Praktikum Parallele Numerik

Fabian Miltenberger, Sébastien Thill, Thore Mehr

Betreuer: Markus Hoffmann, Thomas Becker

Zusammenfassung Im Rahmen dieses Praktikums haben wir viel gelernt.

1 Projekt 1

In diesem Projekt lag der Schwerpunkt auf dem Kennenlernen der Bibliothek *OpenMP* sowie deren Handhabung. Weiter ging es um den *IntelThreadChecker*, ein Programm zum Analysieren von Programmcode auf potentielle Fehler in der Parallelisierung. Zu guter letzt haben wir uns mit der FEM-Methode beschäftigt, dabei im Speziellen mit dem Gauß-Seidel-Verfahren zum Lösen linearer Gleichungen wie sie bei der Differenzenmethode vorkommen. Zu guter letzt betrachteten wir einige andere Verfahren zum Lösen solcher Probleme und haben das CG-Verfahren implementiert.

1.1 Aufgabe 1

```
Hello World, this is Thread0
Hello World, this is Thread5
Hello World, this is Thread4
Hello World, this is Thread7
Hello World, this is Thread1
Hello World, this is Thread3
Hello World, this is Thread6
Hello World, this is Thread2
```

Listing 1.1. Beispielhafte Ausgabe des Programms bei Ausführung mit 8 Fäden.

Wie in der Auflistung 1.1 zu sehen, folgt die Reihenfolge der ausgeführten Fäden keinem bestimmten Muster. Die Reihenfolgen zwischen verschiedenen Ausführungen sind in der Regel verschieden.

1.2 Aufgabe 2

1.3 Aufgabe 3

a) Im Folgenden einige bekannte Größen der Parallelisierung, wie sie in der Vorlesung Rechnerstrukturen gelehrt wurden.

Vorab sei $T(n)$ die Ausführungszeit auf n Prozessoren, $P(n)$ die Anzahl der auszuführenden Einheitsoperationen und $I(n)$ der Parallelindex.

Der Speedup/die Beschleunigung $S(n)$:

$$S(n) = \frac{T(1)}{T(n)} \tag{1}$$

Die Effizienz $E(n)$:

$$E(n) = \frac{S(n)}{n} = \frac{T(1)}{n \cdot T(n)} \tag{2}$$

Der Mehraufwand $R(n)$:

$$R(n) = \frac{P(n)}{P(1)} \tag{3}$$

Die Auslastung $U(n)$:

$$U(n) = \frac{U(n)}{n} = R(n) \cdot E(n) = \frac{P(n)}{n \cdot T(n)} \tag{4}$$

b) **Race Condition**

Wettlaufsituationen Dabei hängt Ergebnis von konkreter Ausführungsreihenfolge ab (daher Wettlauf) Entsteht, wenn verschiedene Fäden auf gleiche Variable zugreifen, und mindestens ein Faden deren Wert manipuliert Korrektheit der Ergebnisse hängt von Ausführungsreihenfolge ab

Dead lock

Zyklus im Allokationsgraphen

c) Die Vor- und Nachteile verschiedener Architekturen bezüglich verschiedener Aspekte:

	Anwenderfreundlichkeit	Energieeffizienz
GPU	Gut	Mittel
CPU	Gut	Gering
FPGA	Gering	Sehr gut
MIC	Gut	Gut

Tabelle 1. Verschiedene Beschleuniger im Vergleich

1.4 Aufgabe 4

a) Ausführliche Beschreibung der Vorgehensweise...

b) Geht nicht...

c) Ausführliche Beschreibung der Vorgehensweise...
Abbildung zu Abhängigkeiten

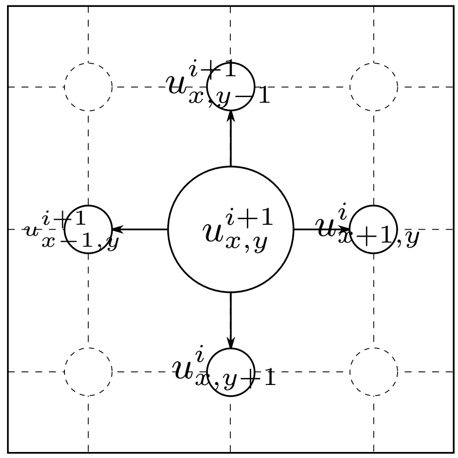

Abbildung 1. Abhängigkeiten eines Knoten der Iterierten i zu Nachbarknoten und deren Iterierten.

