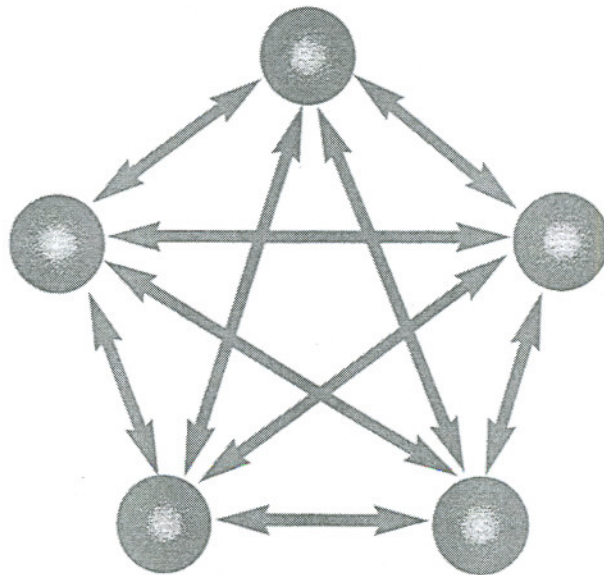
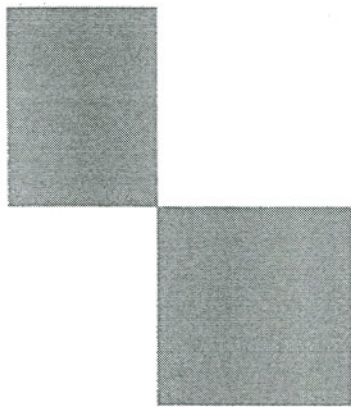


Götz Alefeld
Ingrid Lenhardt
Holger Obermaier

Parallele numerische Verfahren



Springer

G. Alefeld • I. Lenhardt • H. Obermaier

Parallele numerische Verfahren



Springer

Professor Dr. Götz Alefeld
Dr. Ingrid Lenhardt
Dipl.-Math.-techn. Holger Obermaier
Universität Karlsruhe (TH)
Institut für Angewandte Mathematik
Englerstraße 2
76128 Karlsruhe, Deutschland

Die Deutsche Bibliothek - CIP-Einheitsaufnahme

Alefeld, Götz
Parallele numerische Verfahren / Götz Alefeld; Ingrid Lenhardt; Holger Obermaier. - Berlin;
Heidelberg; New York; Barcelona; Hongkong; London; Mailand; Paris; Tokio: Springer, 2002
ISBN 3-540-42519-5

Mathematics Subject Classification (2000): 68W10, 65Y05

ISBN 3-540-42519-5 Springer-Verlag Berlin Heidelberg New York

Dieses Werk ist urheberrechtlich geschützt. Die dadurch begründeten Rechte, insbesondere die der Übersetzung, des Nachdrucks, des Vortrags, der Entnahme von Abbildungen und Tabellen, der Funk- sendung, der Mikroverfilmung oder der Vervielfältigung auf anderen Wegen und der Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen, bleiben, auch bei nur auszugsweiser Verwertung, vorbehalten. Eine Ver- vielfältigung dieses Werkes oder von Teilen dieses Werkes ist auch im Einzelfall nur in den Grenzen der gesetzlichen Bestimmungen des Urheberrechtsgesetzes der Bundesrepublik Deutschland vom 9. Sep- tember 1965 in der jeweils geltenden Fassung zulässig. Sie ist grundsätzlich vergütungspflichtig. Zuwi- derhandlungen unterliegen den Strafbestimmungen des Urheberrechtsgesetzes.

Springer-Verlag Berlin Heidelberg New York
ein Unternehmen der BertelsmannSpringer Science+Business Media GmbH
<http://www.springer.de>
© Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2002
Printed in Germany

Die Wiedergabe von Gebrauchsnamen, Handelsnamen, Warenbezeichnungen usw. in diesem Werk be- rechtigt auch ohne besondere Kennzeichnung nicht zu der Annahme, daß solche Namen im Sinne der Warenzeichen- und Markenschutz-Gesetzgebung als frei zu betrachten wären und daher von jeder- mann benutzt werden dürfen.

