

TEORIA ELETROMAGNÉTICA - SEMINÁRIO

SÉRGIO CORDEIRO

RESUMO. Os problemas de Eletromagnetismo são frequentemente solucionáveis apenas por meio de métodos computacionais. As computações associadas são sempre intensivas, mas podem ser paralelizadas de maneira a diminuir-se o tempo requerido. Dentre as técnicas de processamento paralelo conhecidas, uma delas, o multiprocessamento, não é sempre utilizada porque depende da disponibilidade de um número substancial de computadores, condição raramente garantida ao pesquisador. Com o advento das grandes nuvens comerciais de computadores, essa situação aparentemente mudou. O presente trabalho investigou a viabilidade do uso de multiprocessamento em nuvens comerciais na solução de problemas da Teoria Eletromagnética.

Palavras-chave: computação, SMP, nuvens de computadores.

SUMÁRIO

1. Introdução	2
SMP com nuvens comerciais de computadores	2
Amazon	2
Exemplos de problemas que podem usar SMP	2
1.1. Cálculo de função transcendental	2
1.2. Multiplicação de matrizes	3
Referências	3

1. INTRODUÇÃO

O uso de multiprocessamento

SMP COM NUVENS COMERCIAIS DE COMPUTADORES

Em linhas gerais, os passos necessários são os seguintes:

1. Criar a conta de usuário
2. Criar o número de instâncias desejado
3. Configurar a comunicação entre as instâncias
4. Carregar os arquivos necessários em cada instância

Não fornecemos instruções detalhadas a respeito de como executar cada um dos passos acima devido à fluidez do ambiente dessas nuvens, que faz com que esse tipo de informação perca a validade muito rapidamente. Limitamo-nos a registrar certos aspectos muito importantes ou menos intuitivos do processo.

A figura abaixo mostra o menu principal de configuração da AWS, a que o usuário tem acesso assim que se registra. A opção desejada para criação do HPC é justamente a primeira, EC2, que permite a criação de máquinas virtuais.

A criação das instâncias é bastante intuitiva e guiada por um Wizard. Para a conta de cortesia, não são oferecidas as opções de computadores mais poderosos; só é possível criar instâncias com um único processador. Quanto à imagem a ser usada para inicialização da máquina virtual, a que nos interessa é a AMI

Amazon. A nuvem da Amazon, a AWS (Amazon Web Services) oferece uma opção IaaS, a Amazon EC2 (Elastic Computing Cloud), que permite a montagem de um HPC. Uma conta de demonstração, gratuita, pode ser obtida facilmente por qualquer pessoa. Essa conta tem 1 ano de validade, mas está sujeita a limitações de desempenho e capacidade, conforme [?]. A configuração é bem documentada e pode ser completada em alguns minutos por um programador experiente.

EXEMPLOS DE PROBLEMAS QUE PODEM USAR SMP

Com o intuito de explorar a capacidade de uma nuvem comercial de oferecer uma plataforma para multiprocessamento simétrico, selecionamos um exemplo para cada um dos quatro tipos de problemas que identificamos como usuais na Teoria Eletromagnética:

1. Cálculo do valor de uma função transcendental; exemplo: função de Bessel de primeira espécie.
2. Operação de álgebra linear; exemplo: multiplicação de matrizes;
3. Operação de cálculo vetorial; exemplo: cálculo do Laplaciano em duas dimensões.

Para cada um dos exemplos, aplicamos uma abordagem para paralelização e implementamos a solução de três formas diferentes:

- a) Solução puramente sequencial, sem qualquer paralelização.
- b) Emprego de multithreading para paralelização.
- c) Emprego de multiprocessamento para paralelização.

Uma quarta forma, o emprego simultâneo de multithreading e de multiprocessamento, não foi implementada por limitação do tempo disponível para realização desta pesquisa, mas pode ser implementada em futuros trabalhos a partir das informações aqui expostas.

A abordagem escolhida para a paralelização foi, em todos os casos, aquela que nos pareceu a mais intuitiva, e não a mais eficiente em termos computacionais, de forma a manter o foco na técnica de paralelização em si, evitando o emprego de algoritmos complexos. Por exemplo, para multiplicação de matrizes, não foi utilizado o algoritmo de Coppersmith-Winograd, e sim aquele extraído diretamente da definição do produto de duas matrizes.

1.1. Cálculo de função transcendental. A função de Bessel de primeira espécie $J_n(x)$, com argumento real, pode ser calculada por meio da fórmula [WEISSTEIN 2015 1]:

$$(1) \quad J_n(x) = \begin{cases} \sum_{i=0}^{\infty} \frac{(-1)^i}{2^{2i+|n|} i! (|n| + 1)} & |n| \neq \frac{1}{2} \\ \sqrt{\frac{2}{\pi x}} \cos(x) & n = -\frac{1}{2} \\ \sqrt{\frac{2}{\pi x}} \sin(x) & n = \frac{1}{2} \end{cases}$$

Apesar da fórmula acima teoricamente permitir o cálculo para qualquer valor dos parâmetros, a computação é difícil e custosa por diversos motivos [HARRISON 2009]. Uma vez que nosso objetivo aqui é apenas explorar as possibilidades de um HPC implementado em nuvem comercial, ignoramos tais problemas práticos, aceitando as perdas de acuidade e desempenho decorrentes dessa decisão.

O somatório pode ser paralelizado de forma intuitiva calculando-se cada termo por meio de um processo ou thread independente.

1.2. Multiplicação de matrizes. O produto de duas matrizes $C = AB$ pode ser paralelizado, de forma intuitiva, considerando a operação como um conjunto de multiplicações das matrizes-linha de A por B : $C_i = A_i B$, onde i é o número da linha. Essas multiplicações de vetor por matriz são independentes entre si, o que facilita muito a implementação de paralelização.

1.3. Cálculo do Laplaciano em duas dimensões. Para esse cálculo, utilizamos a expressão do Laplaciano em coordenadas cilíndricas. Neste caso, a paralelização é mais difícil porque, para calcular o Laplaciano em um ponto, é necessária informação relativa aos pontos vizinhos. A abordagem padrão para tratar-se esse tipo de situação é dividir a região em subregiões e atribuir cada uma a um processo ou thread, implementando a comunicação entre os agentes para que a informação necessária seja obtida dos vizinhos. Em um ambiente de paralelização híbrida, idealmente cada região seria processada por um membro do cluster, empregando-se multithreading para paralelizar o cálculo do Laplaciano dentro da região. Isso porque a velocidade de troca de mensagens entre threads é mais elevada que a da troca de mensagens entre processos, principalmente quando estes residem em computadores diferentes.

IMPLEMENTAÇÃO DOS EXEMPLOS

REFERÊNCIAS

[AMAZON 2015 1] AMAZON, : <https://aws.amazon.com/free/>. Disponível em 27/10/2015, acesso em

.

- [HARRISON 2009] John HARRISON, **Fast and accurate Bessel function computation**. Disponível em <https://www.cl.cam.ac.uk/~jrh13/slides/arith-09jun09/slides.pdf>, acesso em 01/11/2015.
- [WEISSTEIN 2015 1] Eric WEISSTEIN, **WolframMathWorld** : Bessel Function of the First Kind. Disponível em <http://mathworld.wolfram.com/BesselFunctionoftheFirstKind.html>, acesso em 01/11/2015.