1.5 Aufgabe 5

a) Die Bedingungen lauten nach den Folien der FEM-Einführung:
Ω sei ein beschränktes Gebiet
Γ sei hinreichend glatt
$f : \Omega \to \mathbb{R}$ gegebene Funktion, wie es hier der Fall ist.

b) Gesucht ist f mit

$$u(x,y) = \sin(2M\pi x)\sin(2N\pi y) \tag{5}$$

Dies kann durch einfache Anwendung des *Laplace-Operators* Δ berechnet werden:

$$\begin{aligned} f(x,y) &= -\Delta u(x,y) \\ &= -\frac{\partial u}{\partial x^2} - \frac{\partial u}{\partial y^2} \\ &= -\frac{\partial}{\partial x}(2M\pi\cos(2M\pi x)\sin(2N\pi y)) - \frac{\partial}{\partial y}(2N\pi\sin(2M\pi x)\cos(2N\pi y)) \\ &= 4M^2\pi^2\sin(2M\pi x)\sin(2N\pi y) + 4N^2\pi^2\sin(2M\pi x)\sin(2N\pi y) \\ &= (M^2+N^2)4\pi^2\sin(2M\pi x)\sin(2N\pi y) \end{aligned} \tag{6}$$

$u_{0,0}^{i+1}$	$u_{1,0}^{i+1}$	$u_{2,0}^{i}$	$u_{3,0}^{i}$	$u_{4,0}^{i-1}$	$u_{5,0}^{i-1}$	$u_{6,0}^{i-2}$
$u_{0,1}^{i+1}$	$u_{1,1}^{i}$	$u_{2,1}^{i}$	$u_{3,1}^{i-1}$	$u_{4,1}^{i-1}$	$u_{5,1}^{i-2}$	$u_{6,1}^{i-2}$
$u_{0,2}^{i}$	$u_{1,2}^{i}$	$u_{2,2}^{i-1}$	$u_{3,2}^{i-1}$	$u_{4,2}^{i-2}$	$u_{5,2}^{i-2}$	$u_{6,2}^{i-3}$
$u_{0,3}^{i}$	$u_{1,3}^{i-1}$	$u_{3,3}^{i-1}$	$u_{3,3}^{i-2}$	$u_{5,3}^{i-2}$	$u_{5,3}^{i-3}$	$u_{7,3}^{i-3}$
$u_{0,4}^{i-1}$	$u_{1,4}^{i-1}$	$u_{2,4}^{i-2}$	$u_{3,4}^{i-2}$	$u_{4,4}^{i-3}$	$u_{5,4}^{i-3}$	$u_{6,4}^{i-4}$
$u_{0,5}^{i-1}$	$u_{1,5}^{i-2}$	$u_{2,5}^{i-2}$	$u_{3,5}^{i-3}$	$u_{4,5}^{i-3}$	$u_{5,5}^{i-4}$	$u_{6,5}^{i-4}$
$u_{0,6}^{i-2}$	$u_{1,6}^{i-2}$	$u_{2,6}^{i-3}$	$u_{3,6}^{i-3}$	$u_{4,6}^{i-4}$	$u_{5,6}^{i-4}$	$u_{6,6}^{i-5}$

Abbildung 2. Verdeutlichung der Vorgehensweise der Parallelisierung. Zuerst werden diejenigen Einträge von u parallel berechnet, die sich in grau Markierten Feldern befinden. Anschließend parallel die Einträge in den weißen Feldern. Es ist zu beachten, dass die Einträge $u_{x,y}$ für unterschiedliche Iterierte i berechnet werden.

c) Da in 6 $M, N \in \mathbb{N}$ beliebig, wählen wir $M = N = 1$ für die Lösung dieser Teilaufgabe. Damit ergibt sich

$$f(x, y) = 8\pi^2 \sin(2\pi x) \sin(2\pi y) \tag{7}$$

Die analytische Lösung $u(x, y)$ ist bereits aus der Aufgabenstellung mit Gleichung 5 gegeben und wird zur Überprüfung der Berechnung verwendet.

1.6 Aufgabe 6

a)
b)
c)

2 Parojekt 2