

Posicionamento ótimo de antenas usando Ray-Tracing e PSO

Emanuela Cabral, Stevan Grubisic e Walter P. Carpes Jr.

Resumo—Este trabalho apresenta um modelo que associa um código de otimização baseado no método *Particle Swarm Optimization* (PSO) com um algoritmo que implementa a Técnica de Traçado de Raios 2D, para otimizar o posicionamento de antenas de estações radiobase em ambientes interiores. O código PSO otimiza a posição da antena de modo a obter o campo mais uniforme possível em uma dada região de interesse. O desempenho do código PSO foi comparado com o de um código baseado em Algoritmos Genéticos (AG), aplicado ao mesmo problema. Observou-se que o PSO apresentou resultados mais satisfatórios que o AG.

Palavras-Chave—Antenas, *Particle Swarm Optimization*, Traçado de Raios

Abstract—This work presents a model applied to find the best antenna base station (BS) positioning of indoor wireless systems. The model uses a Particle Swarm Optimization (PSO) code, associated to a 2D ray-tracing (RT) algorithm. The PSO optimizes the antenna location by maximizing fitness which is obtained by calling a RT algorithm that returns the lower electric field value in the regions of interest. The use of PSO in this application was compared with a validated Genetic Algorithm (GA) applied in the same problem. From simulations, we observed that PSO presented more satisfactory results than GA for this electromagnetic problem.

Keywords—Antenna, *Particle Swarm Optimization*, Ray-Tracing

I. INTRODUÇÃO

A difusão dos sistemas de comunicação sem fio (*wireless*) resultou numa crescente demanda por projetos confiáveis no planejamento desses sistemas.

Nesses projetos, o posicionamento das estações radiobase (ERB) é um dos principais aspectos a se considerar para tornar a cobertura do sistema mais adequada. Quase todos os parâmetros de qualidade de um sistema *wireless* estão relacionados ao nível de sinal emitido pela ERB. A localização ideal é aquela que permite boa comunicação entre a ERB e todos os usuários de uma célula, sem que o nível de potência do sinal emitido pela ERB cause interferência em células próximas que compartilhem as mesmas frequências.

Este trabalho analisa a questão de manter o melhor nível de sinal possível para todos os usuários de uma célula coberta por uma ERB. Para que esse objetivo seja alcançado, propõe-se maximizar o menor campo elétrico nas regiões de interesse.

Sugere-se, então, um modelo que utiliza um código de otimização baseado no método *Particle Swarm Optimization*

(PSO) associado à Técnica de Traçado de Raios 2D (RT) para determinar o campo elétrico em todas as regiões de interesse de uma célula utilizando Ótica Geométrica (OG) e a Teoria Uniforme da Difração (TUD).

Com o intuito de validar o otimizador PSO proposto neste tipo de aplicação, analisou-se um cenário interior (*indoor*), onde a posição ótima de uma ERB deveria ser encontrada para prover um nível de sinal apropriado a todos os usuários de uma rede. Foram simulados tanto o modelo presente PSO/RT quanto o modelo proposto em [1], o qual utiliza Algoritmos Genéticos (AG) associado à técnica RT. Como será mostrado adiante, o modelo proposto PSO/RT forneceu melhores resultados.

II. MODELO PROPOSTO

Embora as técnicas utilizadas para desenvolver o modelo sejam conhecidas, a sua associação para resolução de problemas de posicionamento de antenas em ambientes *indoor* é uma aplicação inédita.

O PSO é um método de otimização estocástico desenvolvido por Kennedy e Eberhart [2]. Como tem se destacado na literatura por ser um método eficiente para problemas em Eletromagnetismo, ele foi escolhido para ser utilizado no modelo proposto neste trabalho.

Similar ao AG, o PSO é inicializado com uma população de soluções aleatórias (partículas). A cada partícula potencial (x_{id}) é associada uma velocidade aleatória (v_{id}). Após a primeira avaliação do mérito (*fitness*) associado a cada partícula, são armazenadas as coordenadas (p_{id}) do espaço de busca do problema, associado à melhor solução (p_{best}). A melhor entre as melhores soluções (g_{best}) e as suas coordenadas (p_{gd}) são também armazenadas durante o processo. Esses dados armazenados são iterativamente atualizados.

Assim, as velocidades das partículas são alteradas de modo a explorar com inteligência o espaço de busca em cada iteração.

$$v_{id} = wv_{id} + c_1rand()(p_{id} - x_{id}) + c_2rand()(p_{gd} - x_{id}) \quad (1)$$

$$x_{id} = x_{id} + v_{id} \quad (2)$$

O PSO utilizado neste modelo adota as constantes de aceleração (c_1 e c_2) ambas iguais a 2 [3] e um peso de inércia (w) nulo.

Para o problema apresentado, correspondente ao posicionamento de uma ERB, é necessário avaliar os campos em regiões de interesse, onde os usuários podem ser conectados a uma rede sem fio. O *fitness* para cada posição de uma ERB corresponde ao menor valor do campo

elétrico nessas regiões e é fornecido pelo algoritmo RT. Maximizando-se o menor campo nessas regiões prover-se-á a todos os usuários um bom nível de sinal.

A Técnica de Traçado de Raios é um método assintótico muito utilizado na predição de problemas de cobertura, apresentando ótimos resultados em sistemas de altas frequências. Sua formulação considera os caminhos mais relevantes que deixam a ERB e alcançam pontos de recepção. Após a definição dos caminhos, realiza-se o somatório dos campos correspondentes que são computados utilizando-se OG/TUD. O algoritmo RT usado baseia-se na Teoria de Imagens, que permite computar apenas os campos nas regiões de interesse.

