

Aprimoramento do Modelo Eta Utilizando Recursos de Computação Paralela e Distribuída

Henrique G. Flores¹, Alex L. de Mello², Marcelo T. Rebonatto^{1,2}, Carlos A. Hölbig^{1,2}

¹Programa de Pós Graduação em Computação Aplicada (PPGCA) – Universidade de Passo Fundo – Passo Fundo, RS – Brazil

²Curso de Ciência da Computação, Instituto de Ciências Exatas e Geociências – Universidade de Passo Fundo – Passo Fundo, RS – Brazil

119694@upf.br, 122596@upf.br, rebonatto@upf.br, holbig@upf.br

Resumo. *O Eta é um modelo de previsão meteorológica e climática utilizado no Brasil pelo CPTEC/INPE. Modelos de previsão fazem uso de uma grande quantidade de dados e devido à alta complexidade das operações realizadas, torna-se demorada a obtenção do resultado. O intuito deste trabalho é propor uma solução utilizando estratégias de paralelismo, com uso das tecnologias OpenMP e CUDA, para otimizar o Eta e diminuir o tempo de execução.*

1. Introdução

O estudo do clima e da meteorologia é algo que afeta direta e indiretamente a vida de todas as pessoas. A agricultura é um dos campos de pesquisa que mais faz uso de dados climáticos e meteorológicos, devido ao fato de que elementos como radiação solar, temperatura e umidade influenciam diretamente na produção agrícola [Demir and Mahmud 2005]. Os modelos de previsão de tempo são ferramentas que trabalham com grandes massas de dados e que consomem um alto poder computacional para gerar uma resposta satisfatória. O Eta é um modelo para previsão de fenômenos atmosféricos regional usado para pesquisa e decisões operacionais. Ele é utilizado no Brasil desde 1996 pelo Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos (CPTEC) do Instituto Nacional de Pesquisa Espaciais (INPE) em forma operacional, abrangendo a América do Sul, e está operando desde 1997 para previsões meteorológicas e desde de 2002 para previsões climáticas [Chou et al. 2014].

2. Materiais e métodos

Com o decorrer dos anos, diversos desenvolvedores já trabalharam no código do modelo, visando ajustes, correções ou, até mesmo, melhorias. Para que fosse possível montar um modelo de pesquisa que busca melhorar o desempenho do Eta foram realizadas análises no seu código, buscando pontos de melhorias e partes que consomem elevados períodos de tempo, além de entender o seu funcionamento como um todo.

O modelo Eta faz uso da tecnologia *Message Passing Interface* (MPI) para otimizar parte do seu processamento. Na inicialização do modelo são definidos N processos, que são divididos entre processos de entrada e saída (I/O) e processos de previsão. Os processos de entrada e saída tem por objetivo gravar os resultados da

previsão em arquivos. A área a ser prevista se dá através de um ponto inicial definido pela latitude e longitude inseridas pelo usuário e se expande em uma grade de tamanho variável, definida em Km. Durante o processamento da previsão, a área a ser prevista é tratada como uma matriz. No primeiro momento da execução, a área para previsão é dividida em subáreas e cada processo de previsão se torna responsável pelo processamento de sua subárea. Ao final dos cálculos da previsão, as informações são enviadas para os processos de entrada e saída para que sejam gravadas, então o processo de previsão recomeça até que todo o período de tempo definido seja previsto.

Tendo em vista a melhoria de desempenho no funcionamento do modelo, foram realizadas tentativas de melhorias no uso da tecnologia MPI já existente no código e proposto a integração das tecnológicas OpenMP e CUDA, atualmente não utilizadas no modelo. De acordo com a literatura, é possível utilizar a paralelização explícita de grandes tarefas utilizando MPI e somar usando a paralelização OpenMP para as tarefas mais simples. Tendo uma visão de alto nível, o programa estaria hierarquicamente estruturado com uma série de tarefas MPI, cujo código sequencial utiliza as diretivas OpenMP para fazer uso da memória compartilhada e do multiprocessamento [Rabenseifner, Hager and Jost 2009].

Utilizando uma solução semelhante a MPI com OpenMP, a utilização de CUDA para processamento na GPU seria feita de forma com que cada tarefa MPI executaria parte do seu código sequencial em um bloco da GPU, com o objetivo de executar as tarefas de maior complexidade deixando que a CPU compute apenas os cálculos mais simples ou que contenham dependências que não possam ser processadas na GPU. Outra solução possível é a utilização das três tecnologias ao mesmo tempo, onde o MPI dividiria a área a ser processada e dentro de cada tarefa MPI seriam disparadas N threads OpenMP para processar e designar blocos de códigos para ser processados pela GPU.

3. Conclusões e trabalhos futuros

Nos estudos realizados no modelo Eta foram encontrados cálculos com a complexidade chegando à $O(n^4)$. Começou-se a implementação fazendo uso de GPUs no modelo, demonstrando um pequeno ganho em alguns pontos isolados. A implementação em todos os pontos ainda não foi finalizada. Foram realizadas tentativas de melhoras nos pontos MPI do código mas chegou-se à conclusão que não haveriam grandes ganhos de desempenho e que seria relativamente complexo a modificação do uso do MPI presente hoje sem a modificação dos cálculos realizados pelo modelo.

7. Referências

- Demir, N., Mahmud, S. F. 2005. “Agro-climatic conditions and technical inefficiencies in agriculture.” *Canadian Journal of Agricultural Economics* 50: 269–80.
- Chou, S. C. et al. Evaluation of the Eta Simulations Nested in Three Global Climate Models. *American Journal of Climate Change, Scientific Research Publishing*, v. 03, n. 05, p. 438–454, dez. 2014.
- Rabenseifner, R., Hager, G., Jost, G. 2009. Communication Characteristics and Hybrid MPI/OpenMP Parallel Programming on Clusters of Multi-core SMP Nodes. *Proceedings of the Cray Users Group Conference 2009 (CUG 2009)*, Atlanta, GA, USA, May 4-7, 2009.