações em ambiente real. A probabilidade de bloqueio total do sistema é avaliada para vários valores do tráfego oferecido. A avaliação desta probabilidade é feita através de uma simulação de eventos discretos, onde se utilizam alguns dos algoritmos de consignação desenvolvidos.

Na simulação de redes neuronais são utilizadas algumas técnicas de simulação eficiente descritas na literatura. São ainda propostos métodos para melhorar o desempenho das mesmas técnicas, quer do ponto de vista da qualidade da soluções quer do tempo de obtenção das mesmas. Para as novas variantes dos métodos de simulação eficiente são produzidos resultados que mostram o bom desempenho destes. A melhoria

de desempenho é notória nos tempos de simulação onde se conseguem reduções para menos de $\frac{1}{3}$.

Na consignação dinâmica os vários algoritmos são comparados em termos de probabilidade de bloqueio, não só entre si, mas também com a probabilidade de bloqueio para um sistema com distribuição de canais fixa e predefinida. Por forma a manter a validade dos resultados, a probabilidade de bloqueio para esta distribuição de canais é obtida com a mesma simulação de eventos discretos utilizada para os restantes métodos.

O texto é finalizado pela apresentação das conclusões, onde se sugerem algumas direcções para trabalho futuro.

Índice

Capítulo 1 - Introdução.....	1
1.1. Motivações para a realização deste estudo.....	1
1.2. Organização da Tese.....	2
1.3. Contribuições deste trabalho	4
Capítulo 2 - Problema da consignação de canais	5
2.1. Organização das redes móveis	5
2.2. Interferência	7
2.3. Canais pedidos.....	9
2.4. Consignação de Canais	9
Capítulo 3 - Redes Neurais	11
3.1. Introdução	11
3.2. Rede Neuronal de Hopfield.....	14
3.3. Rede neuronal Auto-organizativa.....	26
Capítulo 4 - Algoritmos Genéticos.....	30
4.1. Introdução	30
4.2. Algoritmo genético modificado.....	38
Capítulo 5 - Abordagem através de Redes Neurais e Algoritmos genéticos	42
5.1. Introdução	42
5.2. Abordagem através da Rede de Hopfield	43
5.2.1. Algoritmo de Hopfield e Tank.....	43
5.2.2. Algoritmo de Kunz.....	46
5.2.3. Algoritmo de Funabiki	48
5.2.4. Algoritmo de K. Smith.....	53
5.3. Abordagem através da Rede Auto-organizativa.....	60
5.4. Abordagem através de Algoritmos Genéticos.....	67
Capítulo 6 - Simulações e Resultados	70

6.1. Introdução	70
6.2. Consignação Fixa	71
6.2.1. Rede Neuronal de Hopfield	75
6.2.1.1. Método eficiente de simulação da rede de Hopfield	75
6.2.1.2. Melhoramentos ao método de simulação eficiente	81
6.2.1.3. Métodos para escapar a mínimos locais	83
6.2.2. Rede Neuronal Auto-organizativa	87
6.2.3. Algoritmos genéticos.....	89
6.2.4. Resultados.....	89
6.3. Consignação Dinâmica	96
6.3.1. Estimação da Probabilidade de Bloqueio	97
6.3.2. Resultados.....	102
Capítulo 7 - Conclusões.....	109
7.1. Conclusões Finais	109
7.2. Sugestões para trabalho futuro	112
Referências	114

