



Zentralübung Rechnerstrukturen: Parallelismus, Parallele Programmierung und Verbindungsstrukturen

3. Übungsblatt

Hinweis

Teile des Übungsblattes bauen auf Inhalten auf, die zum aktuellen Zeitpunkt noch nicht in der Vorlesung behandelt wurden. Der Grund hierfür liegt in einer Umstellung der Reihenfolge der Übungen, die aus terminlichen Gründen nicht zu vermeiden war.

Zur Beantwortung der Fragen wird das Studium der auf der Homepage der Vorlesung genannten Literatur empfohlen – hier insbesondere das Buch „Parallelrechner und parallele Programmierung“ von Theo Ungerer – sowie der Folien der Rechnerstrukturenvorlesung aus dem Sommersemester 2007.

1 Leistungsbewertung

1.1

Gegeben sei ein Multiprozessorsystem mit 16 Prozessoren. Die Leistungssteigerung gegenüber einem Einprozessorsystem sei $S(16) = 8$. Die Ausführungszeit auf dem Einprozessorsystem sei $T(1) = 80$ und die Anzahl der auszuführenden Einheitsoperationen auf dem Multiprozessorsystem sei $P(16) = 16$.

- Berechnen Sie die Effizienz $E(16)$, die parallele Ausführungszeit $T(16)$ und den Parallelindex $I(16)$.
- Ermitteln Sie anhand von Amdahls Gesetz den Bruchteil der Programme, der nur sequentiell ausführbar ist.

1.2

Die Ausführungszeit einer sequentiellen Anwendung betrage T Sekunden. Von dieser Anwendung lassen sich 20 % nicht parallelisieren. Die verbleibenden 80 % werden zwischen den

Prozessoren fair verteilt. „Fair“ bedeutet, daß jeder Prozessor ungefähr den gleichen Anteil der zu parallelisierenden Aufgabe bearbeitet und jeder gleichviel Zeit benötigt. Beispielsweise betrage die Ausführungszeit der parallelen Anteile der Anwendung 20 % der sequentiellen Ausführungszeit, wenn vier Prozessoren sie ausführen.

- Setzen Sie voraus, daß die Parallelisierung keinen Aufwand verursacht. Berechnen Sie die Beschleunigung und die Effizienz bei einer unterschiedlichen Anzahl von Prozessoren. Fügen Sie die Ergebnisse in die vorgegebenen Tabelle ein. Evaluieren Sie zusätzlich die Skalierbarkeit der einzelnen Lösungen.

	$P = 2$	$P = 4$	$P = 8$	$P = 16$	$P = 32$
Beschleunigung					
Effizienz					

- Zur Steigerung der Genauigkeit der Berechnung nehmen Sie nun an, daß durch jeden zusätzlichen Prozessor ein Aufwand von 1 % der sequentiellen Ausführungszeit eingefügt wird. Berechnen Sie Beschleunigung und Effizienz für 64 Prozessoren.

1.3

Ein Einprozessorsystem soll erweitert werden. Es existieren folgende, in der Anschaffung gleichteure Alternativen:

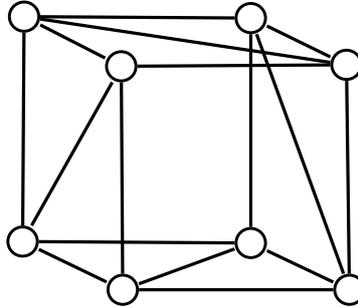
- Einsetzen eines mathematischen Koprozessors.
Dieser bietet eine zweifach schnellere Ausführung der Gleitkommaarithmetik als der vorhandene Systemprozessor. Es ist allerdings keine parallele Verarbeitung, d.h. der gleichzeitige Einsatz von Haupt- und Koprozessor, möglich.
- Ausbau zu einem 2-fach SMP-System,
d.h. die Installation eines zweiten zum vorhandenen identischen Hauptprozessor.

Das zu bearbeitende Problem ist zu 25 % parallelisierbar. Der Anteil der Gleitkommaarithmetik am Gesamtprogramm beträgt 30 %. Bestimmen Sie, welche der beiden Möglichkeiten unter dem Gesichtspunkt der Ausführungszeit zu bevorzugen ist.

