

Evento: XXV Seminário de Iniciação Científica

APLICAÇÃO DE BALANCEAMENTO DE CARGA COM CHARM++ NA PARALELIZANDO DE UM SIMULADOR DO MOVIMENTO DA ÁGUA NO SOLO¹

LOAD BALANCING APPLICATION WITH CHARM++ IN THE PARALELIZATION OF A WATER MOVEMENT SIMULATOR IN SOIL

Pablo José Pavan², Edson Luiz Padoin³, Philippe Olivier Alexandre Navaux⁴

¹ Monografia de Conclusão do Curso de Graduação em Ciência da Computação.

² Aluno do curso de Ciência da Computação da UNIJUI. E-mail: pablo.pavan@unijui.edu.br

³ Professor do Departamento de Ciências Exatas e Engenharias da UNIJUI. E-mail: padoin@unijui.edu.br.

⁴ Professor do Instituto de Informática da UFRGS. E-mail: navaux@inf.ufrgs.br.

Intrudução

Dada a necessidade cada vez maior de processamento com alto desempenho, sistemas computacionais foram desenvolvidos para suprir esta necessidade. O processador foi um dos componentes que teve um grande avanço, passando a proporcionar o desenvolvimento de códigos paralelos, o que possibilitou que as aplicações fossem divididas em partes e inseridas nos núcleos das unidade de processamento (PILLA; MENESES, 2015, p. 30).

Devido a necessidade de se implementar sistemas que utilizam de maneira eficiente a capacidade computacional das máquinas modernas, novas tecnologias estão sendo desenvolvidas. Dentre essas tecnologias, destaca-se a linguagem de programação CHARM++, que oferece um ambiente de programação Paralela Orientada a Objetos, tem suporte a multiplataformas e permite que seus programas executem tanto em ambientes de memória compartilhada quanto em distribuída. Esta ferramenta utiliza uma técnica que consiste em dividir um problema em diversos componentes migráveis, que podem ser executados em vários processadores. Estes componentes migráveis são chamados de chares (ARRUDA; PADOIN, 2015, p. 02).

Em áreas como a agricultura, estimar o movimento da água no solo é de suma importância, pois é a partir desse movimento que os nutrientes serão absorvidos pelas raízes das plantas. Diante disso, o desenvolvimento de uma aplicação que possa simular a movimentação de forma rápida e precisa se torna importante. Para que esta aplicação possa utilizar de todo recurso computacional disponível, a paralelização da mesma é indispensável. Deste modo, este trabalho apresenta uma análise de ganhos de desempenho com a paralelização da aplicação de simulação de irrigação de solos utilizando o modelo de programação paralela CHARM++.

Trabalhos Relacionados

Na literatura diversos trabalhos apresentam estudos sobre a movimentação da água no solo. (BORGES; COELHO; BULIGON, 2005) apresenta uma análise do comportamento da água do solo saturado e não saturado por meio da equação de Richards. Para complementar o referido

Evento: XXV Seminário de Iniciação Científica

trabalho, (BORGES; PADOIN, 2006) trazem a implementação de um algoritmo utilizando o método de diferenças finitas. Entretanto, devido ao elevado tempo de processamento, utilizou-se somente simulação com matriz de pequena ordem.

No trabalho de (PADOIN et al., 2006), este sistema foi paralelizado com a biblioteca PVM, o que possibilitou a utilização de matrizes maiores gerando assim resultados mais precisos. Neste trabalho alcançou-se speed-up de 1,88 vezes com uma eficiência de até 38%. Em (PADOIN et al., 2008) o sistema foi resolvido pelo método do problema inverso e paralelizado para sistemas de memória distribuída com MPI. Já (PADOIN et al., 2011) em utilizou-se o algoritmo sequencial para analisar a eficiência energética de processadores e placas aceleradoras utilizando a paralelização através da plataforma CUDA. Por outro lado, muitas pesquisas buscam balancear as cargas das tarefas entre os processadores almejando melhorar a eficiência da utilização destes sistemas paralelos (KALÉ; BHANDARKAR; BRUNNER, 1998). Deste modo, neste trabalho foi implementado uma nova versão paralela do algoritmo utilizando CHARM++.