Referências

- [1] F. Box, "A heuristic technique for assigning frequencies to mobile radio nets", *IEEE Transactions on Vehicular Technology*, vol. VT-27, no. 2, pp. 57-64, 1978;
- [2] D. C. Cox and D. O. Reudink, "Increasing channel occupancy in large-scale mobile radio systems: Dynamic channel reassignment", *IEEE Transactions on Vehicular Technology*, vol VT-22, pp. 218-222, 1973;
- [3] S. M. Elnoubi, R. Singh, and S. C. Gupta, "A new frequency channel algorithm in high capacity mobile communication systems", *IEEE Transactions on Vehicular Technology*, vol 21, pp. 125-131, 1982;
- [4] D. Everitt and D Manfield, "Performance analysis of cellular mobile communication systems with dynamic channel assignment", *IEEE Journal on Selected Areas in Communications*, vol. 7, no. 8, pp. 1172-1180, 1989;
- [5] D. Kunz, "Channel assignment for cellular radio using neural networks", *IEEE Transactions on Vehicular Technology.*, vol. 40, no. 1, pp. 188-193, 1991;
- [6] N. Funabiki and Y. Takefuji, "A neural network parallel algorithm for channel assignment problems in cellular radio networks", *IEEE Transactions on Vehicular Technology*, vol. 41, no. 4, pp. 430-437, 1992;

- [7] E. del Re, R. Fantachi and L. Ronga, "A dynamic channel allocation technique based on Hopfield neural network", *IEEE Transactions on Vehicular Technology*, vol. 45, no. 1, pp. 26-32, 1996;
- [8] J. Kim, S. Park, P. Dowd and N. Nastrabadi, "Cellular radio channel assignment using a modified Hopfield network", *IEEE Transactions on Vehicular Technology*, vol. 46, no. 4, pp. 957-967, 1997;
- [9] Y. Wang and X. Hu-Yu, "Dynamical channel allocation method using ANN and heuristic adjustment", *Proceedings IJCNN' 98*, pp. 1624-1628, 1998;
- [10] G. K. Chan and S. A. Mahmoud, "A spectrum-efficient interference-free frequency allocation scheme for a cellular radio system", *IEEE Transactions on Vehicular Technology*, vol. VT-35, no. 1, pp. 15-21, 1986;
- [11] A. Gamst, "Some lower bounds for a class of frequency assignment problems", *IEEE Transactions on Vehicular Technology*, vol. VT-35, no. 1, pp. 8-14, 1986;
- [12] M. Sengoku, "Telephone traffic in a mobile radio communication system using dynamic frequency assignments", *IEEE Transactions on Vehicular Technology*, vol. VT-29, no. 2, pp. 270-278, 1980;
- [13] K. Smith and M. Palamiswami, "Static and dynamic channel assignment using neural networks", *IEEE Journal of Selected Areas in Communications*, vol. 15, no. 2, pp. 238-249, 1997;
- [14] J. J. Hopfield, "Neural networks and physical systems with emergent collective computational abilities", *Proceedings of the Natural Academy of Sciences*, pp. 2554-2558, 1982;
- [15] J. J. Hopfield, "Neurons with graded response have collective computational properties like those of two state neurons" *Proceedings of the Natural Academy of Sciences*, pp. 3088-3092, 1984;
- [16] J. J. Hopfield and D. W. Tank, "Neural computation of decisions in optimization problems", *Biological Cybernetics*, 52, pp. 141-152, 1985;
- [17] S. Aiyer, "Solving combinatorial optimization problems using neural networks with applications in speech recognition", Cambridge Univ., Trinity College, *PhD. Thesis*, CUED/F-IFENG/TR 89,1991;

