

Benutzerverwaltung und Leistungsabrechnung auf Hypercomputern mit ReGTime

Annja Huber¹, Bernd Dreier¹, Markus Zahn¹, and Theo Ungerer²

¹ Institut für Informatik, Universität Augsburg, D-86 135 Augsburg

² Institut für Rechnerentwurf und Fehlertoleranz, Universität Karlsruhe,
D-76128 Karlsruhe

Zusammenfassung Durch Hypercomputing sollen räumlich getrennte Workstation-Cluster zu einem einzigen virtuellen Rechner verbunden werden. Mit unserem Softwarepaket ReGTime (*Rent Giga*flops *some* *Times*) wird ein Elektronischer Markt für die Rechenleistung von Workstations verwaltet. In der vorliegenden Arbeit wird untersucht, wie das Management eines Hypercomputers durch ReGTime unterstützt wird.

1 Einleitung und Motivation

Mit Workstation-Clustern steht eine hohe Rechenleistung zur Verfügung, die mit parallelen Programmieretechniken genutzt werden kann. Diese Rechenleistung wird häufig noch nicht ausgenutzt und liegt außerhalb der Bürozeiten oftmals sogar vollständig brach. Unsere Vision ist ein Elektronischer Markt für Rechenleistung, der im Internet das Mieten, Vermieten und Makeln der Rechenleistung von Workstations ermöglicht. Dies soll es kleineren und mittleren Unternehmen ermöglichen, kurzfristig Supercomputer-Leistung zu nutzen, ohne daß ein eigener leistungsfähiger Hochleistungsrechner angeschafft werden muß. Die Unternehmen können dann komplexe Anwendungen, wie zum Beispiel Finite-Elemente-Systeme mit vielen Variablen, zur Verbesserung ihrer Produkte kostengünstig einsetzen. Bisher ist dieser Einsatz nur über den Zugang zu einem teuren Parallelrechner möglich. Solche Programmsysteme werden deshalb momentan nur von Großfirmen eingesetzt, die über die nötige Hardwareausstattung verfügen. Weitere Anwendungen sind Wettervorhersagen oder ähnlich rechenintensive und gut parallelisierbare Probleme.

Das Erreichen einer Supercomputer-Leistung ist mittels Workstations nur durch Zusammenschalten von mehreren Workstation-Clustern möglich. Das Management gekoppelter Workstation-Cluster ist unter den Stichwörtern „Hypercomputing“ [Tav96] bzw. „Metacomputing“ [SC92,Ram95,Fos96] derzeit Gegenstand der Forschung. Das von der Universität Rostock ins Leben gerufene Projekt „Hypercomputing mit Workstation-Clustern“ befaßt sich mit der Realisierung eines Hypercomputers sowie dessen Organisation zum Einsatz für praktische Applikationen. Es sollen über 1000 Workstations verschiedener Einrichtungen, die räumlich über den gesamten deutschen Raum verteilt sind, verbunden und als kollektive parallele Rechner simultan für eine arbeitsteilige Durchführung von einzelnen Problemstellungen eingesetzt werden.

Für den Zugriff auf die Ressourcen des Hypercomputers benötigt man ein Managementsystem, welches sowohl dessen Nutzung ermöglicht und koordiniert (Benutzerverwaltung), als auch die Abrechnung der verbrauchten Ressourcen übernimmt (Leistungsabrechnung). In dieser Arbeit wird aufgezeigt, wie auf einen Hypercomputer mit Hilfe des Konzeptes von ReGTime¹ (*Rent Gigaflops some Times*) zugegriffen und abgerechnet werden kann. ReGTime entstand in Zusammenarbeit der Universitäten Augsburg und Karlsruhe. ReGTime unterstützt die Vermittlung ungenutzter Rechenleistung von Workstations und übernimmt deren Verwaltung. Weitere Ansätze mit dieser Zielsetzung sind uns aus der Literatur nicht bekannt.

