



**BERUFSAKADEMIE MANNHEIM
STAATLICHE STUDIENAKADEMIE**

Fachrichtung Informationstechnik

Referat
Seminar Innovative Architekturen

Supercomputer
Top500 und die verschiedenen Architekturen

Mannheim, den 12. November 2004

Andreas Richter
102731
TIT02BNS

Nico Schröder
121576
TIT02BNS

1 Inhaltsverzeichnis

| | | |
|----------|---|-----------|
| 2 | Einführung..... | 3 |
| 3 | Top500..... | 4 |
| 3.1 | Geschichte der Top500..... | 4 |
| 3.2 | Linpack-Benchmark..... | 4 |
| 3.3 | Top3 in der Top500 (Juni 2004)..... | 5 |
| 3.4 | Deutsche Rechner in der Top500 (Juni 2004)..... | 7 |
| 4 | Supercomputer BlueGene..... | 8 |
| 4.1 | Technische Spezifikationen..... | 9 |
| 4.2 | Anwendungen..... | 10 |
| 4.3 | Zukunft der BlueGene-Reihe..... | 10 |
| 5 | Clustercomputer System X..... | 12 |
| 5.1 | Technische Spezifikationen..... | 12 |
| 5.2 | Anwendungen..... | 14 |
| 5.3 | Weiterentwicklung des System X..... | 15 |
| 6 | 24. Liste der Top500..... | 16 |
| 7 | Verzeichnisse..... | 17 |
| 7.1 | Quellenverzeichnis..... | 17 |

2 Einführung

Statistiken für Supercomputer sind das Hauptaugenmerk für die Hersteller, Nutzer und potentielle Nutzer. Diese Leute wollen nicht nur die Anzahl von Supercomputern wissen. Sondern auch wo diese stehen, die aktuellen Leistungsdaten bis zu der darauf laufender Software. Solche Statistiken können die Einrichtung von Zusammenschlüssen und Arbeitsgemeinschaften erleichtern und zu einem besseres Verständnis des Hochleistungscomputermarktes beitragen.

Statistische Listen über Supercomputer sind nicht neu. Schon im Jahre 1986 hat Hans Meuer Systemzählungen über führenden Herstellern von Vektorrechnern veröffentlicht. Allerdings sind Statistiken auf Basis der Hersteller heute nicht mehr von starkem Nutzen. Neue Statistiken werden benötigt, die besser auf den geänderten Supercomputermarkt eingehen.

Um diese neuen Statistiken zu verwirklichen hat sich die Top500 1993 dazu entschlossen eine Liste der 500 besten kommerziell erhältlichen Computersysteme aufzustellen. Diese Liste wird seit diesem Zeitpunkt zweimal im Jahr erneuert und erschien im November 2004 zum 24. mal. Um die Statistiken zu erstellen bedient sich die Top500 an Computerexperten, Wissenschaftlern, Herstellern, Verkäufern und einer große Internetgemeinde.

Die aktuelle Liste, sowie alle Vorgängerlisten in einem Archiv können unter [1] kostenlos eingesehen werden. Es ist möglich Sublisten nach verschiedenen Kriterien zu erzeugen. Ein solches Kriterium, deutsche Rechner in der Top500 wird später näher beleuchtet. Betrieben wird die Top500 von der Universität Mannheim und Universität in Tennessee.

3 Top500

3.1 Geschichte der Top500

Die Tabelle der Top500 zeigt, wie bereits erwähnt, die 500 schnellsten kommerziell erwerbbaaren Computersysteme. Um die Liste übersichtlich und kompakt zu halten werden nur die wichtigsten Informationen angegeben:

| Feld | Beschreibung |
|--------------|---|
| Nworld | Position in der Top500 |
| Manufacturer | Hersteller oder Verkäufer |
| Computer | vom Hersteller oder Verkäufer angegeben Typ |
| Location | Land und Ort |
| Year | Instalationsjahr bzw. last major update |
| Applications | Eingesetzte Applikationen |
| #Proc | Anzahl der Prozessoren |
| Rmax | maximale LINPACK Performance |
| Rpeak | theoretische maximale Performance |
| Nmax | Problemgröße bei welcher das Rmax gemessen wurde |
| N1/2 | Problemgröße, bei der das halbe Rmax gemessen wurde |

Um eine gute Qualität der Daten in der Top500 zu gewährleisten, wird in regelmäßigen Abständen eine repräsentative Anzahl von Computern ausgewählt und genauer überprüft. Dabei werden die Inhaber der Systeme gebeten einen Kontakt zwischen der Top500 und den Herstellern oder den Betreibern der Systeme herzustellen. Die übergebenen Daten werden von beiden Seiten verifiziert. An Hand der positiven und negativen Ergebnisse ist es möglich, auf die Qualität der Datenbank zu schließen.

