

Résumé

Ce travail vise à étudier l'adéquation de divers outils de parallélisation s'inscrivant dans le cadre du parallélisme de données à l'écriture, la transformation et la parallélisation de programmes de calculs scientifiques.

Après une première partie consacrée à la présentation de deux outils, le deuxième chapitre s'intéresse à l'utilisation de PEI, langage équationnel, pour la transformation de programmes et leur parallélisation : on montre comment ce langage permet de prendre un programme pour matrices pleines, et de le transformer en programme pour matrices creuses par la définition de quelques fonctions. La parallélisation du programme résultant s'en suit, grâce à la représentation basée sur l'alignement des données que permet ce langage.

Dans une troisième partie, on montre l'intérêt de la modélisation polyédrique des nids de boucles telle qu'elle est faite par le logiciel OPERA, en s'appuyant sur la paral-

lélisation d'un code de mécanique des fluides. Ce type de modélisation permet en effet de représenter visuellement le problème, ce qui aide à la détection du parallélisme. D'autre part, nous montrons comment la modélisation mathématique sous-jacente permet de minimiser les communications dans ce problème, par application de techniques d'optimisation d'accès à la mémoire aux cas de communications. Une série d'expérimentations permet finalement de valider l'approche.

Enfin, une dernière partie présente une comparaison entre deux outils pour la parallélisation de la factorisation de Cholesky. L'un est axé sur une approche par parallélisme de données alors que l'autre propose une approche centrée sur les instructions. Il s'avère que cette dernière approche permet une parallélisation automatique un peu meilleure, alors que la première propose une meilleure représentation du programme en vue de sa compréhension.

Mots-clés : parallélisme, transformation de programmes, applications numériques, parallélisation automatique, parallélisme de données, modèle polyédrique, minimisation des communications, calculs creux

Software tools study for parallelization and transformation of programs in numerical computation applications

Abstract

This work studies several programs' parallelization and transformation tools, coming from the data parallelism framework, in the context of scientific computation.

After a first part dedicated to the description of two tools, a second chapter deals with PEI, an equational language, and its interest for program transformation and parallelization. A program for dense matrix can be transformed in a program for sparse matrix thanks to this language, with the simple definition of some functions. Matrix vector multiplication is used as an example : the dense program is first transformed into a sparse one and then easily parallelized, due to the program representation based on data alignment.

A third part presents a study about the interest of the OPERA tool for the parallelization of a fluid mechanics program. OPERA's nest loops modelization, based on the

polytope model, allows a useful visual representation of the problem, helping to detect parallelism. Furthermore, the mathematical modelization underlying the tool allows to minimize the number of communications in this problem. More precisely, techniques of memory access optimization depending on the polytope model can easily be adapted to the problem of communications minimization. At last, a series of experimentations helps to validate this approach.

A fourth and last part shows a comparison between two parallelization tools, on the Cholesky factorization's problem. One of them has a data parallel approach whereas the other deals with instructions rather than datas. This last one appears to be a bit more efficient when it comes to automatic parallelization, whereas the first one turns out to be more helpful to understand programs behaviour.

Keywords : parallel computing, programs transformation, numerical applications, automatic parallelization, data parallelism, polytope model, communications minimization, sparse computation

Discipline : Informatique

Thèse préparée au sein du :

L.S.I.I.T. (Laboratoire des Sciences de l'Image, de l'Informatique et de la Télédétection)

UA CNRS 7005

Équipe I.C.P.S. (Image et Calcul Parallèle Scientifique)

Pôle API

Boulevard Sébastien Brant

F-67400 Illkirch