In dieser Arbeit stellen wir zunächst unser Softwarepaket ReGTime vor und erläutern dessen Arbeitsweise. Anschließend wenden wir das Konzept konkret auf das Management von Hypercomputern an. Insbesondere bewähren sich die Managementstrategien von ReGTime bei der Organisation eines dynamischen Hypercomputers, bei der Benutzerverwaltung und der Leistungsabrechnung.

2 Hypercomputer-Management

Bevor wir konkret auf die Anwendung des Hypercomputers eingehen stellen wir unser Konzept und die Ideen zu ReGTime vor. Diese

¹ ReGTime ist unter der URL <http://www.informatik.uni-augsburg.de/info1/regtime/> verfügbar.

lassen sich leicht auf Hypercomputer projizieren und ermöglichen dessen Nutzung. Im Besonderen fallen die Punkte Benutzerverwaltung und Leistungsabrechnung in den Bereich des Managements von Rechnerkapazitäten, die mit Hilfe von ReGTime bearbeitet werden.

2.1 Workstation-Cluster-Management mit ReGTime

Unser Softwarepaket ReGTime orientiert sich an den Trading-Mechanismen [MMJLT96,PB96,MMJL96] eines Elektronischen Marktes. Es gibt drei Klassen von Marktteilnehmern: Anbieter, Kunden und Makler. Der Anbieter bietet über einen ReGTime-Makler seine freien Kapazitäten über ein Formular des Maklers im WWW (World Wide Web) an. Dabei können Anbieter und Makler identische Personen sein, d. h. ein Anbieter übernimmt nur für sich selbst das Vermitteln seiner Workstation-Cluster. Der Handlungsablauf unterliegt folgendem Modell (Vgl. Abb. 1):

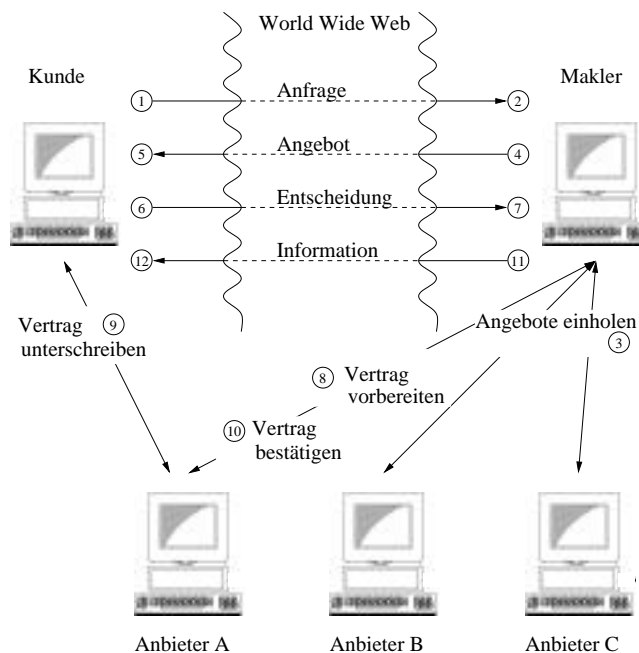


Abbildung1. Handlungsablauf mit ReGTime

Der Kunde liefert eine Auftrags- bzw. Leistungsbeschreibung ab, indem er im Maklerformular mögliche Mietzeiten, Preisvorstellungen und technische Daten über die Art und Anzahl von Workstations, die gewünschte Software, etc. einträgt. Der Kunde muß einen Makler kontaktieren und ein Angebot anfordern. Der Makler unterrichtet die ihm bekannten Anbieter von der Anfrage und stellt aus deren Antworten Angebote zusammen. Dabei werden die Angaben des Kunden mit den Daten des Vermieters verglichen, die ihrerseits mit einem Managementprogramm verwaltet werden.