3.2 Linpack-Benchmark

Der Linpack-Benchmark wurde von der Top500 als Grundlage ausgewählt, da dieser schon vorher allgemein verwendet wurde und somit für fast alle relevanten Systeme Leistungsmessungen zur Verfügung stehen. Unter [2] kann der Benchmark, welcher erstmals von Jack Dongarra eingeführt wurde, herunter geladen werden. Während des Benchmarks wird ein dicht besetztes lineares Gleichungssystem berechnet. Für Messungen, die zu einer Eintragung in die Top500 führen sollen, wird eine Version des Benchmarkes verwendet, die es dem Nutzer erlaubt, die Größe des Gleichungssystems zu ändern. Dadurch kann eine bessere Leistung an den einzelnen Systemen erzielt werden.

Man sollte sich dabei allerdings vor Augen führen, dass die daraus resultierende Zahl nicht die komplette Leistungsfähigkeit eines Computersystems aufzeigen kann. Sie zeigt nur, wie gut das Computersystem mit dem Problem X der Größe N zu Recht kommt. Im Fall der Top500 zeigt es wie gut das Computersystem ein lineares Gleichungssystem der Größe N berechnen kann. Da dies ein recht triviales Problem ist, werden in der Regel recht hohe Werte erzielt.

Wenn die aktuelle Performance eines Systems für verschiedene Schwierigkeiten eines Problems gemessen wird, kann nicht nur die maximale Performance für ein Problem N, sondern auch die Größe N, bei der die halbe Performance erzielt wird, gemessen werden. Diese beiden Werten und der theoretische Rmax werden an die Top500 gegeben.

Um eine Chancengleichheit zwischen den Computersystemen herstellen zu können, müssen die benutzten Algorithmen zur Lösung der linearen Gleichungssysteme mit den Standardoperationen konform gehen. Genauer gesagt, muss die Anzahl der Operationen in dem Algorithmus bei $\frac{2}{3}n^3 + o(n^2)$ floating point Operationen liegen. Dies schließt schnelle Matrix-Multiplikationsverfahren wie das Strassans Verfahren aus. Dank dieser eingeführten Regeln kann ein Wert für ein Computersystem ermittelt werden, mit dem es möglich ist, die Systeme untereinander verhältnismäßig gut vergleichen zu können.

3.3 Top3 in der Top500 (Juni 2004)



Abbildung 1: Earth Simulator

Wie bereits beschrieben wurde, finden sich in der Top500 die rechenstärksten Computer der Welt. Angeführt wird die aktuelle Liste vom "Earth Simulator" (Stand 26. Oktober 2004). Dieser Japanische Großrechner ist mit seiner überragenden Rechenleistung von 35,86 TFLOP/s bestens für Klima- und Erdbebenszenarien geeignet. Die Leistung generiert dieser Cluster aus insgesamt 5120 CPUs. Dabei handelt es sich um NEC SX-5 CPUs, die mit einem Takt von 500 MHz laufen. Jeder CPU sind 2 GB Arbeitsspeicher zugeordnet. Als Betriebssystem wird ein extra entwickeltes Unix basierendes Super-UX-Betriebssystem verwendet. Solch eine Spezialanfertigung schlägt allerdings mit insgesamt 350 Millionen US-Dollar zu Buche.



Abbildung 2: Thunder

Platz Zwei hält ein Clusterrechner Names "Thunder". Seine 19,94 TFLOP/s erreicht dieser Rechner durch 4096 Intanium2 Prozessoren von Intel, die mit 1,4 GHz Taktrate laufen. Dabei sind jeweils 4 Prozessoren in einem Knoten angeordnet, die sich 8 GB Arbeitsspeicher teilen. Auf diesem Rechner läuft als Betriebssystem ein modifiziertes Linux und wird von vielen Firmen und Institutionen für Berechnungen aller Art benutzt.



