

Melhorando o Desempenho do NUMA-ICTM Utilizando Programação Híbrida

Neumar Silva Ribeiro, Mateus Raeder,
Luiz Gustavo Fernandes

Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul (PUCRS)
Av. Ipiranga, 6681 - Prédio 32 - PPGCC

{neumar.ribeiro, mateus.raeder}@acad.pucrs.br, luiz.fernandes@pucrs.br

Introdução

Usualmente, utiliza-se o paradigma de troca de mensagens quando se está programando uma arquitetura do tipo *cluster* ou até mesmo uma máquina MPP (*Massive Parallel Processors*). Por outro lado, quando se deseja programar uma máquina multiprocessada, como os computadores SMPs (*Symmetric Multiprocessor*), utiliza-se um paradigma de memória compartilhada. No entanto, o desenvolvimento de novas tecnologias possibilitaram a criação de *clusters* com nós multiprocessados, permitindo a utilização de uma solução híbrida de programação para estas arquiteturas. A programação híbrida representa um desafio ainda maior quando um *cluster* é composto por nós de máquinas NUMA (*Non-Uniform Memory Access*). Neste caso, aspectos como a localidade dos dados no momento da alocação tornam-se cruciais para garantir um melhor desempenho.

Programação híbrida: OpenMP e MPI

Uma vez que os *clusters* estão utilizando nós multiprocessados, a programação híbrida se encaixa neste contexto com naturalidade. Com uma análise superficial, pode-se verificar que para uma grande quantidade de problemas, a modelagem para uma programação híbrida é aplicável. Por exemplo, é possível dividir um grande problema em tarefas e distribuí-las aos nós do *cluster* utilizando MPI (*Message Passing Interface*), que se tornou referência para troca de mensagens entre os nós de um *cluster*. Já em cada nó, as tarefas são processadas utilizando OpenMP, outra ferramenta que se tornou padrão na programação com memória compartilhada. O trabalho [RHJ 09] aborda com detalhes a programação híbrida utilizando MPI e OpenMP em *clusters* de nós multiprocessados.

Um dos motivadores deste estudo é o trabalho descrito em [SEB 04], que aborda uma implementação paralela híbrida do algoritmo FDTD (*Finite Difference Time Domain*) - uma técnica de modelagem computacional para resolver problemas eletrodinâmicos - apresentando as vantagens obtidas pela utilização desta modelagem.

Utilizando programação híbrida no NUMA-ICTM

O objetivo deste trabalho é estender uma aplicação paralela modelada para memória compartilhada em uma máquina NUMA, de modo que utilize também o paradigma de troca de mensagens e possa tirar proveito de um *cluster* de máquinas multiprocessadas NUMA. A aplicação é o ICTM (*Interval Categorizer Tessellation Model*) [ADC 04],

para o qual foi realizada a paralelização para máquinas NUMA [CAS 09]. O ICTM é uma aplicação utilizada por cientistas da área de Geofísica, capaz de categorizar regiões geográficas utilizando informações extraídas de imagens de satélites. A categorização de cada camada é composta por várias etapas sequenciais, onde cada uma utiliza os resultados obtidos na etapa anterior. Por trabalhar com grandes dimensões de matrizes e ser uma aplicação extremamente custosa em termos de processamento e de utilização de memória, a paralelização com OpenMP apresentou bons resultados.

A Figura 1 exemplifica a modelagem híbrida proposta, ilustrando uma matriz com as informações do ICTM dividida em blocos, de modo que cada nó do *cluster* receba um destes blocos para realizar o processamento. Este processamento requer que os nós troquem informações das bordas dos blocos, o que será feito com MPI. Já o processamento do bloco em cada um dos nós multiprocessados será paralelizado utilizando OpenMP.

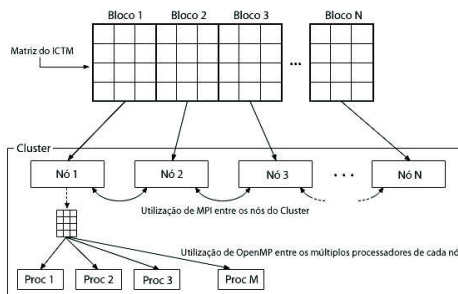


Figura 1: Divisão dos blocos da matriz do ICTM utilizando programação híbrida.

Aumentando o paralelismo através da biblioteca MPI, acredita-se ser possível alcançar resultados ainda melhores, explorando toda a capacidade dos novos modelos de *clusters* de nós multiprocessados disponibilizados para computação de alto desempenho.

Referências

- [RHJ 09] Rabenseifner, R.; Hager, G.; and Jost, G. Hybrid MPI/OpenMP Parallel Programming on Clusters of Multi-Core SMP Nodes. In Proceedings of the 2009 17th EuroMicro international Conference on Parallel, Distributed and Network-Based Processing - Volume 00 (February 18 - 20, 2009). PDP. IEEE Computer Society, Washington, DC, 2009, p. 427-436.
- [SEB 04] Su, M. F.; El-Kady, I.; Bader, D. A.; and Lin, S. A Novel FDTD Application Featuring OpenMP-MPI Hybrid Parallelization. In Proceedings of the 2004 international Conference on Parallel Processing. ICPP. IEEE Computer Society, Washington, DC, 2004, 373-379.
- [ADC 04] Aguiar, M.; Dimuro, G.; Costa, A. R.; Krolow, R.; Costa, F.; Kreinovich, V. The Multi-layered Interval Categorizer Tessellation-based Model. In: GeoInfo '04: Proceedings of the 6th Brazilian Symposium on Geoinformatics. Campos do Jordão, São Paulo, Brazil: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 2004. p. 437-454.
- [CAS 09] Castro, M.; Fernandes, L. G.; Pousa, C.; Mehaut, J.-F.; de Aguiar, M.S.; NUMA-ICTM: A parallel version of ICTM exploiting memory placement strategies for NUMA machines. Parallel & Distributed Processing, 2009. IPDPS 2009. IEEE International Symposium on 23-29 May 2009 Page(s):1-8