Insbesondere können auch Workstation-Cluster mehrerer Anbieter zu einem Angebot für den Kunden kombiniert werden. Der Kunde hat schließlich die Wahl, ob er eines der Angebote annehmen möchte. Ein Angebot beinhaltet u. a. die Anzahl der beteiligten Workstation-Cluster sowie die Preisangaben der einzelnen Anbieter, die bis jetzt noch anonym, d. h. nur dem Makler bekannt sind. Die Nutzung der gemieteten Rechner erfolgt durch die Bereitstellung eines normalen Unix-Logins für die vertraglich festgelegte Mietdauer.

Neben einer rein mietdauerbezogenen Abrechnung bieten wir mit ReGTime eine nutzungsbezogene Abrechnung an. Wir bauen auf das Unix-Abrechnungsverfahren auf, das der Betriebssystemkern für jeden Prozeß unterstützt. Daraus werden folgende Informationen weitergeleitet²:

- die Identität des Benutzers, der den Prozeß ausführte,
- die Rechenzeit des Prozesses (getrennt nach Benutzer- und Systemmodus),
- der durchschnittliche Speicherbedarf während der Ausführung und
- der Umfang ausgeführter Ein-/Ausgabeoperationen.

Nach Vertragsende wird aus den gesammelten Informationen die Rechnung erstellt und nach momentanem Stand noch schriftlich bzw. zusätzlich per eMail verschickt. Darüber hinausgehende buchungstechnische Aspekte sind nicht integriert. Eine detaillierte Beschreibung des Ablaufes und der Implementierung findet man in [DHK⁺96].

² Diese Darstellung bezieht sich auf Solaris 2.x. Andere moderne Unix-Systeme haben gleiche Funktionalität, das im PC-Bereich populäre Linux stellt bisher allerdings kein Accounting zur Verfügung.

2.2 Integration von ReGTime in das Hypercomputing-Projekt

Im Projekt Hypercomputing stellen sich konkrete Anforderungen an das Management der Workstation-Cluster. Zunächst gehen wir davon aus, daß räumlich verteilte Workstation-Cluster zur Verfügung stehen. Als Ressourcenverwaltungssystem für die einzelnen Cluster wird im Hypercomputer der Universität Rostock LSF [ZWZD92] benutzt. Die beteiligten Workstation-Cluster werden dezentral administriert und für die Vermietung freigegeben. Die Organisationseinheiten sind nicht einzelne Rechner sondern jeweils abgeschlossene Cluster. Dabei kann eine Einrichtung, wie z. B. eine Universität auch mit mehreren Clustern am Hypercomputer beteiligt sein. Damit ergeben sich nachfolgende Aspekte für die Bereiche „Benutzerverwaltung“ und „Leistungsabrechnung“ auf Hypercomputern.

Benutzerverwaltung Unser Konzept ReGTime bietet für die Benutzerverwaltung folgende Lösung: Alle am Hypercomputer beteiligten Workstation-Cluster teilen einem Makler ihrer Wahl mit, daß sie zur Vermietung zur Verfügung stehen und damit Teil des Hypercomputers werden. Der *ganze* Hypercomputer soll dabei nicht nur durch einen einzigen Makler verwaltet werden, sondern das Mieten soll dezentral über mehrere Makler erfolgen können. Diese sind jedoch miteinander verbunden bzw. untereinander bekannt (registriert), so daß alle Makler im Grunde die selben Informationen besitzen. Diese Aufteilung soll das Risiko des kompletten Ausfalls der Angebotserstellung und Vertragsabschlüsse vermindern, um Anwendern mit weniger rechenintensiven Programmen bei ausreichend vorhandener Rechenleistung trotzdem die Möglichkeit zu bieten, Rechenleistung mieten zu können. Ein weiterer Vorteil dieser Verteilung der Makler ist die leichtere Administration, da bei einer Änderung (Hinzufügen oder Entfernen eines Anbieters) jeweils nur der Makler benachrichtigt werden muß, bei welchem der Anbieter eingetragen ist. Die vorher registrierten Anwender wenden sich an einen ReGTime-Makler ihrer Wahl, um geeignete Rechner zu dem für sie gewünschten Zeitpunkt für ihre Applikationen zu finden. Das heißt, ReGTime übernimmt die Vermittlung der Ressourcen, wobei der authentifizierte