Abbildung 3: ASCI Q

Auf dem dritten Platz finden sich der Großrechner "ASCI Q" des Los Alamos National Laboratory. Dort wird er hauptsächlich für die Simulation von Atomwaffentest verwendet. 4096 Alpha EV-68 Prozessoren erreichen mit einer Taktrate von 1,25 GHz 13,88 TFLOP/s. Bemerkenswert an diesem Großrechner ist, dass er insgesamt über 33 TB Arbeitsspeicher verfügt. Auch diese Speziallösung ist mit 215 Millionen US-Doller nicht gerade günstig, gegenüber Clusterrechnern mit Komponenten aus dem allgemeinen Computerfachhandel.

3.4 Deutsche Rechner in der Top500 (Juni 2004)

Deutschland braucht sich, was Rechenleistung betrifft, nicht zu verstecken. Zur Zeit sind 34 Supercomputer in der Top500 zu finden, die in Deutschland stehen (Stand 26. Oktober 2004).

Angeführt wird die Deutsche Liste vom Forschungszentrum Jülich. Dort steht ein Cluster mit 1312 Knoten, die jeweils ein SP Power4+ Prozessor mit einer Taktrate von 1,7 GHz eine Rechenleistung von 5,57 TFLOP/s erreichen. In der Top500 steht dieses System an Platz 21. Aufgaben, die mit Hilfe dieses Clusters schneller gelöst werden können, sind über den weiten Bereich der Forschung verstreut, angefangen von der Physik über die Chemie bis hin zur Biologie. Dieser Cluster ist nebenbei bemerkt nicht nur der schnellste Cluster Deutschlands, sondern auch der zweitschnellste Europas.

Der Deutsche Wetterdienst hat auch einen nennenswerten Cluster in der Top500 vorzuweisen: Auf Platz 73 befindet sich ein 1920 Knoten starker Cluster, der mit SP Power3 Prozessoren und 375 MHz Takt Wetter- und Klimaberechnungen durchführt. Dieser Rechner erreicht eine Leistung von 2,11 TFLOP/s. Gleich auf Platz 74 folgt die Universität Wuppertal mit einer Rechenleistung von 2,08 TFLOP/s. Diese Leistung wird durch 1024 AMD Opteron Prozessoren erreicht, die mit einem Takt von 1,8 GHz laufen.

Auch die Deutsche Autoindustrie unterhält rechenstarke Rechnerverbünde. Neben BMW mit drei Rechnern in der Top500 spielt Volkswagen mit zwei Rechnern gut mit. Der leistungsstärkste erreicht 1,76 TFLOP/s und befindet sich somit auf Platz 114. Er besteht aus 512 Xeon Prozessoren die mit 2,8 GHz getaktet sind. Auf ihm werden vornehmlich Design- und Strömungsberechnungen durchgeführt.

Desweiteren befinden sich viele weitere Clusterrechner auf Deutschem Grund in der Top500. Der kleinste steht auf Platz 477 mit einer Leistung von 0,64 TFLOP/s.

4 Supercomputer BlueGene

BlueGene ist ein Forschungsjointventure zwischen IBM und dem Lawrence Livermore National Laboratory im ASCI Advanced Architecture Forschungsprogramm [4]. ASCI bedeutet, anwendungsspezifische integrierte Schaltungen und diese werden in den Computersystemen, welche aus dem Projekt hervorgehen, eingesetzt. Es soll ein massivparalleles System bestehend aus 65536 Knoten entstehen. Dabei wird eine neue System-on-a-Chip Technologie eingesetzt, mit Hilfe welcher der BlueGene/L eine maximale Leistung von ca. 360 TFLOP/s erreichen kann. Angelegt wurde das Projekt über mehrere Jahre von IBM mit dem Ziel eine Petaflop-Maschine zu bauen. BlueGene/L ist ein erster Schritt in diese Richtung. Er basiert auf PowerPC Prozessoren mit großem Speicher.