- [18] A. H. Gee, "Problem solving with optimization networks", *PhD. Thesis*, Queens College, Cambridge, UK, 1993;
- [19] K. Smith, "Solving combinatorial problems using neural networks" *PhD. Thesis*, Univ. of Melbourne, Australia, 1996;
- [20] K. Smith, "Neural networks for combinatorial optimisation: A review of more than a decade of research", *INFORMS Journal on Computing*, vol. 11, no. 1, pp. 15-34, 1999;
- [21] M. Hagan, H Demuth, M. Beale, "Neural Network Design", PWS Publishing Company, 1996;
- [22] T. Kohonen, "Self-organization and associative memory", 2^o Ed., Springer-Verlag, 1988;
- [23] L. Wang and K. Smith, "Chaos in the discretized hopfield analog neural network and potential applications to optimisation", *IEEE International Conference on Neural Networks*, pp 1679-1984, 1998;
- [24] Y. Akaida and H. Andoh, "Channel Segregation –A self-organised dynamic channel allocation method: application to TDMA/FDMA microcellular system", *IEEE Journal on Selected Areas in Communications*, vol. 11, No. 6, pp. 949-954, 1993;
- [25] S. Grandi, R. Yates and D. Goodman, "Resource allocation for cellular radio systems", *IEEE Transactions on Vehicular Technology*, vol. 46, No. 3, pp. 581-587, 1997;
- [26] F. Priscoli, N. Magnani, V. Palestini and F. Sestini, "Application of dynamic channel allocation strategies to the GSM cellular network", *IEEE Journal on Selected Areas in Communications*, vol. 15, No. 8, pp. 1558-1567, 1997;
- [27] I. Katzela and M. Naghshineh, "Channel assignment schemes for cellular mobile telecommunication systems: A comprehensive survey", *IEEE Personal Communications*, vol. 3, No. 3, 1996;
- [28] D. Goldberg, "Genetic algorithms in search, optimisation and Machine learning", Addison-Wesley, 1989;
- [29] B. Krishnamachari, "The application of genetic algorithms to telecommunication systems: A bibliography (1994-1998)",

<http://www.ce.cornell.edu/~bhaskar/gacomm-bib.html>;

- [30] J. R. Koza, "Genetic Programming – On the programming of computers by means of natural selection", MIT press, 1992;
- [31] R. Haupt and S. E. Haupt, "Practical genetic algorithms", John Wiley & Sons, Inc. , 1998;
- [32] W. K. Lai and G. G. Cognhill, "2Channel assignment through evolutionary optimization", *IEEE Transactions on Vehicular Technology*, vol. 45, no. 1, pp. 91 – 96, 1996;
- [33] C. Y Ngo and V. O. K. Li, "Fixed channel assignment in cellular radio networks using a modified genetic algorithm", *IEEE Transaction on Vehicular Technology*, vol. 47, no. 1, pp. 163 – 172, 1998;
- [34] A. Yener and C. Rose, "Genetic algorithms applied to cellular call admission : Local policies", *IEEE Transaction on Vehicular Technology*, vol. 46, no. 1, pp. 72 – 79, 1997;
- [35] D. Tank and J. J. Hopfield, "Simple "neural" optimization networks : An A/D converter, signal decision circuit, and a linear programming circuit", *IEEE Transactions on Circuits and Systems*, vol. CAS-33, no. 5, pp. 553 – 541, 1986;
- [36] K. Smith, M. Palaniswami and M.Krishnamoorthy, "Neural techniques for combinatorial optimization with Applications", *IEEE Transactions on Neural Networks*, vol. 9, no. 6, pp. 1301 – 1318, 1998;
- [37] A. Bouzerdoum and T. R. Pattison, "Neural network for quadratic optimization with bound constrains", *IEEE Transactions on Neural Networks*, vol. 4, no. 2, pp. 293 – 304, 1993;
- [38] C. Maa and M. Shanblatt, "A two-fase optimization neural network, *IEEE Transactions on Neural Networks*", vol. 3, no. 6, pp. 1003 – 1008, 1992;
- [39] S. Lee and S. Chang, "Neural networks for routing of communication networks with unreliable components", *IEEE Transactions on Neural Networks*, vol. 4, no. 5, pp. 854 – 863, 1993;
- [40] L. Wang, "Discrete-time convergence theory and updating rules for neural networks with energy functions", *IEEE Transaction on Neural Networks*, vol. 8, no. 2,

pp. 445 – 447, 1997;

[41] N. Funabiki and S. Nishikawa, “A binary Hopfield neural network approach for satellite broadcast scheduling problems”, *IEEE Transactions on Neural Networks*, vol. 8, no. 2, pp. 441 – 445, 1997;

[42] A. Jagota, “Approximation maximum clique with a Hopfield network”, *IEEE Transaction on Neural Networks*, vol. 6, no. 3, pp. 724 – 735, 1995;

