# Sortierung von MPI-Ranks für Multi-Core Rechnerarchitekturen zur Minimierung der Kommunikation zwischen den Rechner-Knoten

Barbara Brandfass

26.01.2010

Durch eine Parallelisierung von Programmabläufen kann deren Rechenzeit deutlich verringert werden kann. Durch die fortschreitende Entwicklung von Multicore-CPUs können dafür heutzutage immer mehr Prozessoren verwendet werden. Dabei bedeutet die Hinzunahme von weiteren Prozessoren aber auch immer einen Zuwachs an Kommikationsaufwand zwischen den einzelnen Prozessoren. Insbesondere gilt dies für eine Parallelisierung mittels des Message Passing Interface (MPI).

Ziel ist es, diesen Kommunikationsaufwand und somit auch die Gesamtrechenzeit einer Anwendung dadurch zu reduzieren, dass die Prozesse so auf die einzelnen Prozessoren verteilt werden, dass die größte Kommunikationslast der Prozessoren innerhalb ihrer eigenen Rechenknoten liegt. Die Annahme ist hier, dass die knoteninterne Kommunikation schneller ist als die externe über das Hochgeschwindigkeitsnetzwerk.

Die Zuordnung von MPI-Prozessen zu Prozessoren kann mathematisch als quadratisches Zuordnungsproblem modelliert werden.

Ein **Quadratische Zuordnungsproblem** (QAP) beschreibt die Zuordnung von $n$ Objekten, zwischen denen bestimmte Flussbeziehungen bestehen, zu $n$ Orten, die bestimmte Entfernungen zueinander haben, so dass die Gesamtflusskosten minimiert werden:

**Gegeben:**

- $n$ Objekte und $n$ Orte
- $n \times n$ *Flussmatrix* $A = (a_{ij})$, mit $a_{ij}$ Fluss von Objekt $i$ zu Objekt $j$
- $n \times n$ *Distanzmatrix* $B = (b_{ij})$, mit $b_{ij}$ Distanz von Ort $i$ zu Ort $j$

**Gesucht:**

- Permutation $\pi : \{1, 2, \dots, n\} \to \{1, 2, \dots, n\}$, welche die *Gesamtflusskosten*

$$Z(A, B, \pi) = \sum_{i=1}^{n} \sum_{j=1}^{n} a_{\pi(i)\pi(j)} \cdot b_{ij}$$

minimiert.

Quadratische Zuordnungsprobleme sind stark NP-schwer. Im Allgemeinen können Probleme der Größe $n \geq 30$ schon nicht mehr in akzeptabler Zeit exakt gelöst werden.

Bei der Optimierung der MPI-Prozess-Kommunikation sind quadratische Zuordnungsprobleme ab der Größe $n = 64$ zu lösen. Dazu kommen derzeit nur Heuristiken in Frage, mit deren Hilfe sich suboptimale Lösungen berechnen lassen. Wichtig bei der Auswahl eines Verfahrens ist allerdings nicht nur die Qualität der berechneten Lösung sondern auch dessen Laufzeit.

In meiner Arbeit habe ich folgende drei Heuristiken untersucht:

1. ***Erweiterte Einfache Zuordnung***
   Ein Eröffnungs- oder Konstruktionsverfahren, bei welchem eine Zuordnung aufgebaut wird.

2. ***Greedy Pair Exchange***
   Ein Verbesserungsverfahren, bei welchem eine gegebene Zuordnung verbessert wird (lokale Suche).

3. ***Genetischer Algorithmus***
   Hier wird mit Hilfe von evolutionsbologischen Stragetien versucht eine möglichst gute Lösung zu erzeugen (globale Suche).

In meinem Vortrag werde ich diese Verfahren und Ergebnisse bezüglich ihrer Lösungsqualität und Laufzeit vorstellen sowie die Auswirkung der Optimierung auf die Laufzeit des DLR TAU-Code Strömungslösers.