Auf einem Knoten werden zwei Standard 32 Bit Mikroprozessoren von IBM betrieben (PowerPC 440). Diese Prozessoren werden auch in vielen schon gebauten und verkauften Systemen von IBM verwendet. Sie haben einen kleinen 2 kB großen L2-Cache und einen 4 MB L3-Cache. Darüber hinaus verfügt jeder Chip über einen DDR-Memory-Controller für den Arbeitsspeicher und Gigabit Ethernetanschluss. Des Weiteren ein JTAG-Interface sowie weitere Netzwerkbuffer und Kontrolleinheiten. Die L2- und L3 Caches sind zwischen den beiden Prozessoren auf einem Chip kohärent. Die verwendeten CPUs sind für einen geringen Stromverbrauch konzipiert, da dies ein entscheidender Kostenfaktor im Betrieb eines Großrechners ist.



Abbildung 4: ein Chip mit zwei Prozessoren des BlueGene/L

Die beiden Prozessoren können in zwei Modi laufen: Der erste verwendet beide Prozessoren als Berechnungseinheiten und der zweite Modus ist ein Kommunikationsmodus. Dabei wird ein Prozessor für Berechnungen und einer für die Kommunikation untereinander verwendet.

Da man mit zwei Prozessoren nicht viel anfangen kann, werden mehrere im BlueGene zusammengeschlossen. Dies geschieht in einem Bausteinprinzip. Auf einen Chip kommen,

wie erwähnt, zwei Prozessoren. Nun werden auf eine Compute- bzw. Nodecard zwei Chips aufgesetzt. Diese Nodecards kommen auf ein Nodeboard. 16 Karten passen auf ein solches Board. 32 Boards kommen dann in ein Rack. Es resultieren daraus 256 GB Arbeitsspeicher und eine Leistung von 2,9/5,7 Teraflops pro Rack. Wie erwartet, können auch diese Racks zusammen geschaltet werden. 64 Racks sollen einen BlueGene/L bilden. Dieses Prinzip der Bausteine hat den Vorteil einer sehr hohen Skalierbarkeit.

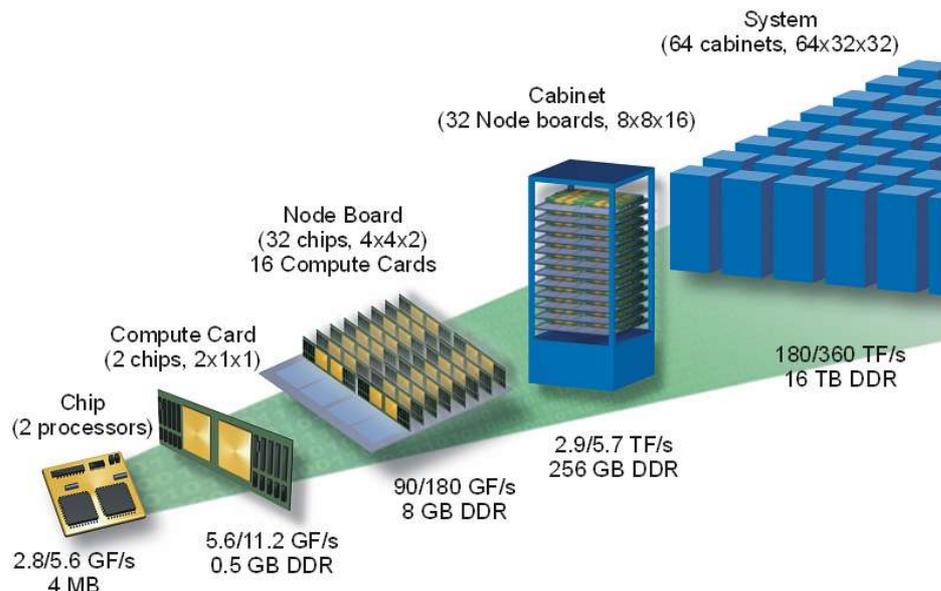


Abbildung 5: schematischer Aufbau des BlueGene/L

4.1 Technische Spezifikationen

Es sollen 131072 Prozessoren Dual PowerPC 440 Prozessoren auf 65536 Knoten betrieben werden. Jeder Knoten erhält 256 MB DDR RAM und das gesamte System kommt somit auf 16 TB Arbeitsspeicher. Um die berechneten Ergebnisse auch für einen späteren Gebrauch abzulegen wird ein Gesamtfestplattenspeicher von 400 TB vorgehalten.

