

Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung	1
---------------------	---

Teil I. Architektur

2. Architektur von Parallelrechnern	7
2.1 Entwicklung von Mikroprozessoren	8
2.2 Parallelität auf Prozessorebene	11
2.3 Klassifizierung von Parallelrechnern	17
2.4 Speicherorganisation von Parallelrechnern	20
2.4.1 Rechner mit physikalisch verteiltem Speicher	21
2.4.2 Rechner mit physikalisch gemeinsamem Speicher	25
2.4.3 Reduktion der Speicherzugriffszeiten	28
2.5 Verbindungsnetzwerke von Parallelrechnern	33
2.5.1 Bewertungskriterien für Netzwerke	34
2.5.2 Direkte Verbindungsnetzwerke	37
2.5.3 Einbettungen	44
2.5.4 Dynamische Verbindungsnetzwerke	46
2.6 Routing- und Switching-Strategien	54
2.6.1 Routingalgorithmen	54
2.6.2 Switching	64
2.6.3 Flußkontrollmechanismen	73
2.7 Caches und Speicherhierarchien	74
2.7.1 Charakteristika von Cache-Speichern	75
2.7.2 Cache-Kohärenz	85
2.7.3 Speicherkonsistenz	93
2.8 Beispiele realer Parallelrechner	99
2.8.1 Busbasierte Systeme	100
2.8.2 Verteilter Adreßraum	102
2.8.3 Gemeinsamer Adreßraum: UMA	104
2.8.4 Gemeinsamer Adreßraum: NUMA	107
2.8.5 Gemeinsamer Adreßraum: CC-NUMA	109
2.8.6 Gemeinsamer Adreßraum: COMA	115
2.8.7 Clustermaschinen und Workstationnetze	118

Teil II. Programmierung

3. Parallele Programmiermodelle	123
3.1 Modelle paralleler Rechnersysteme	124
3.2 Parallelisierung von Programmen	127
3.3 Ebenen der Parallelität	130
3.3.1 Parallelität auf Instruktionsebene	130
3.3.2 Datenparallelität	131
3.3.3 Parallele Schleifen	134
3.3.4 Funktionsparallelität	136
3.4 Explizite und implizite Darstellung der Parallelität	138
3.5 Strukturierung paralleler Programme	141
3.6 Datenverteilungen für Felder	143
3.7 Informationsaustausch	148
3.7.1 Gemeinsame Variablen	148
3.7.2 Kommunikationsoperationen	151
3.7.3 Parallele Matrix-Vektor-Multiplikation	159
4. Message-Passing-Programmierung	165
4.1 Einführung in MPI	166
4.1.1 Einzeltransferoperationen	168
4.1.2 Globale Kommunikationsoperationen	182
4.1.3 Auftreten von Deadlocks	195
4.1.4 Prozeßgruppen und Kommunikatoren	197
4.1.5 Prozeßtopologien	203
4.1.6 Zeitmessung und Abbruch der Ausführung	208
4.2 Einführung in PVM	209
4.2.1 Programmiermodell	209
4.2.2 Prozeßkontrolle	210
4.2.3 Austausch von Nachrichten	213
4.2.4 Verwaltung von Prozeßgruppen	215
4.3 Einführung in MPI-2	217
4.3.1 Prozeßerzeugung und -verwaltung	218
4.3.2 Einseitige Kommunikation	220
5. Programmierung mit gemeinsamen Variablen	231
5.1 Thread-Programmierung	232
5.1.1 Begriffsklärung und Motivation	232
5.1.2 Programmiermodell und Grundlagen für Pthreads	238
5.1.3 Erzeugung und Verwaltung von Pthreads	241
5.1.4 Koordination von Threads	243
5.1.5 Implementierung eines Taskpools	255
5.1.6 Steuerung und Abbruch von Threads	259