Einbandgestaltung: *design&production, Heidelberg*
Satz: Datenerstellung durch die Autoren unter Verwendung von \LaTeX
Gedruckt auf säurefreiem Papier SPIN 10848989

44/3142ck-5 4 3 2 1 0

Auflösung von linearen Gleichungssystemen ist heute die Methode der konjugierten Gradienten. Diese wird im vierten Kapitel hergeleitet, die für schnelle Konvergenz notwendige Vorkonditionierung diskutiert und schließlich die Parallelisierung des Verfahrens besprochen. Kapitel 5 erklärt die grundlegenden Ideen des Mehrgitterverfahrens sowie Bemerkungen zur parallelen Programmierung. Im sechsten Kapitel findet man zunächst eine parallelisierte Variante des klassischen Jacobi-Verfahrens zur Berechnung aller Eigenwerte einer symmetrischen Matrix. Es folgen Betrachtungen zur Parallelisierung des Housholder-Verfahrens, bei welchem eine symmetrische Matrix auf Tridiagonalgestalt gebracht wird, sowie zur Berechnung der Eigenwerte von Tridiagonalmatrizen. Schließlich wird mit dem Divide-and-Conquer-Verfahren ein typischer Vertreter von Verfahren diskutiert, die auf Parallelrechner zugeschnitten sind. Im siebten Kapitel wird als Motivation für die Verwendung des Gauß-Algorithmus die approximative Lösung von Integralgleichungen herangezogen. Das Nyström-Verfahren zur Berechnung einer Näherungslösung einer Integralgleichung erfordert die Auflösung eines vollbesetzten linearen Gleichungssystems. Hierin wird der Gauß-Algorithmus mit Pivotsuche in einer parallelisierten Version verwendet.

Im achten Kapitel befinden sich eine Reihe von Aufgaben, die zur Übung und zum tieferen Verständnis des in den vorangehenden Kapiteln behandelten Materials dienen können. Am Anfang findet man eine Reihe von so genannten elementaren Aufgaben, z.B. Diskussion des Speed-up, ein erstes paralleles Programm, Punkt-zu-Punkt-Kommunikation mit MPI. Es schließt sich eine ausführliche Aufgabe zur Matrix-Vektor-Multiplikation an. Die nächste Aufgabe befasst sich mit verschiedenen Aspekten der parallelen Programmierung des SOR-Verfahrens. Da die Auflösung eines linearen Gleichungssystems mit einer Tridiagonalmatrix ein häufig auftretendes Teilproblem darstellt, wird die Parallelisierung in einer weiteren Aufgabe behandelt. Zur Graphpartitionierung werden zwei Aufgaben gestellt. Die erste dient dem Verständnis der Grundlagen, die zweite verwendet vorgefertigte Programmpakete. Die weiteren Aufgaben behandeln die parallele Programmierung der Methode der konjugierten Gradienten, des Jacobi-Verfahrens zur Eigenwertberechnung und des Nyströmverfahrens. Wo es als notwendig erachtet wurde, finden sich Hinweise und unterstützende Bemerkungen zur Bearbeitung sowie eine ausführliche Diskussion der Ergebnisse.

Die Programmieraufgaben wurden auf einem als Parallelrechner verwendeten Linux-Cluster gerechnet, dessen Aufbau im Anhang A detailliert beschrieben ist. Diese Beschreibung beginnt mit der Diskussion möglicher Hardware-Komponenten. Daran schließt sich die Vermittlung von Kenntnissen zum Betriebssystem und zur Rechnerverwaltung an. Schließlich wird der Einsatz von parallelen Programmbibliotheken und die Verwendung paralleler Software angesprochen. Der tatsächliche physikalische Aufbau des Linux-Clusters ist vom dritten Autor durchgeführt worden. Von ihm stammt auch die Abfassung des Anhangs.

Die erstellten Programme findet man unter

http://iamlasun8.mathematik.uni-karlsruhe.de/parallel_2001

Interessenten, die einen Einblick in die kommerzielle Nutzung von Parallelrechnern, z. B. in der Strukturmechanik, bekommen möchten, wird empfohlen, neben der Bearbeitung der angegebenen Aufgaben mit dem zur Lösung von Problemen aus der Strukturmechanik international stark eingesetzten Programmpaket LS-Dyna Erfahrungen zu sammeln. Eine Zusammenstellung von wichtigen Beispielen wurde von I. Guilloteau und K. Schweizerhof erarbeitet (siehe [32]). Beiden sind wir für die reibungslose Zusammenarbeit im Rahmen eines gemeinsamen vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) finanzierten Forschungsprojektes zu großem Dank verpflichtet.

Bedanken möchten wir uns an dieser Stelle insbesondere auch bei Herrn Professor Dr. A. Frommer, Wuppertal, für die Überlassung von Teilen aus [12], die in Kapitel 6 eingegangen sind.

Schließlich möchten wir uns an dieser Stelle für die Unterstützung durch das Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF), insbesondere auch für die Beratung durch Herrn R. Krahl bedanken, durch welche die Beschaffung des im Anhang A beschriebenen Linux-Clusters ermöglicht wurde.

Alle eventuell noch vorhandenen Mängel liegen in der alleinigen Verantwortung der Autoren. Anregungen und Verbesserungsvorschläge werden dankbar entgegengenommen.

Karlsruhe, den 31.12.2001

G. Alefeld

I. Lenhardt

H. Obermaier