O modelo proposto visa a aplicação em ambientes *indoor*, onde os principais mecanismos envolvidos são reflexão e transmissão através de obstáculos. Nesses ambientes, é possível desconsiderar os efeitos de difração, o que permite reduzir o tempo computacional que é proporcional à quantidade de vezes que o algoritmo RT é chamado pelo programa de otimização PSO. Assim, apenas a OG foi adotada para o cálculo dos campos neste problema.

Para um dado ponto de recepção, o campo elétrico total é obtido pela soma dos campos devidos a todos os caminhos considerados, onde o campo devido a cada caminho é dado por:

$$E_R = A_s E_0 e^{-j\beta s} \left\{ \prod_i \Gamma_i \right\} \left\{ \prod_k T_k \right\} \quad (3)$$

onde $A_s = \rho / (s + \rho)$ é o fator de espalhamento, s é a distância total (no ar) de todo o percurso a partir de um ponto de referência até o receptor; ρ é a distância entre o transmissor e o ponto de referência; E_0 é o campo nesse ponto de referência; $e^{-j\beta s}$ é o fator que considera a mudança da fase ao longo de toda a propagação no ar; Γ_i é o coeficiente de reflexão devido à i -ésima reflexão e T_k é o coeficiente de transmissão devido à k -ésima transmissão do raio (considerando a propagação através de obstáculos com perdas [1]).

III. RESULTADOS

O modelo proposto foi simulado num cenário *indoor* modelado em 2D, localizado no laboratório GRUCAD/UFSC, visando otimizar o posicionamento de um *access point* (isto é, uma ERB) de 2.4 GHz WLAN (*Wireless Local Area Network IEEE 802.11g*), utilizada nesse ambiente.

Os pontos de recepção selecionados não correspondem ao cenário completo, mas somente a algumas regiões de interesse. Os obstáculos considerados no ambiente são paredes, portas e janelas, com diferentes tipos de materiais com perdas.

Para validar o modelo PSO/RT, o mesmo problema foi simulado com o AG/RT [1]. Nos dois casos, foram utilizadas regiões de interesse mais restritas em comparação àquela descrita em [1], com o intuito de diminuir o tempo de simulação. Conforme mencionado anteriormente, os parâmetros do PSO/RT foram $c_1 = c_2 = 2$ e $w = 0$. Para o caso do AG/RT, a probabilidade de crossover foi de 0,95 e a probabilidade de mutação foi considerada como 0,05.

Para comparar os modelos, foram utilizados o mesmo número de partículas (20) e o mesmo número de iterações (70) para cada código. Assim, o processo completo de otimização realizou 1400 avaliações do algoritmo RT para os dois modelos. Para o problema analisado, a maior parte do tempo computacional foi gasto calculando os valores de campo pelo algoritmo RT.

A figura 1 ilustra a *fitness* da melhor partícula (*gbest*, para o PSO) em função do número de avaliações do RT. As curvas foram obtidas através da média dos resultados de seis simulações.

Através das curvas, observa-se que o PSO/RT converge mais rapidamente que o AG/RT.

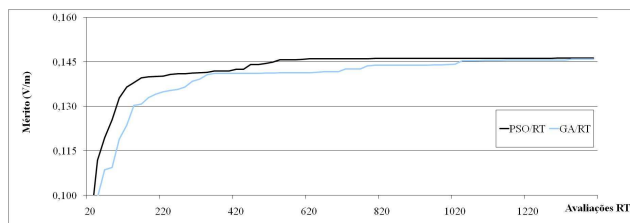


Fig. 1. Comparativo entre desempenhos PSO/RT e AG/RT

A figura 2 apresenta o mapeamento do campo elétrico no ambiente com o *access point* localizado na posição ótima, correspondente à figura 1: $X = [6,2311 ; 6,4517]$ (m). O tempo de cada simulação foi de aproximadamente 3 horas e 30 minutos, utilizando um computador com a seguinte configuração: 1,6 GHz, processador Intel Dual-Core, com 1 GB de memória RAM e um HD de 80 GB.

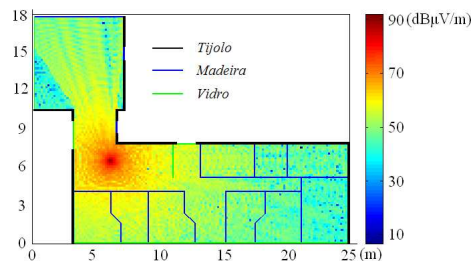


Fig. 2. Mapeamento do campo correspondente ao posicionamento ótimo da antena

IV. CONCLUSÕES

O modelo PSO/RT apresentado mostrou-se eficiente quando utilizado em aplicações *wireless* em ambientes *indoor*. O PSO/RT comparado ao AG/RT apresentou melhor desempenho em termos de convergência.

REFERÊNCIAS

- [1] S. Grubisic, W. P. Carpes Jr. and J. P. A. Bastos, "Optimization Model for Antenna Positioning in Indoor Environment Using 2D Ray-Tracing Technique Associated to a Real-Coded Genetic Algorithm", *IEEE Trans. on Magnetics*, vol. 45(6): pp 1626-1629, Mar. 2009.
- [2] J. Kennedy and R. Eberhart, "Particle swarm optimization", *IEEE International Conference on Neural Networks*, vol. 4, pp. 1942-1948, 27 Nov 1 Dec, 1995.
- [3] R. C. Eberhart and Y. Shi, "Particle Swarm Optimization: Developments, Applications and Resources", *Congress on Evolutionary Computation*, 2001, vol. 1, pp. 81-86, 27-30 May, 2001.