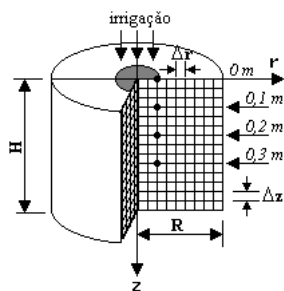
Caso de Estudo: Sistema de Movimentação da Água nos Solos

A absorção da água depende do tempo e é limitada pela quantidade disponível de água no solo, conforme descreve a Equação 1. Ela considera a variação das condições climáticas cíclicas normais do período diário. O parâmetro β é uma constante de proporcionalidade e foi determinado por ajuste (Problema Inverso) em função dos dados experimentais (PADOIN et al., 2011).

$$S = \beta(\Theta - \Theta_r) b(t-c) \tag{1}$$

onde S é taxa de absorção de água do sistema radicular (cm³/h), β é a constante de proporcionalidade (cm³/h), b é o parâmetro obtido experimentalmente (1/h), c é o instante de tempo da máxima absorção diária (h), t é o tempo (h), Θ é o teor de umidade médio (adimensional), Θ_r é o teor de umidade residual (adimensional). A simulação admite solos saturados e não saturados, considerando um fluxo de água pré determinado e um tempo de irrigação no círculo central da superfície do cilindro, como e demonstrado na Figura 1.

Figura 1 - Modelo do cilindro do solo submetido a irrigação.



Fonte - (PADOIN et al., 2011)

Evento: XXV Seminário de Iniciação Científica

Metodologia

Levando em consideração que o algoritmo sequencial da simulação já foi implementado em outros trabalhos (BORGES; COELHO; BULIGON, 2005), o primeiro passo foi realizar um estudo do mesmo, a partir deste, foi constatado que o algoritmo possui dois fatores que demandam de grande processamento, são eles: o número ótimo de células da malha - necessário para obtenção dos resultados com a precisão desejada - e elevado número de execuções do problema inverso. Na implementação paralela buscou-se paralelizar o número de vezes que a aplicação realiza o cálculo do problema inverso. Isto foi implementado de maneira que cada chare criado pelo CHARM++ execute uma execução do problema inverso.

Para realizar os testes, buscou-se trabalhar com os dois fatores que demandam desempenho na aplicação, o tamanho da malha e o número de execuções do problema inverso. Assim para o primeiro fator buscou-se trabalhar com três tamanhos de malha: 128, 256 e 512 ordens. Para o segundo fator também trabalhou-se com três medidas: 100, 250 e 500 execuções do problema inverso. Isso totalizou 9 configurações de testes. Cada configuração foi testada com diferentes números de núcleos do ambiente de execução, desta forma, foram utilizados: 1,2,4,8,16 e 32 núcleos, totalizando 54 configurações diferentes. Cada teste foi realizado 10 vezes, totalizando assim 540 testes executados no ambiente de execução.

O ambiente de execução é composto de um equipamento que possui dois processadores Intel Xeon E5-2640 v2 com 8 cores com 2 SMT-cores da microarquitetura Ivy Bridge, totalizando 32 núcleos de 2.00 GHz de frequência. Cada processador possui 8 x 32 KB de memória cache L1, 8 x 256KB de L2 e 20 MB de cache L3. Este equipamento possui 64 GB de memória RAM DDR3 de frequência 1600 MHz.

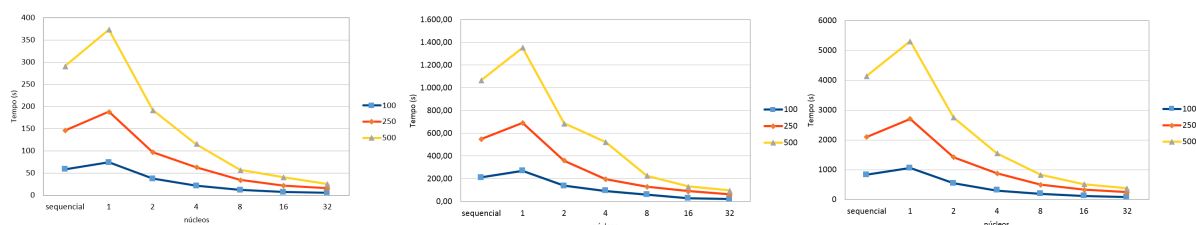
Resultado e Discussões

Analisando os resultados obtidos, percebe-se que o aumento da ordem da matriz tem impacto linear no tempo de execução da aplicação, entretanto o speedup permanece semelhante para todas as ordens testadas. Para matriz de ordem 128 (Figura 2) o tempo de execuções do algoritmo sequencial foi de 58, 95 segundos para 100 execuções do problema inverso. Quando executada a versão paralela do algoritmo com as mesmas condições em 1 núcleo o tempo de execução sobe para 74, 6 segundos. Este aumento no tempo de execução de 26% representa o overhead do CHARM++ para criação do array de chares.