Kunde nur auf den für ihn relevanten Teil des Hypercomputers Zugriff erhält. Dadurch erhält man einen *dynamischen Hypercomputer*. Der Hypercomputer entspricht in seiner bisherigen Projektdarstellung durch die Universität Rostock einem statischen Modell. *Ein* Hypercomputer soll von den Teilnehmern als ein einziges, verteiltes und netzwerkbasierendes Rechnersystem aufgefaßt werden [Tav96]. Mit ReGTime ergibt sich jedoch die Möglichkeit, einen dynamischen Hypercomputer zu konfigurieren und die Anzahl der Nutzer bei nicht konkurrierenden Applikationen zu erhöhen und damit eine gute Auslastung zu erzielen. Abb. 2 zeigt die Organisation des Hypercomputers mittels ReGTime im Überblick.

Die konkrete Realisierung der Benutzerverwaltung mit ReGTime besteht aus zwei Teilen und läßt sich wie folgt umschreiben: Zum Einen muß in Abhängigkeit des zugrundeliegenden Betriebssystems des Hypercomputers ein Zugang (z. B. Login) vom Administrator des Workstation-Clusters eingerichtet werden. Diese Kennung mit den damit verbundenen Nutzungsrechten werden vom Administrator zur Vermietung freigegeben. Der zweite Teil fällt in den Bereich von ReGTime, nämlich diesen Zugang zu vermieten. Dazu benötigen wir eine Schnittstelle zwischen ReGTime und dem Betriebssystem des Hypercomputers, welche sich an den konkreten Gegebenheiten orientiert.

Der Anwenderkreis des Prototypen wird zu Beginn eingeschränkt sein. Für die Authentifizierung der beteiligten Projektpartner bietet ReGTime ein Verfahren mittels PGP [Gar95]. Die „privaten Schlüssel“ der Mieter müssen auf sichere Art dem Anbieter übermittelt werden. Da im Hypercomputer sämtliche Projektpartner bekannt sind, kann eine einmalige und sichere Übermittlung der Schlüssel erfolgen. Kritisch wird es erst, falls neue Projektpartner hinzukommen. Ein Notardienst könnte die Gewährleistung elektronischer Schlüssel unterstützen. Alle Anbieter, die einen Zugang zum Hypercomputer bieten, sollten sich bei diesem zentralen Notardienst über die Korrektheit des privaten Schlüssels rückversichern.

Leistungsabrechnung Im oben beschriebenen Konzept der Benutzerverwaltung bilden die Makler die zentrale Instanz für den Zugriff auf den Hypercomputer. Da bereits im Angebot Preise genannt

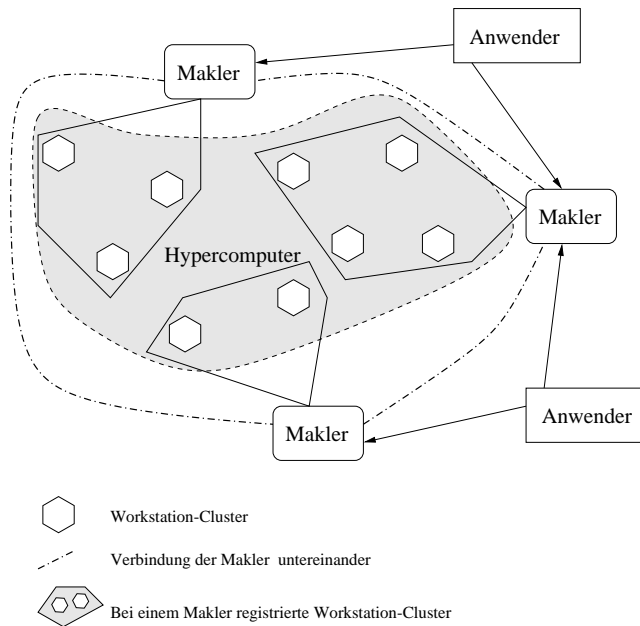


Abbildung 2. Hypercomputer-Management mit ReGTime

sind, müssen die Möglichkeiten der Leistungsverrechnung ab hier untersucht werden. Im Folgenden zeigen wir kurz auf, welche Formen der Leistungsabrechnung bei Hypercomputern in Betracht kommen könnten.

