



UvA-DARE (Digital Academic Repository)

Hybrid Systems for N-body Simulations

Spinnato, P.F.

Publication date
2003

[Link to publication](#)

Citation for published version (APA):

Spinnato, P. F. (2003). *Hybrid Systems for N-body Simulations*. Eigen Beheer.

General rights

It is not permitted to download or to forward/distribute the text or part of it without the consent of the author(s) and/or copyright holder(s), other than for strictly personal, individual use, unless the work is under an open content license (like Creative Commons).

Disclaimer/Complaints regulations

If you believe that digital publication of certain material infringes any of your rights or (privacy) interests, please let the Library know, stating your reasons. In case of a legitimate complaint, the Library will make the material inaccessible and/or remove it from the website. Please Ask the Library: <https://uba.uva.nl/en/contact>, or a letter to: Library of the University of Amsterdam, Secretariat, Singel 425, 1012 WP Amsterdam, The Netherlands. You will be contacted as soon as possible.

Samenvatting

In dit proefschrift analyseren we hulpmiddelen die ontwikkeld zijn om de snelheid en de accuratesse van zogenaamde " N -body simulaties" te verhogen. De moleculen in een chemische oplossing, of de sterren in een sterrenhoop zijn voorbeelden van dergelijke N -body systemen. In dit proefschrift richten we ons op N -body systemen die gedreven worden door de zwaartekracht, zoals die worden toegepast in de sterrenkunde.

N -body problemen zijn analytisch onoplosbaar. Met behulp van high-performance computing technieken en geavanceerde algoritmen kunnen ze echter wel numeriek worden aangepakt. Deze numerieke oplossingen vereisen zoveel computationeel vermogen, dat er geavanceerde algoritmen nodig zijn om het N -body probleem te versnellen. Hierbij wordt echter op de nauwkeurigheid van de oplossing ingeleverd. Een andere aanpak is het gebruik van gespecialiseerde hardware, die zich leent voor N -body problemen die meer numerieke accuratesse vereisen. Hiermee kan de numerieke oplossing van het N -body probleem met behoud van accuratesse worden versneld.

In dit proefschrift onderzoeken we de mogelijkheid om deze twee benaderingen te combineren, door de snelle, gespecialiseerde hardware in een conventionele, parallelle computer te integreren. We noemen dergelijke systemen *hybride architecturen*. Veel onderzoekers streven naar generalisatie en zijn meer gecharmeerd van conventionele systemen, die worden opgebouwd uit gewone hardware (PC's), zoals de Beowulf of het Grid. In de andere benadering streeft men ernaar zeer hoge prestaties door middel van hardwarespecialisatie te verkrijgen. Het doel van ons onderzoek is, deze twee benaderingen te overbruggen. We onderzoeken de levensvatbaarheid van hybride architecturen, en evalueren hun potentieel om grootschalige simulatieproblemen op te lossen.

De gespecialiseerde hardware die we bestuderen is de GRAPE. Dit is een zeer krachtige machine die wordt gebruikt voor de simulatie van sterrenkundige N -body systemen. Op GRAPE uitgevoerde simulaties hebben vijf keer in de laatste acht jaar de Gordon Bell prijs gewonnen, die jaarlijks wordt toegekend aan de snelste simulatie ter wereld.

Het is belangrijk om de interactie te begrijpen tussen de parallelle machine en de gespecialiseerde hardware enerzijds, en anderzijds de softwaretoepassing die op de hybride

architectuur wordt uitgevoerd. Zo kunnen knelpunten in het verloop van de simulatie worden gelocaliseerd, en kan de optimale configuratie worden gevonden. Om deze interactie te bestuderen maken we gebruik van *performance modelling*. In deze techniek worden simulaties gebruikt om de prestaties van simulatiesystemen te bestuderen. Deze meta-simulatie is de kern van ons onderzoek, en richt zich op het vinden van de optimale interactie tussen snelle software en hardware die uiteindelijk zal kunnen leiden tot de ontwikkeling van een zeer snelle simulatieomgeving voor N -body systemen.

Een belangrijk doel van dit proefschrift is om de potentie van hybride architecturen als optimale berekeningsomgeving voor de oplossing van specifieke problemen aan te tonen. In dit licht hebben we een numeriek algoritme bestudeerd en aangepast aan de hybride architectuur. Dit algoritme maakt het mogelijk om geavanceerde N -body codes te gebruiken op gespecialiseerde hardware. Dit numerieke algoritme is het softwarematige deel van de hybride architectuur, en vormt de basis voor de ontwikkeling van een efficiënte simulatieomgeving voor het N -body probleem.

Ten slotte bestuderen we de toepassing van de N -body simulaties in sterrenkundig onderzoek. We bestuderen de val van een massief object (een zwart gat) naar het centrum van het melkwegstelsel.

N -body simulaties zijn een effectief hulpmiddel om de tijdschaal van deze val te bestuderen; ze kunnen ondersteuning (of bezwaren) bieden aan theoretische modellen voor de verklaring van astronomische observaties.

Dit proefschrift bestaat uit drie delen. Het eerste deel behandelt de *performance modelling* en de simulatie hiervan, en bestaat uit twee hoofdstukken. In hoofdstuk 2 analyseren we de prestatie van de N -body-code NBODY1 op onze experimentele hybride architectuur, die bestaat uit twee GRAPE-4-borden en een parallelle computer. Het bevat een uitvoerige beschrijving van de taken van NBODY1, en bevat prestatiemetingen en een analyse van een aantal versies van NBODY1 op onze hybride architectuur. Deze metingen vormen de basis voor de performance modelling en simulatie van de architecturen waarop N -body-codes worden uitgevoerd. Dit *performance modelling and simulation* werk wordt geïntroduceerd in hoofdstuk 3.

Deel twee van dit proefschrift bestaat ook uit twee hoofdstukken. Hoofdstuk 4 behandelt de nauwkeurighedsanalyse en optimalisering van een hybride N -body-code, die voor optimaal gebruik met de GRAPE ontwikkeld is. Wij bestuderen de foutpropagatie in de code bij verschillende deeltjesverdelingen, en verbeteren de nauwkeurigheid van de code wanneer ze gebruikt wordt bij zeer inhomogene distributies.

In hoofdstuk 5 introduceren we onze vergelijkende multi-methode N -body simulaties. Met behulp van deze simulaties beogen we kwantitatieve schattingen te doen van de efficiëntie van de spiralisering van een zwart gat naar het centrum van het melkwegstelsel. We proberen het effect van deeltjesgranulariteit en codeonnauwkeurigheid op de valefficiëntie van de zwarte gat te begrijpen. Tot slot, vatten we in deel III ons werk samen en bespreken we de toekomstige ontwikkelingen.