[43] N. Funabiki and S. Nishikawa, “A gradual neural network approach for frequency assignment in satellite communication systems”, *IEEE Transactions on Neural Networks*, vol. 8, no. 6, pp. 1359 – 1370, 1997;

[44] B. Lee and B. Sheu, “Modified Hopfield neural network for retrieving the optimal solution”, *IEEE Transactions on Neural Networks*, vol. 2, no. 1, pp. 137 – 142, 1991;

[45] N. Ansari, E. Hou and Y. Yu, “A new method to optimize the satellite broadcasting schedules using the mean field annealing of a Hopfield neural network”, *IEEE Transactions on Neural Networks*, vol. 6, no. 2, pp. 479 – 483, 1995;

[46] M. Ali and F. Kamoun, “Neural Networks for shortest path computation and routing in computer networks”, *IEEE Transactions on Neural Networks*, vol. 4, no. 6, pp. 941 – 953, 1993;

[47] R. Lippmann, “An introduction to computing with neural nets”, *IEEE ASSP Magazine*, pp. 4 – 22, Abril de 1987;

[48] W. Wang and K. Rushforth, “An adaptive local-search algorithm for the channel-assignment problem (CAP)”, *IEEE transactions on Vehicular Technology*, vol. 45, no. 3, pp. 459 – 466, 1996;

[49] E. Del Re, R. Fantacci and G. Giambene, “Handover and dynamic channel allocation techniques in mobile cellular networks”, *IEEE Transaction on Vehicular Technology*, vol. 44, no. 2, pp. 229 – 237, 1995;

[50] P. Borges and R. Vidal, “Using channel assignment in cellular mobile telecommunication systems – Using packed patterns to reduce the search space”, *Technical Report IMM-REP-1995-25*, Technical University of Denmark, 1996;

[51] R. Valenzuela, “Dynamic resource allocation in line-of-sight microcells”, *IEEE*

Journal of Selected Areas in Communications, vol. 11, no. 6, pp. 941 – 948, 1993;

[52] J. Chuang, “Performance Issues and algorithms for dynamic channel assignment”, *IEEE Journal on Selected Areas in Communications*, vol. 11, no. 6, pp. 955 – 963, 1993;

[53] J. Zander and H. Eriksson, “Asymptotic bounds on the performance of a class of dynamic channel assignment algorithms”, *IEEE Journal on Selected Areas in Communication*, vol. 11, no. 6, pp. 926 – 933, 1993;

[54] Y. Xia, “A new neural network for solving linear and quadratic programming problems”, *IEEE Transactions on Neural Networks*, vol. 7, no. 6, pp. 1544 – 1547, 1996;

[55] A. Aguirre, D. Muñoz, C. Molina and K. Basu, “Outage-GOS relationship in cellular systems”, *IEEE Communication Letters*, vol. 2, no. 1, pp. 5 – 7, 1998;

[56] K. Yeung and T. Yum, “Phantom cell analysis of dynamic channel assignment in cellular mobile systems”, *IEEE Transactions on Vehicular Technology*, vol. 47, no. 1, pp. 190 – 195, 1998;

[57] V. Santos, M. Dinis, J. Neves, “Dynamic channel allocation techniques : a comparative study”, *Conf Tele 99 - II Conferência de Telecomunicações*, 1999;

[58] N. Botros and M Abdul-Aziz, “Hardware implementation of an artificial neural network using field programmable gate arrays (FPGA’s)”, *IEEE Transactions on Industrial Electronics*, vol. 41, no. 6, pp. 665 – 667, 1994;

[59] A. Johannet, L. Personnaz, G. Dreyfus, J. Gascuel and M. Weinfeld, “Specification and implementation of a digital Hopfield-type associative memory with on-chip training”, *IEEE Transactions on Neural Networks*, vol. 3, no. 4, pp. 529 – 539, 1992;

[60] D. Psaltis, A. Yamamura, K. Hsu, S. Lin, X. Gu and D. Brady, “Optical implementations of neural networks”, *IEEE Communication Magazine*, November 1999;