No entanto, ganhos já são alcançados com a versão paralela utilizando 2 núcleos. A partir deste ponto, o overhead é menor que a redução no tempo de execução. Tomando como base a execução do algoritmo paralelo utilizando matriz de ordem 128 e 100 execuções do problema inverso, o tempo de execução foi de 37, 99 segundos. Isso representa um ganho de tempo 36% sobre o tempo sequencial. O speedup do algoritmo paralelo apresenta seu melhor caso na execução de matriz de ordem 128, 500 execuções do problema inverso e utilizando 32 núcleos. Para este teste a redução no tempo foi de 11,36 vezes sobre o algoritmo sequencial. Assim, reduzindo o tempo de execução de 291,30 segundos para 25,6 segundos.

Evento: XXV Seminário de Iniciação Científica

Figura 2 - Tempo de execução (s) das simulações com diferentes ordens de matriz (128, 256 e 512)



Fonte - Autor (2016)

Considerações Finais e Trabalhos Futuros

A partir dos resultados, percebe-se que a ordem da matriz influencia diretamente no resultado, aumentando equivalentemente o tempo de execução, porém o speedup se mantém de forma semelhante com diferentes tamanhos de matrizes.

Como trabalhos futuros pretende-se executar aplicação simulando um ambiente real utilizando matrizes de ordem maior. Por exemplo, tomando como base uma matriz de ordem 65.536, a versão sequencial executada com 500 execuções do problema inverso tomaria 547,9 dias para encontrar o resultado esperado. Utilizando a versão paralela implementada em CHARM++, executando com 32 núcleos, o tempo seria proporcionalmente reduzido para 50 dias, o que ainda é elevado para pesquisas científicas.

Palavras-Chave: Computação de Alto Desempenho (HPC); Irrigação de Solos; Programação Paralela.

Keywords: High-Performance Computing (HPC); Soil Irrigation; Parallel Programming.

Agradecimentos

Trabalho parcialmente apoiado pelo CNPq, CAPES, FAPERGS e FINEP. Pesquisa realizada no contexto do Laboratório Internacional Associado LICIA e tem recebido recursos do programa EU H2020 e do MCTI/RNP-Brasil sob o projeto HPC4E de número 68772.

Referências

ARRUDA, G. H. S.; PADOIN, E. L. Balanceamento de carga em sistemas multiprocessadores utilizando o modelo de programação charm++. Salão do Conhecimento, Ijuí, RS, Brasil, v. 1, n. 1, 2015.

BORGES, P. A.; COELHO, G.; BULIGON, S. Análise do comportamento da água em solos saturados e não saturados. XVIII Congresso Nacional de Matemática Aplicada e Computacional, CNMAC,

Evento: XXV Seminário de Iniciação Científica

Santo Amaro, SP. [S.l.: s.n.], 2005.

BORGES, P. A.; PADOIN, E. L. Exemplos de métodos computacionais aplicados a problemas na modelagem matemática. ERAD-Escola Regional de Alto Desempenho, v. 6, p. 5-20, 2006.

KALÉ, L. V.; BHANDARKAR, M.; BRUNNER, R. Load balancing in parallel molecular dynamics. SPRINGER. International Symposium on Solving Irregularly Structured Problems in Parallel. [S.l.], 1998. p. 251-261.

PADOIN, E. et al. Resolução do problema de absorção da água do solo através da paralelização do problema inverso. VIII Escola Regional de Alto Desempenho, p. 268-271, 2008.

PADOIN, E. L. et al. Paralelização de métodos computacionais aplicados à análise das variações do teor de umidade de solos saturados e não saturados. VII Workshop em Sistemas Computacionais de Alto Desempenho. [S.l.: s.n.], 2006. p. 97-104.

PADOIN, E. L. et al. Análise do consumo energético do algoritmo de irrigação de solos em arquiteturas heterogêneas. Conferencia Latino Americana de Computación de Alto Rendimiento, Colima, Mexico. CLCAR, p. 1-7, 2011.

PILLA, L. L.; MENESES, E. Programação paralela em charm++. ERAD/RS, Gramado, RS, Brasil, 2015.