

DREIDIMENSIONALE MRHD

W. Kley, Computational Physics, Tübingen

Zusammenfassung

Innerhalb dieses Teilprojektes soll ein paralleles Programmpaket zur Lösung der magneto-hydrodynamischen Gleichungen unter dem Einschluss von Strahlungstransport, Selbstgravitation und lokaler Gitterverfeinerung in mehreren Dimensionen, kurz *Magneto-Radiation-Hydro-Dynamics MRHD* entwickelt werden.

Dies geschieht unter objektorientierten Gesichtspunkten und mit modernen Softwareentwicklungstools. Die Neuentwicklung basiert auf der POOMA (Parallel Object-Oriented Methods) Bibliothek.

Parallelisierung

Die POOMA Bibliothek stellt die wesentlichen informationstechnischen Komponenten eines parallelen Hydrodynamik-Codes zur Verfügung:

- Verwaltung der Gitterstruktur und Parallelisierung durch Domain-Decomposition
- Mehrdimensionale Arrays und Felder mit mehreren Komponenten und Centerings
- datenparalleles Programmieren

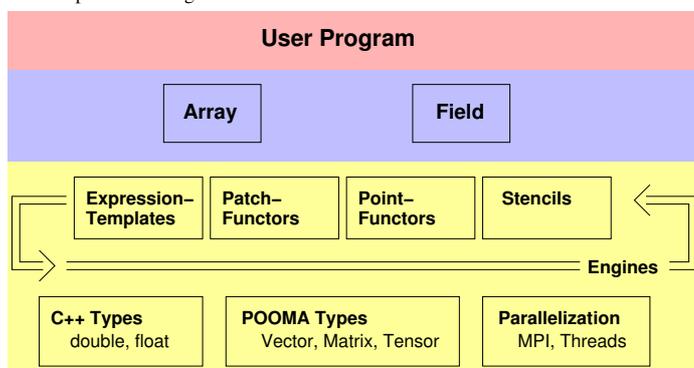


Figure 1: Parallel Object-Oriented Methods Framework

Die POOMA Bibliothek wurde während der aktuellen Förderphase um folgende Funktionalität erweitert:

- nicht-uniforme Gitter
- krummlinige Koordinatensysteme, speziell Zylinder- und Kugelkoordinaten
- HDF5 Ein-/Ausgabe und Visualisierung mit OpenDX
- Parallelisierung mit OpenMP als Vorbereitung für eine hybride Parallelisierung

Für die Entwicklung von paralleler Ein-/Ausgabe und die hybride Parallelisierung läuft eine Kooperation mit dem Teilprojekt C6 in deren Rahmen auch die MPI-basierte Parallelisierung von POOMA durch den Einsatz von TPO++ optimiert werden soll.

Zusammen mit dem Teilprojekt D8 soll eine effiziente Auswertung von zeitabhängigen dreidimensionalen Datensätzen durch geeignete Visualisierung vorangetrieben werden.

Performance

Erste Performance-Tests zeigen eine akzeptable Skalierung der Parallelisierung. Zwei praktisch relevante Fälle lassen sich hierbei unterscheiden. Zum einen die Beschleunigung einer Rechnung, d.h. die benötigte Zeit für ein Problem konstanter Größe auf einer verschiedenen Anzahl von Knoten. Zum anderen die Möglichkeit große Probleme rechnen zu können, d.h. die benötigte Zeit für ein Problem konstanter Größe pro Knoten.

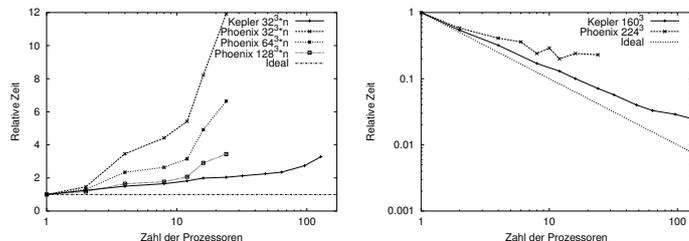


Figure 2: Performance bei konstanter Gesamtproblemgröße (links) und bei konstanter Teilproblemgröße (rechts).

In Fig. 2 sind die Ergebnisse für eine dreidimensionale Sedov-Explosion mit konstantem Zeitschritt unter Verwendung eines Lax-Friedrich Advektionsschemas aufgetragen. In Fig. 4 ist die Endkonfiguration dieser Tests zu sehen.

