

Resumo

Neste trabalho realizou-se a paralelização de um programa de Mecânica dos Fluidos Computacional, baseado no algoritmo SIMPLE, usando a linguagem HPF (High Performance Fortran). O HPF é uma extensão do Fortran 90 que usa o paradigma de programação data parallel, e permite a paralelização para sistemas SMP (Symmetric Multiple Processing) e clusters SMP.

As simulações foram realizadas no cluster Beowulf existente na Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto. Este cluster é constituído por 23 processadores Intel PIII (o master com velocidade de processamento de 550 MHz e os restantes 22 com 450 MHz) ligados por uma rede ethernet dedicada. Cada processador possui uma placa de 100 Mbit/s.

O HPF mostrou-se uma linguagem de fácil utilização, permitindo uma rápida adaptação de códigos sequenciais para códigos paralelos. Ao contrário de outras técnicas de paralelização, no HPF as comunicações necessárias à execução de um código paralelo são implementadas pelo compilador, pelo que a modificação do nível de paralelização (número de processadores usados) pode ser conseguida por uma simples alteração de um parâmetro no código fonte. Assim, o HPF é uma técnica de paralelização com baixos custos de manutenção, permitindo com grande facilidade a alteração do código para novas situações de cálculo.

No entanto, o HPF mostrou-se menos eficiente que por exemplo a técnica de decomposição de domínio usando message passing, não sendo a ferramenta ideal quando o principal objectivo da paralelização é maximizar o desempenho. Em particular, na simulação do escoamento de uma caixa bidimensional com tampa deslizante, obtiveram-se speed-ups de 0.42 para corridas com dois processadores e uma malha de 80 x 80 nós.

A maior deficiência do HPF está relacionada com os elevados tempos de comunicação que estão associados com as operações de distribuição de dados pelos processadores. No programa de cálculo usado, recorre-se ao método de resolução de sistemas de equações algébricas TDMA, que resolve os sistemas de equações ao longo das duas direcções computacionais. Devido a este facto, a paralelização óbvia do TDMA requer a utilização de uma redistribuição de dados no seu interior, o que impediu a obtenção de um bom desempenho na paralelização.

Esta situação foi ultrapassada com a verificação de que para o problema físico em estudo se obtinha convergência dos resultados utilizando uma única parte do TDMA, o que permitiu triplicar o melhor speed-up anteriormente obtido. Com esta modificação no TDMA foram registados valores de speed-up entre 1.34 e 9.09, para conjuntos de processadores entre 2 e 20 e uma malha de 800 x 800 nós. A maior eficiência obtida no trabalho presente foi de 67% para 2 processadores.

Abstract

In the present work the parallelisation of Computational Fluid Mechanics program, based on the SIMPLE algorithm which was implemented using the HPF language (High Performance Fortran). The HPF is a Fortran 90 extension, based in the data parallel programming paradigm, that works in SMP (Symmetric Multiple Processing) systems and SMP clusters.

The simulations were performed in the Bewolf cluster located at the Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto. This cluster uses 23 Intel PIII processors (the master at 550 MHz and the others at 450 MHz), connected by a dedicated ethernet network with 100 Mbit/s.

The HPF revealed itself to be an easy programme language, enabling a rapid adaptation from existing sequential codes to parallel codes. Contrary to other parallelisation techniques, in HPF codes the communications are implemented by the compiler rather than by the user, and the parallelisation level (the number of processors in use) can be modified by changing a single parameter in the source code. So, the HPF is a parallelisation technique with small maintenance costs, not requiring large modifications of the source code for different situations.

However, the HPF showed itself to be less efficient than, for example, the domain decomposition technique with communications programmed using message passing languages. Thus, when the maximum performance is the final aim HPF should not be used. In our case, the simulation of the fluid flow inside a square cavity with sliding lid, the HPF produced speed-up of 0.42 for two processors using 80 x 80 grid.

The biggest HPF deficiency is the large communication times associated with data distribution instructions. In our code, the TDMA solver was used for solving the resulting algebraic equations in the two computational directions. The obvious parallelisation solution for the TDMA solver uses a data redistribution instruction in the algorithm (TDMA) which prevents good parallelisation results.

This difficulty was suppressed by verifying that, in the actual physical problem, the use of one single part of the solver was enough for the obtention of converged results, allowing the triplication of the previous maximum speed-up. Using this technique, the speed-up results were between 1.34 and 9.09, using between 2 and 20 processors for a 800 x 800 grid. The biggest efficiency value was 67% with 2 processors.