5.2	OpenMP	273
5.2.1	Steuerung der parallelen Abarbeitung	274
5.2.2	Koordination von Threads	283
5.3	Einführung in p4	288
5.3.1	Monitore und gemeinsamer Adreßraum	291
5.3.2	Vordefinierte Monitore	292
6.	Laufzeitanalyse paralleler Programme	299
6.1	Leistungsbewertung von Rechnersystemen	300
6.1.1	MIPS und MFLOPS	302
6.1.2	Leistung von Mikroprozessoren mit Cachespeichern ...	304
6.1.3	Benchmarkprogramme	306
6.2	Parallele Leistungsmaße	310
6.3	Modellierung von Laufzeiten	314
6.3.1	Realisierung von Kommunikationsoperationen	316
6.3.2	Parameterbestimmung durch Ausgleichsrechnung	335
6.3.3	Laufzeitformeln für Kommunikationsoperationen	339
6.4	Analyse von Laufzeitformeln	342
6.4.1	Paralleles Skalarprodukt	343
6.4.2	Parallele Matrix-Vektor-Multiplikation	345
6.5	Parallele Berechnungsmodelle	347
6.5.1	PRAM-Modelle	348
6.5.2	BSP-Modell	349
6.5.3	LogP-Modell	352

Teil III. Algorithmen

7.	Lösung von Linearen Gleichungssystemen	357
7.1	Gauß-Elimination	358
7.1.1	Beschreibung der Methode	358
7.1.2	Parallele zeilenzyklische Implementierung	362
7.1.3	Parallele gesamtzyklische Implementierung	366
7.1.4	Laufzeitanalyse der gesamtzyklischen Implementierung	372
7.2	Direkte Verfahren für Gleichungssysteme mit Bandstruktur ..	376
7.2.1	Diskretisierung der Poisson-Gleichung	377
7.2.2	Lösung von Tridiagonalsystemen	383
7.2.3	Verallgemeinerung auf beliebige Bandmatrizen	394
7.2.4	Anwendung auf die Poisson-Gleichung	396
7.3	Klassische Iterationsverfahren	399
7.3.1	Beschreibung iterativer Verfahren	399
7.3.2	Parallele Realisierung des Jacobi-Verfahrens	403
7.3.3	Parallele Realisierung des Gauß-Seidel-Verfahrens ...	404
7.3.4	Rot-Schwarz-Anordnung	410

7.4	Methode der konjugierten Gradienten	417
7.4.1	Herleitung der Methode	418
7.4.2	Parallelisierung des CG-Verfahrens	420
8.	Nichtlineare Gleichungssysteme	425
8.1	Fixpunktiteration	426
8.2	Newton-Verfahren	429
8.3	Parallele Implementierung	432
8.3.1	Parallele zeilenzyklische Implementierung	434
8.3.2	Parallele gesamtzyklische Implementierung	436
9.	Gewöhnliche Differentialgleichungssysteme	439
9.1	Explizite Runge-Kutta-Verfahren	443
9.2	Iterierte Runge-Kutta-Verfahren	449
9.3	Vergleich expliziter Verfahren	457
9.4	Implizite Runge-Kutta-Verfahren	464
9.4.1	Parallele Implementierung des Standardverfahrens	465
9.4.2	Diagonal-implizit iteriertes RK-Verfahren	466
9.4.3	Parallele Implementierung des DIIRK-Verfahrens	470
9.5	Extrapolationsverfahren	484
9.5.1	Grundalgorithmus	484
9.5.2	Parallele Implementierung	487
9.5.3	Vergleich der Varianten	495
9.6	Zusammenfassung und Ausblick	496
10.	Irreguläre Algorithmen	499
10.1	Cholesky-Faktorisierung für dünnbesetzte Matrizen	501
10.1.1	Sequentieller Algorithmus	501
10.1.2	Abspeicherungsschemata für dünnbesetzte Matrizen	507
10.1.3	Implementierung für gemeinsamen Adreßraum	510
10.2	Hierarchische Algorithmen	518
10.2.1	Klassisches Radiosity-Verfahren	519
10.2.2	Hierarchisches Radiosity-Verfahren	525
10.2.3	Strahlungsbasierte Zerlegung	529
10.2.4	Implementierung für gemeinsamen Adreßraum	532
	Glossar	535
	Literatur	545
	Index	555