2 Verbindungsstrukturen

2.1 Statische Verbindungsstrukturen

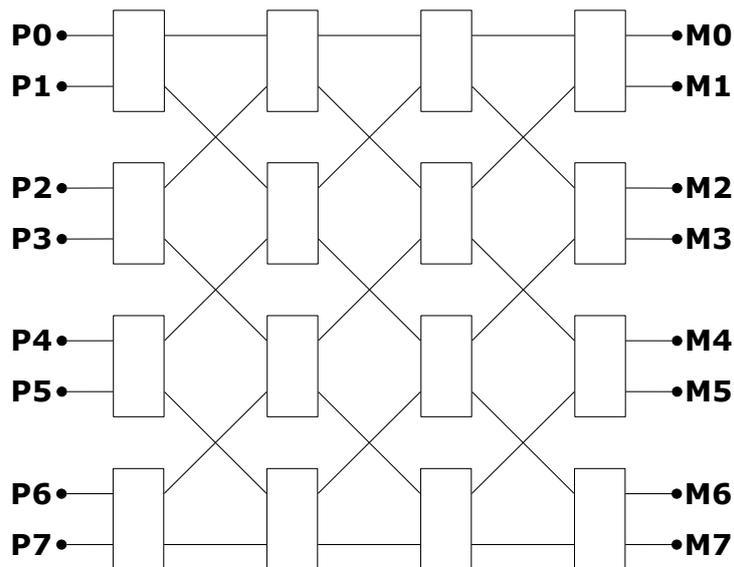
Gegeben sei ein Verbindungsnetzwerk mit der nachfolgend dargestellten Topologie:



- Bestimmen Sie den Verbindungsgrad, den Durchmesser, die minimale Bisektionsbreite, die Diskonnektivität und die Kosteneffektivität.
- Um welche Art eines Verbindungsnetzwerkes handelt es sich in diesem Fall?
- Liegt Redundanz vor? Wenn ja, wieviele Verbindungsleitungen können ausfallen bevor eine Verbindung zwischen zwei beliebigen Knoten nicht mehr geschaltet werden kann?
- Vergleichen Sie diese Netzwerktopologie mit den Topologien (unidirektionaler) Ring, 2D-Gitter, (binärer) Baum und Hyperkubus in den Punkten Verbindungsgrad, Durchmesser, minimale Bisektionsbreite, Diskonnektivität und Kosteneffektivität

2.2 Dynamische Verbindungsstrukturen

Gegeben sei ein dynamisches Verbindungsnetzwerk, das 8 Prozessoren (P0 – P7) mit 8 Speichern (M0 – M7) wie folgt verbindet:



- a) Kann zwischen jedem Prozessor- und Speicherpaar eine Verbindung hergestellt werden?
- b) Kann jede Permutation generiert werden? Begründen Sie Ihre Antwort.
- c) Was ist die minimale Verbindungszahl ab der eine Blockierung auftritt? Geben Sie ein Beispiel an.
- d) Ist das Netzwerk redundant? Begründen Sie Ihre Antwort.

3 Parallele Programmierung

Eine Methode aus der Numerischen Mathematik arbeitet auf einem 2D-Torus mit $n*n$ Knoten. In jeder Iteration werden zwei Schritte durchgeführt. Im ersten Schritt werden die Zustände der Knoten, basierend auf ihrem aktuellen Zustand und den Zuständen ihrer Nachbarknoten, aktualisiert. Dazu müssen erst diese Zustände zuerst aus dem Speicher gelesen werden. Im zweiten Schritt werden die neuen Zustände zurück in den Speicher geschrieben.

Gegeben sei ein SMP-Knoten mit P Prozessoren.

- a) Berechnen Sie die Beschleunigung der Anwendung bei der Ausführung auf dem SMP-Knoten. Welches Problem tritt hierbei auf?

Um eine Leistungssteigerung zu erhalten, wird der SMP-Knoten durch eine NUMA-Architektur mit P Prozessoren und P Speichern ersetzt. Beachten Sie dabei folgende vereinfachende Annahme: Erfolgt ein Speicherzugriff auf einen entfernten Speicher, so benötigt ein Speichergriff zwei Zeiteinheiten.

- b) Welche Beschleunigung läßt sich erzielen, wenn die Zustände der Nachbarknoten immer aus entfernten Speichern abgerufen werden müssen?

4 Verständnisfragen

- a) Welche Vorteile bieten Netzwerke auf Basis eines 3D-Torus?
- b) Welche Vorteile bieten Netzwerke auf Basis eines Fat-Trees?
- c) Was sind die Vor- und Nachteile des Shared-Memory-Programmiermodells?
- d) Was sind die Vor- und Nachteile des Message-Passing-Programmiermodells?