Informatik-Fachberichte 246

Herausgeber: W. Brauer
im Auftrag der Gesellschaft für Informatik (GI)

Thomas Bräunl

Massiv parallele Programmierung mit dem Parallaxis-Modell

Springer-Verlag
Berlin Heidelberg New York London
Paris Tokyo Hong Kong Barcelona

Autor

Thomas Bräunl
Universität Stuttgart, Institut für Informatik
Azenbergstr. 12, D-7000 Stuttgart 1

CR Subject Classification (1987): D.1.3, D.3.3, C.1.2, C.2.1

ISBN-13:978-3-540-52853-1 e-ISBN-13:978-3-642-84245-0
DOI: 10.1007/978-3-642-84245-0

CIP-Titelaufnahme der Deutschen Bibliothek

2145/3140-543210 - Gedruckt auf säurefreiem Papier

Vorwort

Die vorliegende Arbeit entstand während meiner Zeit als wissenschaftlicher Mitarbeiter der Universität Stuttgart am Lehrstuhl für Programmiersprachen und ihre Übersetzer, bei Herrn Prof. Dr. Gerhard Barth (inzwischen Leiter des Deutschen Forschungszentrums für Künstliche Intelligenz in Kaiserslautern, DFKI), sowie während meines fast zweijährigen Aufenthalts in den USA, an der University of Southern California, Los Angeles, der durch ein Stipendium der Fulbright-Kommission ermöglicht wurde.

Dieses Buch gliedert sich in fünfzehn Kapitel und einen Anhang. Nach der Einleitung und der Definition der Anforderungen an das parallele Modell in Kapitel 1 und 2 werden in Kapitel 3 einige grundlegende Konzepte der parallelen Programmierung dargestellt. Hier wird sowohl auf Rechnerarchitekturen als auch auf parallele Operationen und deren Realisierungen durch bekannte Konstrukte zur Parallelverarbeitung und Synchronisation eingegangen.

In Kapitel 4 werden die wichtigsten Punkte des hier vorgestellten parallelen Modells knapp dargestellt. Die Kernpunkte sind die Spezifikation der Netzwerkstruktur sowie die Konstrukte zur parallelen Ausführung und zum parallelen Datenaustausch zwischen Prozessoren.

Kapitel 5 ist der Spezifikation der Rechnerarchitektur gewidmet. Nach der Beschreibung des verwendeten SIMD-Maschinenmodells wird eine funktionale Syntax vorgestellt, mit der jede beliebige Verbindungsstruktur definiert werden kann. Im Anschluß an zwei Erweiterungen der Spezifikations-Konstrukte werden typische Verbindungsstrukturen mit ihren Spezifikationen in dieser Syntax dargestellt. Die Behandlung möglicher Fehlerquellen in einer Netzwerk-Spezifikation und ihre Erkennung während der Übersetzung sowie eine Diskussion mächtigerer Spezifikations-Konstrukte beenden das Kapitel.

Die in den beiden Kapiteln 6 und 7 eingeführten Sprachelemente zur parallelen/vektorisierten Ausführung von Anweisungen, zur Selektion von Prozessor-Gruppen und zum parallelen Datenaustausch zwischen Prozessoren bauen auf der zuvor definierten Struktur des Verbindungsnetzwerkes auf. Wichtig sind auch die Operationen zur Datenreduktion und für den Datentransfer zwischen zentralem Steuerrechner und parallelen Einheiten, da diese die Verbindung der parallelen Prozessoren zu den Ein-/Ausgabemedien realisieren.

Kapitel 8 gibt eine formale Definition der parallelen Sprachkonzepte aus den Kapiteln 5 und 6. Durch eine denotationale Semantik wird die Wirkung jedes Sprachkonstruktes eindeutig festgelegt. Beweisregeln werden vom sequentiellen auf den parallelen Fall übertragen und können zum Korrektheitsbeweis paralleler Programme verwendet werden. Für einige beispielhafte Programmfragmente werden mit Hilfe dieser Regeln die parallelen Vorbedingungen bestimmt.

Die Lokalität von Variablen, insbesondere die Zweiteilung in skalare Variablen des Steuerrechners und Vektoren, die komponentenweise in lokalen Speichern der parallelen Prozessoren abgelegt sind, bildet einen Schwerpunkt von Kapitel 9. Darüber hinaus wird eine erweiterte Typtheorie mit einem zur Übersetzungszeit überprüfbaren Einheitensystem vorge-

stellt. Neben vordefinierten Einheiten besteht auch die Möglichkeit, ein beliebiges Einheitensystem in der Sprache selbst zu definieren.

