

Visualisierung zeitabhängiger AMR Daten

Jonas Mitschang

Februar 2006

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
2	Adaptive Mesh Refinement	1
3	Zeitliche Verfeinerung	1
4	Kommunikation	2

1 Einleitung

Im Rahmen dieser Ausarbeitung beschäftige ich mich mit der Visualisierung von zeitabhängigen AMR Daten (siehe unten), die dezentral vorgehalten werden.

Große Mengen an Daten, die beispielsweise bei der Simulation physikalischer Ereignisse, wie der Kollision zweier schwarzer Löcher, Galaxisverformungen oder Supernova-Explosionen entstehen, werden auf dedizierten Servern gespeichert und sollen lokal visualisiert werden. Pro Simulationslauf werden Daten in der Größenordnung von mehreren hundert Gigabytes erzeugt, die sich in mehrere tausend Zeitschritte aufteilen.

Dabei ist zu beachten, dass sowohl das Darstellungsfeld als auch der betrachtete Zeitpunkt der Daten geändert werden kann und dass die Reaktionszeit der Visualisierung akzeptabel bleibt.

2 Adaptive Mesh Refinement

Adaptive Mesh Refinement (kurz AMR) [2] bezeichnet das Zusammenspiel des einfachen Aufbaus von strukturierten Netzen und den Vorteilen der leichten Veränderbarkeit dieser Netzstrukturen.

Während der Berechnung der Simulationsdaten wird an jeder Position zu jeder Zeit der lokale Fehler geschätzt und falls die Abweichung zu groß ausfällt, werden rekursiv feinere Unternetze an der Fehlerstelle erstellt (siehe Abbildung 1).

Alle Netze mit derselben Rekursionstiefe werden *Level* genannt. Das größte Obernetz ist dabei *Level 0* oder auch *Wurzellevel*.

Ein großer Vorteil bei der Visualisierung dieser Netze ist, dass die einzelnen Netze jeweils unabhängig zueinander berechnet werden können und daher parallele Verarbeitung ermöglichen.

3 Zeitliche Verfeinerung

Bei der Analyse der AMR Daten wird häufig über die Zeit integriert. Stabilitätsbedingungen erfordern, dass die zeitliche Schrittweite Δt der Daten mit dem Gitterabstand Δx abnimmt. Es wird immer ein Schnappschuss eines kompletten Levels gespeichert. Dabei ist die Updaterate eines Unterlevels ein ganzzahliges Vielfaches der Updaterate des Oberlevels. Das hat zur Folge, dass bei einem Update des Wurzellevels der komplette Datensatz aktualisiert wird.

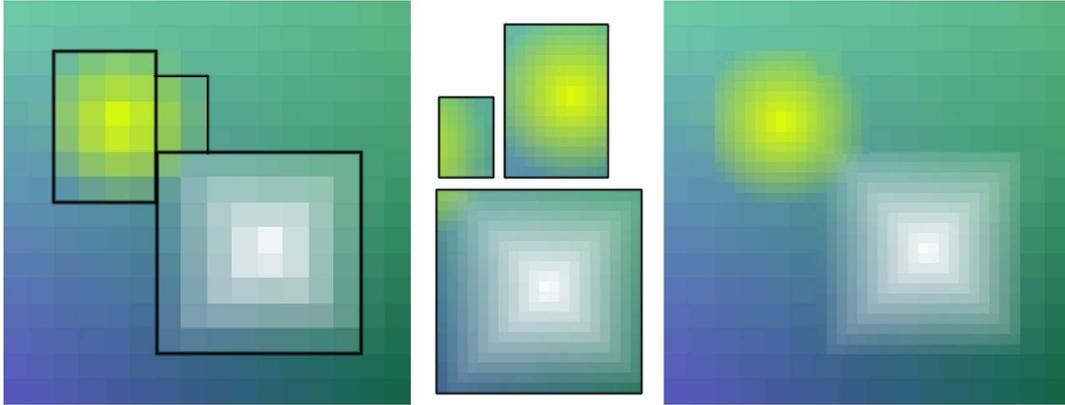


Abbildung 1: Links: Wurzellevel (Level 0) - die Bereiche großen Fehlers sind markiert, Mitte: Level 1, Rechts: Vereinigung aller Netze

Generierung von Netzen zu beliebigen Zeitpunkten

Es werden folgende Vereinfachungen an die AMR Daten gefordert, um die Daten zu jedem beliebigen Zeitpunkt t problemlos verarbeiten (z.B. interpolieren) zu können:

- Die Struktur (Größe) des Wurzellevels ändert sich mit der Zeit nicht.
- Der Verfeinerungsfaktor $r = \frac{\Delta x_i}{\Delta x_{i+1}}$ zwischen Level i und Level $i+1$ ist zeitunabhängig.

Wenn der Zeitpunkt t genau ein Schlüsselbild des Wurzellevels trifft, können die AMR Daten unverändert zurückgegeben werden. Ist dies nicht der Fall, dann müssen die Daten mittels linearer oder Hermite Interpolation berechnet werden. Die Hermite Interpolation ist dabei viel aufwendiger, da die AMR Daten von vier aufeinanderfolgenden Schnappschüssen benötigt werden, während die lineare Interpolation lediglich zwei aufeinanderfolgende Schnappschüsse benötigt.

Die Praxis hat gezeigt, dass die Generierung der Netzdaten für die Hermite Interpolation knapp 175% der Zeit beansprucht, die bei der linearen Interpolation benötigt wird, während die Zeit für die den Interpolationsvorgang 350% beträgt.

4 Kommunikation

Die von der Louisiana State University entwickelte Visualisierungssoftware greift über *Remote Procedure Call (RPC)* auf den Server zu. Es wird die SOAP [3] Empfehlung des W3C verwendet, die komplett auf XML aufbaut und in diesem Fall HTTP als Transportschicht verwendet. Die HTTP Verbindung wird im *Keep Alive* Modus aufgebaut, um unnötige TCP Handshakes zwischen den Funktionsaufrufen zu vermeiden. Zusätzlich werden die AMR Daten unter Verwendung der Bibliothek *zlib* komprimiert und auf diese Weise um durchschnittlich 5% reduziert.

Die Praxis hat gezeigt, dass in dieser Konfiguration die komplette Netzwerkbandbreite ausgenutzt wird.

Es werden nur Nutzdaten übertragen, wenn man die Zeit ändert. Die Änderung des Darstellungsfeldes verursacht keinen Verkehr und wird lokal visualisiert.

Literatur

- [1] R. Kaehler, S. Prohaska, A. Hutanu, H. Hege: Visualization of Time-Dependent Remote Adaptive Mesh Refinement Data, IEEE Visualization 2005
- [2] University of California - <http://graphics.idav.ucdavis.edu/research/amrvis>
- [3] W3C SOAP Spezifikation - <http://www.w3.org/TR/soap/>