Die Vernetzung des Systemes erfolgt über ca. 5000 Kabel mit einer Gesamtlänge von 19,3 km. Dies entspricht einer Entfernung von Mannheim nach Heidelberg. Das System ist fünffach vernetzt. Es gibt eine dreidimensionale Vernetzung (Punkt zu Punkt Prinzip: zum jedem nächsten Nachbarn), einen globaler Baum (globale Instructions z.B. für Broadcast), globale Barrieren und Interupts (für eine geringe Latenz), Gigabit Ethernet (für das File I/O) und ein Kontrollnetzwerk (Booten, Analyse und Diagnose).

Das ganze System hat eine Leistungsaufnahme von 2 MW. Das spätere System bestehend aus 64 Racks soll nicht mehr als einen Ausfall eines Knotens pro Woche haben. Zu Buche schlägt die aktuelle Ausbaustufe BlueGene/L DD2 mit 100 Millionen US-Dollar. Dabei

sollen in einer späteren Version des BlueGene/L 367 TFLOP/s im symmetric mode und 184 TLOP/s im communications co-processor mode erreicht werden.

Auf Grund des Bausteinartigen Aufbaus skaliert das System besser als ein Standard Linux-Cluster (von 1/2 bis 100 Racks).

4.2 Anwendungen

Für die Programmierung auf den Supercomputern aus dem BlueGene-Projekt werden Standardcompiler für C, C++, Fortran und eine Message Passing Umgebung genutzt.

Im Rahmen des niederländischen Forschungsprojekts Lofar soll der weltweit stärkste Supercomputer bald in Europa installiert werden. Lofar steht für „Low Frequency Array“ und wird von der niederländischen Organisation Astron betrieben. Es verfolgt einem neuen Ansatz bei der Beobachtung des Weltalls, nach dem nicht mit den traditionellen Parabolantennen oder optischen Teleskopen sondern ein Array von 20 000 bis 30 000 Sensoren, die Daten über das All sammeln. Um die von den Sensoren gelieferten Informationen schnell zu verarbeiten und in Bilder zusammenzufügen, wollen die Forscher auf eine Version von IBMs Supercomputer Blue Gene zurückgreifen.

Des Weiteren soll Blue Gene mit seiner noch nie da gewesenen Rechenleistung in der Protein-Forschung, in der Nanotechnologie und in der Klimaforschung eingesetzt werden.

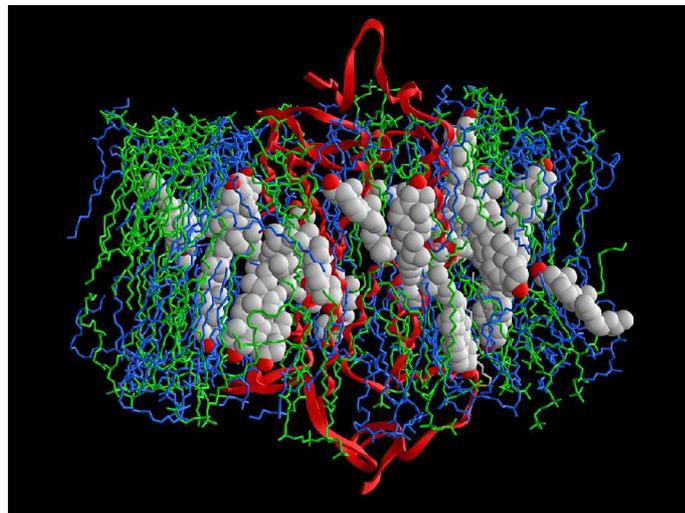


Abbildung 6: Beispiel einer Eiweißfaltung in der Proteinforschung

4.3 Zukunft der BlueGene-Reihe

Früh sprach IBM bereits davon, dass das erste System Namens Blue Gene/L mit einer Spitzenleistung von 360 Teraflops und einer Dauerleistung von 180 Teraflops geplant ist. Dies wurde nun erreicht. Aber die Entwicklung des BlueGene-Projektes wird weiterhin vorangetrieben. Die darauf folgenden Maschinen werden der BlueGene/P und BlueGene/Q



sein. BlueGene/P wird eine Spitzenleistung von 1000 TFLOP/s besitzen, bei einer Dauerleistung von 300 TFLOP/s. Einen weiteren Schritt wird der BlueGene/Q tun. Er wird eine Spitzenleistung von 3000 TFLOP/s erreichen, bei einer Dauerleistung von 1000 TFLOP/s. Damit hätte IBM das Ziel der Petaflop-Maschine erreicht.