Der wesentliche Punkt bei der Vergabe von Rechenleistung in einem Hypercomputer mit ReGTime ist die Angebotserstellung und damit auch die Koordinationsform des Rechenleistungsmarktes selbst. Wenn wir von einem realen elektronischen Markt ausgehen, ist der Koordinationsmechanismus der Preis. Mit ReGTime erstellen wir für den Kunden ein Angebot mit Preisangabe. Der Kunde läßt sich für einen gewünschten Zeitraum Angebote erstellen und falls er eines zu einem für ihn akzeptablen Preis erhält, wird er das Angebot annehmen und die Workstation-Cluster werden gemietet.

Die Bereitstellung von Ressourcen im Hypercomputer-Projekt findet, zumindest am Anfang, unentgeltlich statt. Demzufolge muß ein anderer Mechanismus für die Vergabe der Rechenzeit erfolgen. Beispielsweise könnte man festlegen, wieviel Rechenzeit jeder einzelne

Projektpartner bekommt (z. B. anteilig an den selbst beigesteuerten Rechnern). Weiterhin benötigt man eine Leistungsbewertung der einzelnen Workstations der Anbieter, bzw. wieviel die Rechenleistung der Workstations kostet, so daß nach diesem Schema „abgerechnet“ werden kann. Das Verwaltungssystem muß protokollieren, wieviel Rechenzeit der einzelne Nutzer schon verbraucht hat und wieviel ihm demzufolge noch zur Verfügung steht. Natürlich muß es auch einen Mechanismus geben, der das Kontingent der einzelnen Benutzer wieder auffüllt. Bündelt man die Nachfragen die in einem befristeten Zeitraum erfolgen, so kann für die Beteiligten ein optimales Angebot errechnet werden. Dabei kann der Nutzer priorisiert werden, der bislang am wenigsten gerechnet hat. Die Angebotsoffenlegung kann auf zwei Arten erfolgen: Die Kunden erhalten die Angebote gleichzeitig oder nacheinander. Im letzteren Fall bekommt der priorisierte Nutzer als erster ein Angebot. Je nach Annahme oder Ablehnung gestalten sich die Nachfolgeangebote für die Mitkonkurrenten.

Damit bestimmt die Abrechnung die Organisation des Rechenleistungsmarktes. Grundsätzlich unterscheidet ReGTime fixe und variable Kosten und basiert auf einer Marktform. Zieht man Absprachen in Betracht, so können beispielsweise elektronische Berechtigungsscheine vergeben werden. Die Angebotserstellung könnte wie oben beschrieben erfolgen, und die Bezahlung durch Abgabe der Berechtigungsscheine an das Managementprogramm des Hypercomputers.

2.3 Fazit

Es stehen mehrere Möglichkeiten der Benutzerverwaltung und Leistungsabrechnung bei der konkreten Umsetzung des Hypercomputers zur Auswahl. Unser Konzept von ReGTime läßt sich hier gut anwenden: Ein vorgeschalteter und vom Hypercomputer selbst unabhängiger Mechanismus sucht mit spezifischen Parametern nach geeigneten Clustern und schafft die Möglichkeit des Zugangs. Diese Instanz übernimmt nach Ende der Ausführung der Applikation die Abrechnung. Damit verlagert sich die Organisation auf eine Instanz außerhalb des Hypercomputers, so daß die Administratoren der Workstation-Cluster nur für Bereitstellung der in ihrem Verantwortungsbereich stehenden Rechner Sorge tragen müssen. Durch

die übergeordnete Instanz erhält man ebenfalls die Möglichkeit, die Auslastung durch geeignete Koordination zu optimieren.