Die derzeitige Implementierung des parallelen Modells mit der Sprache *Parallaxis* wird in Kapitel 10 vorgestellt. Nach einer maschinen-unabhängigen Übersetzung in eine Zwischensprache kann in einem zweiten Schritt maschinen-spezifischer Code generiert werden, oder ein Simulator übernimmt die Programmausführung. Zwischensprache, Compiler, Simulator und graphische Werkzeuge sind im Detail beschrieben.

Kapitel 11 und 12 beschreiben Anwendungen von Parallaxis. Neben der systolischen Programmierung mit dem Beispiel einer parallelen Matrix-Multiplikation werden Lösungsansätze für Probleme auf den Gebieten der Computer-Graphik, Bilderkennung, Neuronalen Netze und Robotik beschrieben.

Der Einsatz von Parallaxis in einem Parallelrechner-System wird in Kapitel 13 diskutiert, während sich Kapitel 10 auf einen Simulator beschränkt. Es werden theoretische Überlegungen zu Leistungswerten und möglichem Parallelitätsgewinn angestellt.

Anschließend, in Kapitel 14, werden die vorgestellten Parallelitätskonzepte mit einer Reihe verschiedener aktueller Forschungsansätze verglichen. Besonderes Augenmerk wird hierbei auf Ausdruckskraft, Klarheit und Effizienz der Modelle und Sprachkonstrukte gelegt.

Ein Ausblick in Kapitel 15 beschließt die Arbeit. Im Anhang finden sich die Syntaxbeschreibungen von Parallaxis und der parallelen Zwischensprache, vollständige Beispielprogramme für vier typische Probleme sowie das Literaturverzeichnis.

Das in diesem Buch beschriebene massiv parallele System "Parallaxis"
ist als Public-Domain Software mit Compiler und Simulator erhältlich.
Zur Zeit gibt es Versionen für Apollo, Sun, HP, IBM-PC und Macintosh.
Adresse: Thomas Bräunl, Universität Stuttgart, Fakultät Informatik,
Postfach 10 60 37, D-7000 Stuttgart 10

Danksagung

Ich möchte mich an dieser Stelle recht herzlich bei allen meinen Freunden und Kollegen bedanken, die mich bei der Anfertigung meiner Dissertation unterstützt haben.

Prof. Dr. Landfried, Präsident der Universität Kaiserslautern, Prof. Dr. von Puttkamer, Prof. Dr. Siekmann und der Fulbright-Kommission danke ich für ihren Einsatz und ihr Vertrauen, mit dem sie mir ein Stipendium an der University of Southern California ermöglichten. Für viele neue Ideen und die gute Zusammenarbeit während meiner Zeit in Kalifornien danke ich Prof. Dr. Arbab, Prof. Dr. Ginsburg, Prof. Dr. Hwang und Prof. Dr. Weinberg von USC, Los Angeles.

Herzlicher Dank für unzählige wertvolle Gespräche und Diskussionen, Verbesserungsvorschläge und das Korrekturlesen dieser Arbeit gebührt meinen Gutachtern Prof. Dr. Gerhard Barth und Prof. Dr. Jochen Ludewig, sowie meinem Kollegen Andreas Zell. Für kritische Anmerkungen zum Manuskript möchte ich mich bei Astrid Beck bedanken.

Ich bedanke mich für die gute Zusammenarbeit bei meinen Stuttgarter Studienarbeitern Ingo Barth, Frank Sembach und Karsten Krauskopf, meinen Praktikanten Bruno Schulze und Oliver Christ, sowie meinem hilfswissenschaftlichen Mitarbeiter Roland Becker. Sie haben wesentlichen Anteil an der Implementierung des in dieser Arbeit vorgestellten Systems und haben darüber hinaus in zahlreichen Besprechungen viele Verbesserungsvorschläge eingebracht.

Schließlich geht mein Dank an die Fakultät Informatik der Universität Stuttgart und die Deutsche Forschungsgemeinschaft. Sie haben meine Teilnahme an internationalen Informatik-Konferenzen finanziell unterstützt, bei denen ich meine Arbeit einem breiten wissenschaftlichen Publikum vorstellen konnte.

Stuttgart, im April 1990 Thomas Bräunl

Inhaltsverzeichnis

Anhang