5 Clustercomputer System X

Berechnungen im Bereich der Forschung werden heute immer komplizierter, da die dafür benutzten Verfahren immer weiter verfeinert werden. Um diesen Rechenaufwand lösen zu können, sind so genannte Cluster sehr gut geeignet. Allerdings sind hochspezialisierte Großrechner auch ziemlich teuer.

Die Universität von Virginia (Bundesstaat Minnesota) hat sich dieser Aufgabe gestellt und wollte einen Großrechner bauen, der nur einen Bruchteil von hochspezialisierten Großrechnern kosten sollte, dennoch denen in der Leistung in nichts nachstehen. Folgende Vorgaben wurden dafür festgelegt:

- es muss eine 64 Bit Architektur sein
- es sollen off-the-shelf-Komponenten verwendet werden
- das gesamte System soll maximal 5 Millionen US-Dollar kosten
- die Komponenten sollen sofort verfügbar sein
- am besten wäre ein Einstieg in die Top10.

Durch diese Kriterien hat sich die Gruppe der Anbieter drastisch verkleinert. Dell war zu teuer. Bei SUN wären bei sparc-Prozessoren zu viele davon nötig geworden und damit auch zu teuer. Auch bei AMD wären zu viele Opteron-CPU's nötig gewesen. Außerdem gab es keine vernünftigen Gehäuse zu diesem Zeitpunkt. HP's Itanium hätte auch zu viele CPU's benötigt, da diese nur eine Fließkomma-Berechnungseinheit besitzen und auch hier fehlten praktische Gehäuse. Einziger übrig gebliebener Kandidat war Apple mit dem IBM PPC970: Ein brauchbares System, da jede CPU zwei Fließkomma-Berechnungseinheiten besitzt, die Gehäuse sind für den Einsatzzweck günstig und es konnten entsprechend viele Rechner sofort geliefert werden.

5.1 Technische Spezifikationen

Es wurde sich also für Apple mit dem PowerMac G5 entschieden. Es wurden insgesamt 1100 Stück angeschafft. Dabei hat jeder einzelne PowerMac folgende technische Daten:

- zwei PPC970 Prozessoren mit 2 GHz Taktrate
- PCI-X Busse
- 4 GB Arbeitsspeicher DDR SDRAM
- 160 GB Festplatte SATA
- ATI Radeon 9600 mit 256 MB SDRAM

Bei diesen Daten kann jeweils ein Prozessor eine maximale Leistung von 7,6 GFLOP/s erreichen [6].



Abbildung 7: System X während des Aufbaus

Ein Knoten allein ist aber noch kein Supercomputer. Eine vernünftige Vernetzung ist zwingend vorauszusetzen: In Virginia wurde sich für das InfiniBand communication fabric Mellanox entschieden. Dies ist ein Netzwerk, das eine Latenzzeit von gerade einmal 4,5 μ s aufweist. In sechs Reihen Racks sind jeweils 200 Rechner untergebracht und mit einem von vier Hauptknoten verbunden. Darüber hinaus gibt es noch einen Managementknoten, von dem aus mittels Monitoringsoftware der gesamte Cluster überwacht werden kann. Als Backupverbindung dient ein Gigabit Ethernet von CISCO, voll duplex mit einer möglichen Übertragungsrate von 20 GB/s. Dafür kommen 24 Stück 96-Port-Switches zum Einsatz. gekostet hat die gesamte Hardware, also inklusive zusätzlichem Arbeitsspeicher, Racks und die Netzwerkhardware 5,2 Millionen US-Dollar und damit etwas mehr, als man sich zum Ziel gesetzt hatte. Das komplette System wiegt 36 Tonnen, bietet 176 TB Festplattenkapazität und benötigt eine 3 MW doppelt redundante Stromversorgung mit zusätzlicher Notstromversorgung. Die Racks sind flüssigkeitsgekühlt, da der Einsatz von Lüftern eine Windgeschwindigkeit von fast 100 km/h erzeugen würde. Beim Zusammenbau des unter Fankreisen BigMac genannten Clusters wurden das erste Mal die Rechner so angeordnet, dass sich die Lufteinlässe - also die Vorderseite - immer gegenüber befanden und entsprechen die Luftauslässe - die Rechnerrückseite - positioniert. Somit kann man nun einen Gang zwischen den Racks für das Zuführen kalter Luft benutzen und den darauf folgenden Gang zum Abführen der erwärmten Luft. Da die Luftströme somit besser sortiert sind, ist die Kühlung wesentlich effizienter.