3 Zusammenfassung

Die vorliegende Arbeit befaßt sich mit Zugriffsmöglichkeiten auf Rechnerkapazitäten, welche aus Workstation-Clustern gebildet werden. Der Verkauf von Rechenleistung kann mit Hilfe unseres Softwarepaketes ReGTime organisiert werden. Es bietet, als Grundlage für einen Elektronischen Markt, den Marktteilnehmern (Anbieter, Kunden und Makler) eine Basis für das Mieten und Vermieten von Rechenleistung. Es ist ein Verwaltungsprogramm, mit dem sich freie Rechnerkapazitäten per Internet mieten und vermieten lassen. Durch die Vermietung können Firmen brachliegende Rechenleistung verkaufen und damit die Rentabilität ihrer Rechnerausstattung erhöhen.

Dieses Konzept kann direkt auf die Anwendung eines Hypercomputers übertragen werden. Der Makler übernimmt dabei die Aufgaben der Benutzerverwaltung und der Leistungsabrechnung. Unter Benutzerverwaltung verstehen wir das Vermitteln und Zuteilen der zur Verfügung gestellten Ressourcen. Der Makler ist außerhalb des Hypercomputers plaziert und nicht für die technische Realisierung des Hypercomputers zuständig. Durch die Aufteilung — es gibt mehrere Makler, die die Rechenkapazitäten des Hypercomputers vergeben können — erhöht sich die Ausfallsicherheit insofern, als daß wenigstens noch der Teil des Hypercomputers vermietet werden kann, welcher nicht bei dem ausgefallenen Makler registriert ist. Wir sehen dieses Konzept als geeignet, den Zugriff auf den Hypercomputer zu organisieren.

Literatur

- [DHK⁺96] B. Dreier, A. Huber, H. Karl, T. Ungerer, and M. Zahn. ReGTime — Rent Gigaflops someTimes. In *Trends in Distributed Systems*, pages 84–93. Springer Verlag: Lecture Notes in Computer Science, Vol. 1161, 1996.
- [Fos96] Ian Foster. High Performance Distributed Computing: The I-WAY Experiment and Beyond. In *Euro-Par96*, pages 3–10, 1996.
- [Gar95] Simson Garfinkel. *PGP: Pretty Good Privacy*. O'Reilly & Associates, Sebastopol, CA, March 1995.

- [MMJL96] M. Merz, K. Müller-Jones, and W. Lamersdorf. Agents, services, and electronic markets: how do they integrate? In *Distributed Platforms*, pages 287–300. Chapman & Hall, 1996.
- [MMJLT96] S. Müller, K. Müller-Jones, W. Lamersdorf, and T. Tu. Global Trader Cooperation in Open Service Markets. In *Trends in Distributed Systems*, pages 214–227. Springer Verlag, Lecture Notes in Computer Science, Vol. 1161, 1996.
- [PB96] A. Puder and C. Burger. New concepts for qualitative trader cooperation. In *Distributed Platforms*, pages 301–313. Chapman & Hall, 1996.
- [Ram95] Friedhelm Ramme. Building a virtual machine-room — a focal point in metacomputing. *Future Generation Computer Systems*, 11:477–489, 1995.
- [SC92] Larry Smarr and Charles E. Catlett. Metacomputing. *Communications of the ACM*, 35:45–52, June 1992.
- [Tav96] D. Tavangarian. Hypercomputing mit Workstation-Clustern. <http://www.tec.informatik.uni-rostock.de/hypercomp/>, 1996.
- [ZWZD92] S. Zhou, J. Wang, X. Zheng, and P. Delisle. Utopia: A load sharing facility for large, heterogeneous distributed computing systems. Technical Report CSRI-257, Computer Systems Research Institute, University of Toronto, 1992.