Anwendungen

Im Rahmen der Diplomarbeit von Richard Günther (Günther, 2001) wurde zur Berechnung der Dynamik und Entwicklung von zirkumbinären Scheiben (Fig. 5) die parallele *Dual-Grid*-Technik entwickelt, die es ermöglicht mittels eines kartesischen Koordinatensystems die Singularität von Polarkoordinaten im zentralen Bereich zu überdecken, und so den Rechenbereich auf das Zentrum einer Akkretionsscheibe auszuweiten (Fig. 3). Die Erkenntnisse aus dieser publizierten Arbeit (Günther & Kley, 2002) sind nützlich für die Entwicklung von parallelen AMR Verfahren.

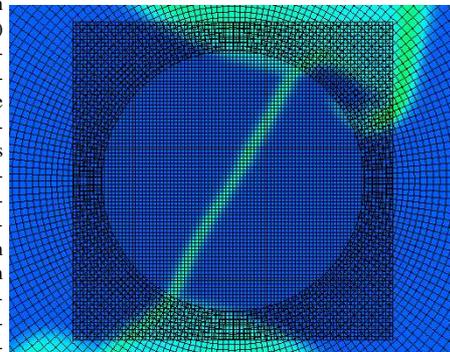


Figure 3: Dual-Grid Technik

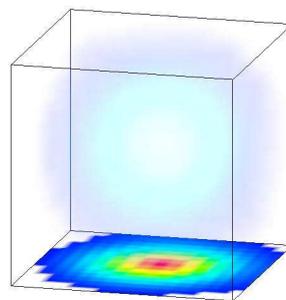


Figure 4: 3D Sedov-Explosion

Als moderne Methode für multidimensionale Hydrodynamik wurde das auf ENO/WENO Verfahren basierende Central Weighted Essentially non Oscillating (CWENO, Levy et al., 2000) Verfahren implementiert und an eindimensionalen Testproblemen (Shock-Tube, Sedov-Explosion) getestet. Dieses Verfahren hat sich dabei als sehr diffusiv herausgestellt.

Zum Vergleich der im Rahmen des SFB verwendeten unterschiedlichen Methoden zur Integration der hydrodynamischen Gleichungen wurde am Beispiel von verschmelzenden selbstgravitierenden Sternen die Finite-Mass-Methode (Tanja Bubeck, Teilprojekt C10) und unsere Gittermethode verglichen. Des Weiteren wurde gemeinsam von Markus Klingler (FMM, Teilprojekt C17), Stefan Kunze (SPH, Teilprojekt C16) und Willy Kley (RH2D, dieses Teilprojekt) Rechnungen zur Dynamik in engen Doppelsternsystemen (kataklismische Variable) durchgeführt.

Im Rahmen einer Kooperation mit Jürgen Steinacker (Jena) wurden für das Binärsystem GG Tau, welches schon im Rahmen der oben genannten Diplomarbeit untersucht wurde, Strahlungstransportrechnungen durchgeführt, um mögliche Beobachtungen von hydrodynamischen Features (*Streamers*) zu verifizieren.

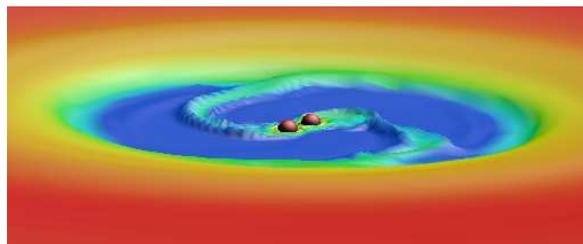


Figure 5: DQ Tau Binärsystem, Scheibenhöhe als Heightfield, Dichte farbkodiert.

Ausblick

Als einer der nächsten Schritte verbleibt die Portierung der numerischen Schemata von TRAMP und NIRVANA auf die POOMA Architektur, wobei hier gleich die Integration des Strahlungstransports aus TRAMP und der MHD aus NIRVANA erfolgen soll. Ein wesentlicher Teil dieser Arbeit wird sich mit der Portierung der impliziten Löser beschäftigen, da hier vermutlich die Algorithmen ausgetauscht werden müssen um akzeptable Performance auf massiv parallelen Rechnern zu erreichen.

Ausgehend von diesem vereinigten Code sollen dann Verfahren höherer Ordnung für die Advektion, wie zum Beispiel PPM implementiert und erprobt werden. Zudem steht die Entwicklung eines parallelen Poisson-Lösers an, um die Bandbreite der möglichen physikalischen Anwendung zu vervollständigen.

Günther, R., 2002: Dynamik und Entwicklung von zirkumbinären Scheiben, *Universität Tübingen*
 Günther, R., Kley, W., 2002: Circumbinary Disk evolution, *Astronomy & Astrophysics* **387**, 550–559
 D. Levy, G. Puppo, G. Russo, 2000: *Compact Central WENO Schemes for Multidimensional Conservation Laws*, *SIAM J. Sci. Comput.* **22**, 2, 656–672