

Teilprojekt 1: Hybride Parallelisierung von Strömungssimulationen

NUSIM Projektbericht – April 2012



TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
DARMSTADT

Ziel: Hybride Parallelisierung von Fastest

- Hybride Parallelisierung: Kombination mehrerer Parallelisierungstechniken, z.B. MPI + Multithreading (OpenMP)
- FASTEST: Programmpaket zur Simulation turbulenter Strömungen mit vorhandener MPI Parallelisierung

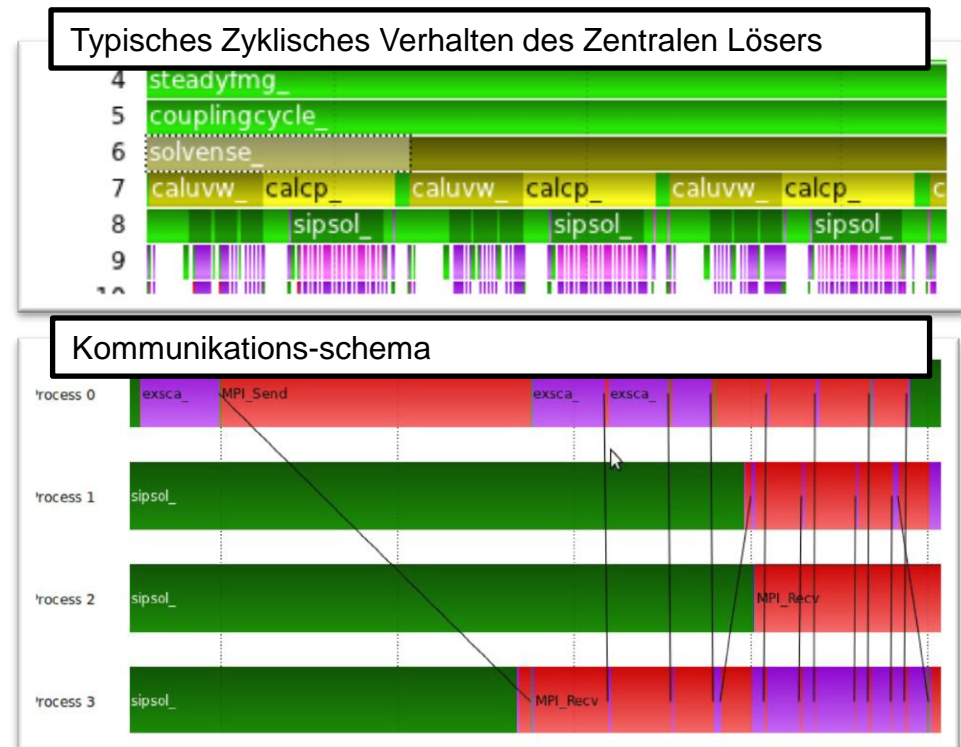
Voraussichtliche Vorteile:

- Geringerer Speicherverbrauch aufgrund Reduzierter Daten-duplikate im Hauptspeicher
- Verbesserte Ausnutzung vorhandenen Rechenleistung

1. Initiale MPI Effizienz-Untersuchung
2. Identifizierung von rechenintensiven Rechen-“Kernen“
3. Entwicklung, Implementierung und Evaluation von Ansätzen zur Hybriden Parallelisierung mittels OpenMP
4. Korrektheitsüberprüfung
5. Tuning:
 1. Expansion von OpenMP Regionen zur Reduktion von Overhead
 2. NUMA-Bewusste Speicher-Verteilung und Thread-Verwaltung
 3. Entwicklung von Scheduling-Schemen für Mehr-Sockel und Mehrkern-Systemen

Performance Analyse als Vorbereitung für Erweiterung mit OpenMP

- Stark Zyklisches Arbeits-Kommunikations-verhalten
- Keine Asynchrone-MPI-Kommunikation
- Anteil an der „wall-time“
ca. 50%: der äußere Löser
ca. 45%: der innere Löser
- Lastbalancierung Notwendig:
Lastabhängige OpenMP Threads
Asynchrone Kommunikation



Untersuchung und Anpassung der Konvergenzkriterien

Linearer Gleichungslöser

- Derzeit: keine Steuerung - konstante Anzahl Iterationen (Festlegung aus Erfahrung)
- Wechsel zu performanterem Kriterium mit automatisierter Steuerung der Genauigkeit (*in Kooperation mit FNB*)

Nicht-linearer Gleichungslöser

- Äußerer (nicht-linearer) Löser mit leicht veränderter Konvergenzsteuerung (*in Kooperation mit FNB*)
- Gleichgewichtsverschiebung des Rechenaufwands von dem nicht-linearen hin zu dem linearen Löser

Ansätze zur Skalierbarkeits-Verbesserung der hybriden Parallelisierung

Erfahrung zeigen: linearer Löser potentiell erhöhten Rechenanteil

- Tuning und Skalierungs-Arbeiten an dem linearen Gleichungslöser wichtiger
- Synchronisationsanteil des nicht-linearen Löser nimmt an Bedeutung ab
 - Bei starker hybrider Parallelisierung (hoher OpenMP-Anteil) soll die **globale** Skalierbarkeit durch die reduzierte Anzahl von MPI-Task verbessert werden

Tuning des linearen Gleichungslösers

- Variablen-Initialisierung unter Berücksichtigung von ccNUMA-Architekturen
 - Parallele Initialisierung und statische Thread ↔ Daten Zuweisung
- Zerlegung von großen Rechen-Schleifen
 - Verbesserung der Cache- und Register-Nutzung
 - Verbessertes Datenzugriffsmuster für erhöhtes Prefetching der Daten

Kombinierte MPI + OpenMP Optimierung

Weitere Tuning-Ansätze:

- Blockung der Vorbereitung des Datenaustauschs
- Reduktion der MPI-Wartezeit durch gleichzeitige Kommunikation
 - Asynchronem MPI Kommunikation
 - Kommunikation in OpenMP Tasks
- Nutzung der Wartezeit von MPI_Send zur Überlappung von Rechenaufgaben
- Loadbalancing (Hybrid)