Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro

Larissa Simões Novelino

Aplicação de Técnicas de 'Fast Multipole' nos Métodos de Elementos de Contorno

Dissertação de Mestrado

Dissertação apresentada como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil do Departamento de Engenharia Civil da PUC-Rio.

Orientador: Prof. Ney Augusto Dumont

Rio de Janeiro
Julho de 2015

Pontifícia Universidade Católica
do Rio de Janeiro

Larissa Simões Novelino

Aplicação de Técnicas de 'Fast Multipole' nos Métodos de Elementos de Contorno

Dissertação apresentada como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil do Departamento de Engenharia Civil do Centro Técnico Científico da PUC-Rio. Aprovada pela Comissão Examinadora abaixo assinada.

Prof. Ney Augusto Dumont
Orientador
Departamento de Engenharia Civil – PUC-Rio

Prof. Raul Rosas e Silva
Departamento de Engenharia Civil – PUC-Rio

Prof. Paulo Sollero
UNICAMP

Prof. José Eugenio Leal
Coordenador Setorial do Centro Técnico Científico - PUC-Rio

Rio de Janeiro, 31 de julho de 2015

Larissa Simões Novelino

Graduada em Engenharia Civil pela Universidade Federal do Pará em 2013.

Ficha Catalográfica

Novelino, Larissa Simões

Aplicação de Técnicas de 'Fast Multipole' nos Métodos de Elementos de Contorno / Larissa Simões Novelino; orientador: Ney Augusto Dumont. – 2015.

92 f. il. (color.); 30 cm

Dissertação (mestrado) – Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Departamento de Engenharia Civil, 2015.

Inclui bibliografia

1. Engenharia civil – Teses. 2. Método fast multipole. 3. Elementos de contorno. 4. Métodos variacionais. I. Dumont, Ney Augusto. II. Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro. Departamento de Engenharia Civil. III. Título.

CDD: 624

Agradecimentos

A minha mãe, por todo o suporte e incentivo ao longo deste mestrado.

Ao Prof. Ney, meu orientador, por todo o conhecimento e apoio transmitidos ao longo desse mestrado.

Ao Hélvio, pela amizade, ajuda e discursões que foram fundamentais a este trabalho.

A Graciele e Patrick, pelas horas de estudo, pelos cafés, pelos brigadeiros e principalmente pela amizade.

Aos amigos Carlos, Wellington, Elvis e Daniel por todas as horas de estudo e conversas.

Aos meus amigos de Belém, Maria Cecilia, Larissa, Debora, Wylk, Gustavo e Philipe, que sempre estavam disponíveis para me ajudar e sempre arranjavam tempo nas minhas breves idas em Belém.

Ao CNPq e à PUC-Rio, pelos auxílios concedidos, sem os quais este trabalho não poderia ter sido realizado.

A todos os professores do curso de Engenharia Civil da PUC-Rio que de alguma forma contribuíram para minha formação.

A todos os professores do curso de Engenharia Civil da UFPA, em especial aos professores Sandoval, Ronaldson e Remo.

Resumo

Novelino, Larissa Simões; Dumont, Ney Augusto. **Aplicação de Técnicas de 'Fast Multipole' nos Métodos de Elementos de Contorno.** Rio de Janeiro, 2015. 92p. Dissertação de Mestrado - Departamento de Engenharia Civil, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.

Este trabalho visa à implementação de um programa de elementos de contorno para problemas com milhões de graus de liberdade. Isto é obtido com a implementação do Método 'Fast Multipole' (FMM), que pode reduzir o número de operações, para a solução de um problema com N graus de liberdade, de $O(N^2)$ para $O(N\log N)$ ou $O(N)$. O uso de memória também é reduzido, por não haver o armazenamento de matrizes de grandes dimensões como no caso de outros métodos numéricos. A implementação proposta é baseada em um desenvolvimento consistente do convencional, Método de colocação dos elementos de contorno (BEM) – com conceitos provenientes do Hibrido BEM – para problemas de potencial e elasticidade de larga escala em 2D e 3D. A formulação é especialmente vantajosa para problemas de topologia complicada ou que requerem soluções fundamentais complicadas. A implementação apresentada, usa um esquema para expansões de soluções fundamentais genéricas em torno de níveis hierárquicos de polos campo e fonte, tornando o FMM diretamente aplicável para diferentes soluções fundamentais. A árvore hierárquica dos polos é construída a partir de um conceito topológico de superelementos dentro de superelementos. A formulação é inicialmente acessada e validada em termos de um problema de potencial 2D. Como resolvedores iterativos não são necessários neste estágio inicial de simulação numérica, pode-se acessar a eficiência relativa à implementação do FMM.

Palavras-chave

Método Fast Multipole; elementos de contorno; métodos variacionais.

Abstract

Novelino, Larissa Simões; Dumont, Ney Augusto (Advisor). **Application of Fast Multipole Techniques in the Boundary Element Methods.** Rio de Janeiro, 2015. 92p. MSc. Dissertation – Departamento de Engenharia Civil, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.

This work aims to present an implementation of a boundary element solver for problems with millions of degrees of freedom. This is achieved through a Fast Multipole Method (FMM) implementation, which can lower the number of operations for solving a problem, with N degrees of freedom, from $O(N^2)$ to $O(N\log N)$ or $O(N)$. The memory usage is also very small, as there is no need to store large matrixes such as required by other numerical methods. The proposed implementations are based on a consistent development of the conventional, collocation boundary element method (BEM) - with concepts taken from the variationally-based hybrid BEM - for large-scale 2D and 3D problems of potential and elasticity. The formulation is especially advantageous for problems of complicated topology or requiring complicated fundamental solutions. The FMM implementation presented in this work uses a scheme for expansions of a generic fundamental solution about hierarchical levels of source and field poles. This makes the FMM directly applicable to different kinds of fundamental solutions. The hierarchical tree of poles is built upon a topological concept of superelements inside superelements. The formulation is initially assessed and validated in terms of a simple 2D potential problem. Since iterative solvers are not required in this first step of numerical simulations, an isolated efficiency assessment of the implemented fast multipole technique is possible.

Keywords

Fast Multipole Method; boundary elements; variational methods.

Sumário

Lista de figuras