5.2 Anwendungen

Eine weitere wichtige Komponente eines Clusters ist auch noch die Software, die auf ihm läuft [9]. Beim Betriebssystem hat man sich bewusst für Mac OS X und gegen Linux entschieden aus dem einfachen Grund, als dass es keinen Support für Linux gibt. Auch wurden zum Beispiel die Netzwerkkartentreiber für das Mellanox-Netzwerk von InfiniBand zusammen mit Apple entwickelt und implementiert.

Für das reine Arbeiten wird auf dem Cluster MPI für die Kommunikation untereinander benutzt. Des Weiteren liegen Compiler für C, C++ und Fortran 77/90/95 vor. Um das System besser administrieren zu können ist das von der Virginia Tech entwickelte Tool "Déjà vu" auf Mac OS portiert. Dabei handelt es sich um ein Programm, das während des Abarbeitens eines Jobs auf dem Cluster Checkpoints setzen kann, die den Checkpoints im Datenbankbereich vergleichbar sind. Wird durch Déjà vu ein fehlerhafter Knoten im laufenden Betrieb entdeckt, so wird der darauf laufende Job umgelagert und der fehlerhafte Knoten neu gestartet. Ist dieser nun wieder bereit, wird der Job wieder auf dem Knoten gestartet, allerdings bereits ab der Stelle, an der der Checkpoint gesetzt wurde. Auch kann man Jobs von diesem Cluster auf einen anderen Cluster mit installiertem Déjà vu umlagern, wo dieser dort dann weiterläuft.

Mit dem System X genannten Cluster aus lauter frei im Handel erhältlichen Desktoprechnern hat Virginia Tech bewiesen, dass es mit einem relativ geringen Mittel an Finanzen möglich ist, einen Supercomputer zu bauen. Beim Feststellen der Leistung des System X mit dem Linpack Benchmark hat es der Cluster auf den 3. Platz der Top500 mit 10,29 TFLOP/s geschafft und dabei nur 5,2 Millionen US-Dollar gekostet (Stand: November 2003). Der auf Platz zwei liegende ASCI Q aus den Los Alamos Laboratorys hat bei einer Mehrleistung von 3,6 TFLOP/s - ca. das 1,3fache - mehr als das 41fache - 215 Millionen US-Dollar - gekostet.

5.3 Weiterentwicklung des System X



Abbildung 8: zweite Version des System X

Mittlerweile ist das System X von Grund auf neu zusammgebaut worden. Diesmal wurden Apples Xserve G5 gekauft. Diese unterscheiden sich nur in geringem Maße von den PowerMacs G5: Neben weniger Festplattenplatz und einer um 300 MHz höheren Prozessortaktrate fehlt ihnen die Grafikkarte. Dafür sind sie extrem klein und nehmen nur noch knapp ein Drittel der Fläche ein. Des Weiteren wurde auch die Software und das Betriebssystem optimiert, so dass eine effektive Rechenleistung von 12,25 TFLOP/s erreicht wurde. Dieser Aufwand hat gerade einmal weitere 600.000 US-Dollar gekostet, da man die Komponenten des ersten BigMac teilweise wiederverwerten konnte und die PowerMacs verkauft wurden. Diese neue Architektur bedeutet nach neuestem Stand Platz 6 in der Top500 (Stand: 10. November 2004). Der sechste Platz ist damit zu erklären, als dass mittlerweile weitere hochspezialisierte Großrechner - der BlueGene/L ist ein Beispiel dafür - die Top500 erobern und es mittlerweile nicht mehr so einfach ist, kostengünstig einen off-the-shelf-Cluster in der Top3 zu positionieren.

