

Uso do Método de Lattice Boltzmann em Aplicações da Hidrodinâmica*

Claudio Schepke, Tiarajú Asmuz Diverio

Instituto de Informática - Universidade Federal do Rio Grande Do Sul
Caixa Postal 15.064 - CEP 91.501-970 - Porto Alegre - RS - Brasil
{cschepke, diverio}@inf.ufrgs.br

Introdução

A Dinâmica de Fluidos Computacional é uma importante área de pesquisa, englobando o estudo do movimento de líquidos e de gases sob a ação de determinadas forças através da simulação numérica. Para tanto, uma das técnicas atualmente utilizadas e que possibilita a modelagem computacional de uma ampla variedade de problemas, incluindo fluxos com uma ou várias fases em geometrias complexas, diferentes condições de contorno, além da possibilidade de paralelização, é o método de Lattice Boltzmann. Nesse contexto, o trabalho tem como objetivo apresentar o funcionamento do método, abordar questões relacionadas a implementação e caracterizar algumas de suas áreas de aplicação.

Método de Lattice Boltzmann

O método de Lattice Boltzmann (MLB) foi desenvolvido como um método numérico alternativo para a modelagem e simulação da física de fluídos [CHEN98]. Diferente de outros métodos numéricos, baseados na discretização de equações macroscópicas contínuas, o MLB é baseado em modelos microscópicos e equações de velocidade mesoscópica [SUCCI01]. A principal idéia do MLB é construir um modelo cinético onde os processos microscópicos ou mesoscópicos possam ser utilizados, a fim de representar a média das propriedades macroscópicas analisadas de uma determinada equação.

A expressão matemática do método de Lattice Boltzmann pode ser definida como uma função $f(x, t)$ para uma partícula situada em x e evolução do tempo t :

$$f_i(x + e_i, t + \Delta t) = f_i(x, t) + \Omega_i(f(x, t)),$$

onde i é cada uma das direções de deslocamento, Δt é a variação do tempo, e_i é a velocidade das partículas para cada uma das direções e $\Omega_i(f(x, t))$ é um operador de colisão.

O deslocamento do conjunto de partículas é feito iterativamente, sendo o tempo medido em etapas discretas. A representação das partículas usa um reticulado (*lattice*), de maneira que cada um dos pontos esteja localizada nos vértices do reticulado. Desta forma, o deslocamento das partículas só pode ocorrer segundo o modelo do reticulado adotado (direções de deslocamento considerados). As partículas também podem colidir umas com as outras, enquanto elas se movem, devido à ação das forças aplicadas. As regras que

* Apoio: CNPq e Probral 194/4 CAPES/DAAD

governam as colisões são projetadas de maneira que o tempo médio do movimento das partículas seja equivalente a obtida pela equação de Navier-Stokes [BUICK97].

Implementação e Áreas de Aplicação

A implementação do método demanda uma grande quantia de recursos, tanto de memória como de tempo de processamento, uma vez que a simulação de um espaço físico geralmente necessita de um grande número de pontos para a sua representação [SUCCI01]. No entanto, como o cálculo do deslocamento em cada um dos pontos é dependente apenas das posições vizinhas, uma alternativa que possibilita expandir a dimensão do sistema ou diminuir o tempo da solução calculada é particionar o domínio e distribuir as tarefas de cada um dos subdomínios à diferentes processadores.

O MLB é indicado para problemas onde se deseja obter eficiência e facilidade de programação, uma vez que o mesmo se apresenta como um método discreto e especificamente elaborado para o cálculo computacional. Essas características são bem aplicadas em fluídos simples e de múltiplas fases em geometrias irregulares brutas (meios porosos). Através do método é possível tratar condições de contorno irregulares, incorporar facilmente as forças mesoscópicas responsáveis pelas transições de fase, bem como outras questões difíceis de serem descritas sem o uso de uma abordagem contínua. no caso da turbulência de fluídos pode ser mais interessante explorar a facilidade de programação e paralelização ao invés do uso de outras abordagens mais indicadas.

Considerações e Trabalhos Futuros

Este trabalho contribui como um estudo preliminar do MLB, dentro do contexto dos projetos de pesquisa do Grupo de Matemática da Computação e Processamento de Alto Desempenho da UFRGS (GMCPAD). Com base nisso, pretende-se utilizar mais essa técnica de resolução para a solução de problemas abordados pelo grupo, possibilitando, desta forma, fazer uso de um modelo de fácil implementação, adequado a uma ampla gama de situações e que pode ser facilmente paralelizado.

Os próximos passos da pesquisa buscam desenvolver um estudo de caso onde é feito a implementação e avaliação do método. Espera-se realizar também a paralelização do método para algumas arquiteturas paralelas disponíveis, avaliando a qualidade das soluções e aumento do desempenho obtido.

Referências

- [BUICK97] BUICK, J. M. **Lattice Boltzmann Methods in Interfacial Wave Modelling**. 1997. PhD Dissertation — University of Edinburgh, Fluid Dynamics Group.
- [CHEN98] CHEN, S.; DOOLEN, G. D. Lattice Boltzmann Method for Fluid Flows. **Annual Review of Fluid Mechanics**, v.30, p.329–364, 1998.
- [SUCCI01] SUCCI, S. **The Lattice Boltzmann Equation For Fluid Dynamics and Beyond**. Oxford University Press, 2001.