[61] A. Law and W Kelton, “Simulation modeling and analysis”, Second Edition, McGraw-Hill, Inc., 1991;

[62] J. Heemskerk, “Overview of neural hardware”, Draft version based on Chapter 3

in : Neurocomputers for brain-style processing. Design, Implementation and Application, *PhD Thesis*, Leiden University, 1995;

[63] J. Cloutier et. al., "VIP: An FPGA-based processor for image processing and neural networks", submetido à conferencia Microneuro'96, obtido em <http://www.iro.umontreal.ca/~cloutier/vip/> ;

[64] B. Happel and J. Murre, "The design and evolution of modular neural network architectures", *Neural Networks*, vol. 7, pp. 985-1004, 1994;

[65] J. Heemskerk, P. Starreveld and P. Hudson, "Implementation of optimization networks in synchronous massively parallel hardware", *Proceedings of the IJCNN-93*;

[66] J. Lopez-Alcantud and T. Kazmierski, "VHDL-AMS modeling of self-organizing neural systems", *ISCAS 2000 International Symposium on Circuits and Systems*, vol. 3, pp. 734-737, 2000;

[67] T. Nakaguchi, K. Jin'no and M. Tanaka, "Hysteresis neural networks for solving traveling salesperson problems", *ISCAS 2000 International Symposium on Circuits and Systems*, vol. 3, pp. 153-156, 2000;

[68] H. El-Bakry, M. Abo-Elsoud and M. Kamel, "Modular neural networks for solving high complexity tasks", *ISCAS 2000 International Symposium on Circuits and Systems*, vol. 3, pp. 555-558, 2000;

[69] K. Wawryn and A. Mauzurek, "Current mode circuits for programmable neural networks", *ISCAS 2000 International Symposium on Circuits and Systems*, vol. 3, pp. 678-681, 2000;

[70] C. Lindsey and T. Lindband, "Review of hardware neural networks: A user's perspective", Physics Dept. - Frescati, Royal Institute of Technology Frescativägen, Sweden, http://msia02.msi.se/~lindsey/elba2html/section3_1.html;

[71] M. Yasagunaga *et al.*, "Design, fabrication and evaluation of a 5-inch wafer scale neural network LSI composed of 576 digital neurons", *IJCNN*, vol. II, pp. 527 – 535, 1990;

[72] A. Masaki, Y. Hirai and M. Yamada, "Neural networks in CMOS: A case study", *IEEE Circuits and Devices Magazine*, pp. 12 – 17, 1990;

[73] L. Atals and Y. Suzuki, "Digital systems for artificial neural networks", *IEEE*

Circuits and Devices Magazine, pp. 20 – 24, 1989;

[74] P. Mueller *et al.*, “A programmable analog neural computer and simulator”, *Advances in Neural Information Processing Systems I*, pp. 712 – 719, 1989;

[75] M. Maher *et al.*, “Implementing neural architectures using analog VLSI circuits”, *IEEE Transactions on Circuits and Systems*, vol. 36, no. 4, pp. 643 – 652, 1989;

[76] H. Graf and L. Jackel, “Analog electronic neural network circuits”, *IEEE Circuits and Devices Magazine*, pp. 44-55, 1989;

[77] A. Rodríguez-Vázquez, *et al.*, “Nonlinear switched-capacitor “neural” networks for optimization problems”, *IEEE Transactions on Circuits and Systems*, vol. 37, no. 3, pp. 384 – 398, 1990;

[78] N. Farhat, “Optoelectronic neural networks and learning machines”, *IEEE Circuits and Devices Magazine*, pp. 32 – 41, 1989;

[79] N. Farhat, “Optoelectronic analog of self-programing neural nets: architecture and methodologies for implementing fast stochastic learning by simulated annealing”; *Applied Optics*, vol. 26, no. 23, pp. 5093 – 5103, 1987;

[80] N. Farhat, D. Saltis, A. Prata and E. Paek, “Optical implementation of the Hopfield model”, *Applied Optics*, vol. 24, no. 10, pp. 1496 – 1475, 1985;

