Paralelização do Modelo Bidimensional do Método de Lattice Boltzmann*

Claudio Schepke, Tiarajú A. Diverio, Nicolas Maillard

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

Introdução

O Método de Lattice Boltzmann (MLB) é um método numérico iterativo para a modelagem e simulação de propriedades físicas de fluidos [SUCCI, 2001]. Diferente de modelos numéricos desenvolvidos para a solução das equações macroscópicas de Navier-Stokes, o MLB está fundamentado em modelos microscópicos e equações de velocidade mesoscópicas relacionadas à discretização da Equação de Boltzmann. A principal idéia do método é construir um modelo cinético simplificado, que incorpore a essência física dos processos microscópicos ou mesoscópicos, cuja média das propriedades obedeça às definições das equações macroscópicas desejadas [CHEN; DOOLEN, 1998]. Através de suas características, o MLB possibilita a simulação de uma grande variedade de problemas onde a modelagem direta das equações macroscópicas apresenta-se inadequada, especialmente em simulações de fluidos imiscíveis e de escoamentos em estruturas complexas.

Apesar da grande relevância e praticidade do MLB, o custo computacional das execuções é geralmente maior do que o necessário em outros métodos. Devido à dimensão dos problemas que podem ser explorados através dessa técnica, é importante que o MLB apresente bons níveis de desempenho. Como as interações entre os pontos que descrevem um fluxo são essencialmente locais, paralelizar as operações apresenta-se como uma boa possibilidade para agregar eficiência ao método [KÖRNER et al., 2005]. Nesse sentido, este trabalho tem como objetivo apresentar uma implementação paralela do MLB para fluxos bidimensionais, relacionando os resultados obtidos através de um estudo de caso.

Implementação Paralela e Resultados Experimentais

A implementação paralela do MLB para fluxos bidimensionais (modelo D2Q9) foi feita para um sistema de memória distribuída através do modelo de programação *Single Program Multiple Data* (SPMD). O particionamento dos dados foi feito dividindo-se o *lattice* em faixas de dados regulares, segundo o número de processadores disponíveis. Devido à dependência de dados entre os pontos que descrevem o fluxo, é necessário que haja a troca de dados a cada iteração. Para tanto, foram utilizadas as funções disponibilizadas pela biblioteca de comunicação *Message Passing Interface* (MPI).

*Apoio: CNPq

Como estudo de caso foi utilizado um *lattice* de 512 x 512 pontos, representando um trecho de um canal contendo barreiras dispostas ciclicamente. A divisão do *lattice* foi feita verticalmente, utilizando-se até 40 processadores (20 nós biprocessados) do *cluster* **labtec** do Instituto de Informática da UFRGS. Para que o fluxo atingisse valores estáveis foram realizadas 150.000 iterações do laço principal. Os tempos de execução seqüencial e paralelo obtidos estão apresentados na Figura 1.

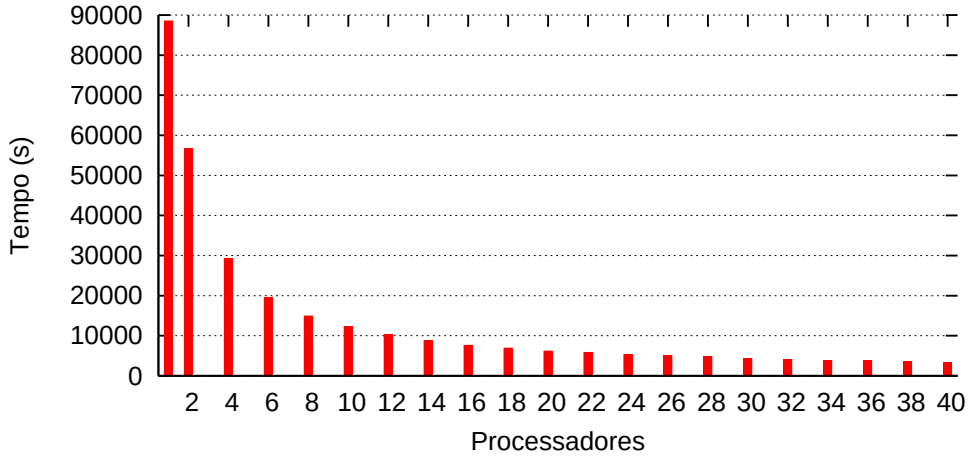

Figura 1: Tempo de execução das implementações seqüencial e paralela

Considerações Finais

Os resultados obtidos apresentaram bons índices de desempenho para a implementação paralela do MLB. Conforme pode ser visto no gráfico apresentado anteriormente, à medida que um maior número de processadores foi utilizado, diminuiu o tempo de execução. Dessa forma, obteve-se uma aceleração de aproximadamente 27 utilizando-se 40 processadores.

Apesar de esses resultados apresentarem um bom desempenho, a decomposição em apenas uma dimensão apresenta limitações devido à razão cálculos/comunicação ser relativamente alto. Uma opção clássica é usar uma decomposição em blocos, que diminui essa razão e que, por isso, será adotada na próxima etapa da pesquisa.

Referências

[CHEN; DOOLEN, 1998] CHEN, S.; DOOLEN, G. D. Lattice Boltzmann Method for Fluid Flows. **Annual Review of Fluid Mechanics**, v.30, p.329–364, 1998.

[SUCCI, 2001] SUCCI, S. **The Lattice Boltzmann Equation For Fluid Dynamics and Beyond**: Oxford University Press, 2001.

[KÖRNER et al., 2005] KÖRNER, C.; POHL, T.; RÜDE, U.; THÜREY, N.; ZEISER, T. Parallel Lattice Boltzmann Methods for CFD Applications. In: BRUASET, A.; TVEITO, A. (Ed.). **Numerical Solution of Partial Differential Equations on Parallel Computers**. [S.l.]: Springer Verlag, 2005. p.439–465. (LNCSE, v.51).