6 24. Liste der Top500

| Rank | Site Country/Year | Computer / Processors Manufacturer | R_{max} R_{peak} |
|------|---|---|-------------------------|
| 1 | <u>IBM/DOE</u> United States/2004 | <u>BlueGene/L beta-System</u> <u>BlueGene/L DD2 beta-System (0.7 GHz PowerPC 440)</u> / 32768 IBM | 70720 91750 |
| 2 | <u>NASA/Ames Research Center/NAS</u> United States/2004 | <u>Columbia</u> <u>SGI Altix 1.5 GHz, Voltaire Infiniband</u> / 10160 SGI | 51870 60960 |
| 3 | <u>The Earth Simulator Center</u> Japan/2002 | <u>Earth-Simulator</u> / 5120 NEC | 35860 40960 |
| 4 | <u>Barcelona Supercomputer Center</u> Spain/2004 | <u>MareNostrum</u> <u>eServer BladeCenter JS20 (PowerPC970 2.2 GHz), Myrinet</u> / 3564 IBM | 20530 31363 |
| 5 | <u>Lawrence Livermore National Laboratory</u> United States/2004 | <u>Thunder</u> <u>Intel Itanium2 Tiger4 1.4GHz - Quadrics</u> / 4096 California Digital Corporation | 19940 22938 |
| 6 | <u>Los Alamos National Laboratory</u> United States/2002 | <u>ASCI Q</u> <u>ASCI Q - AlphaServer SC45, 1.25 GHz</u> / 8192 HP | 13880 20480 |
| 7 | <u>Virginia Tech</u> United States/2004 | <u>System X</u> <u>1100 Dual 2.3 GHz Apple XServe/Mellanox Infiniband 4X/Cisco GigaE</u> / 2200 Self-made | 12250 20240 |
| 8 | <u>IBM - Rochester</u> United States/2004 | <u>BlueGene/L DD1 Prototype (0.5GHz PowerPC 440 w/Custom)</u> / 8192 IBM/ LLNL | 11680 16384 |
| 9 | <u>Naval Oceanographic Office (NAVOCEANO)</u> United States/2004 | <u>eServer pSeries 655 (1.7 GHz Power4+)</u> / 2944 IBM | 10310 20019.2 |
| 10 | <u>NCSA</u> United States/2003 | <u>Tungsten</u> <u>PowerEdge 1750, P4 Xeon 3.06 GHz, Myrinet</u> / 2500 Dell | 9819 15300 |

Abbildung 9: 24. Liste der Top500 (November 2004)

Der vorgestellte Supercomputer BlueGene/L wurde nun mit einer Leistung von maximal 70,7 TFLOP/s auf Platz eins gelistet. Das Hardware- und Softwareseitig aufgerüstet System X ist mit 12,25 TFLOP/s auf Platz sieben zu finden.

7 Verzeichnisse

7.1 Quellenverzeichnis

- [1] <http://www.top500.org>
Top500
- [2] <http://www.netlib.org/benchmark/hpl/>
HPL - A Portable Implementation of the High-Performance Linpack Benchmark for Distributed-Memory Computers
- [3] <http://www.netlib.org/linpack/>
LINPACK
- [4] <http://www.research.ibm.com/bluegene/>
IBM Research | Projects | Blue Gene
- [5] http://www.llnl.gov/asci/platforms/bluegenel/bluegene_home.html
Lawrence Livermore National Laboratory
- [6] <http://www.apple.com/education/science/profiles/vatech/>
Apple Academic Research
- [7] <http://www.apple.com/education/science/profiles/vatech/pdf/vatech020404.pdf>
Virginia Tech Story
- [8] <http://www.tcf.vt.edu/>
Virginia Tech.
- [9] <http://www.chaosmint.com/mac/vt-supercomputer/>
Detailed Notes from Virginia Tech Supercomputer Presentation
- [10] <http://www.heise.de/newsticker/archiv/>
Heise Newsticker Archiv