



Referat

„Geschichte und Menschen des Supercomputing“

Von

Cathrin Firchau, Christiane Hein und Paul Rusbült



Inhaltsverzeichnis

| | | |
|--------|----------------------------------------------------|----|
| 1. | EINFÜHRUNG „DAS UNIVERSUM ALS RIESENRECHNER“ | 3 |
| 2. | DEFINITION SUPERCOMPUTER..... | 4 |
| 3. | GESCHICHTE | 6 |
| 3.1. | DER ERSTE COMPUTER..... | 6 |
| 3.2. | DIE ERSTEN SUPERCOMPUTER | 6 |
| 3.2.1. | EINFÜHRUNG VON MEHRPROZESSORSYSTEMEN | 8 |
| 3.3. | ERFASSUNG DER SUPERCOMPUTER..... | 8 |
| 3.4. | SUPERCOMPUTER AB 1999/2000 | 8 |
| 3.5. | DER EHEMALS SCHNELLSTE SUPERCOMPUTER | 9 |
| 3.6. | GRID-COMPUTING | 10 |
| 3.7. | SUPERCOMPUTER HEUTE | 11 |
| 4. | PERSONEN | 12 |
| 4.1. | EINLEITUNG..... | 12 |
| 4.2. | BEGINN SEINER KARRIERE | 12 |
| 4.3. | SEINE COMPUTER: DIE ERSTEN SUPERCOMPUTER..... | 13 |
| 4.4. | GALLIUM-ARSENID - DIE SACKGASSE | 16 |
| 4.5. | NANOTECH-BIOCOMPUTER - DIE CRAY 4..... | 16 |
| 4.6. | LEBENS- UND ARBEITSAUFFASSUNG | 19 |
| 4.7. | CRAYS EINSTELLUNG ZUR „FAMILIE“ | 20 |
| 4.8. | SONDERHEITEN | 21 |
| 4.9. | SEIN ENDE/ZUKÜNFTIGES..... | 21 |
| 5. | BEISPIELE VON SUPERCOMPUTERN | 22 |
| 5.1. | RED STORM | 22 |
| 5.2. | PROJECT COLUMBIA | 23 |
| 6. | AUSBLICK / THEORETISCHE SUPERCOMPUTER..... | 25 |
| 6.1. | QUANTENCOMPUTER | 25 |
| 6.2. | WET- UND BIO-WARE..... | 26 |
| 7. | FAZIT..... | 26 |
| 8. | QUELLEN | 26 |
| 8.1. | WEBLINKS | 26 |
| 9. | ABBILDUNGSVERZEICHNIS..... | 27 |
| 10. | STICHWORTVERZEICHNIS | 27 |

1. Einführung „Das Universum als Riesenrechner“

Seth Lloyd ist theoretischer Physiker am Massachusetts Institute of Technology (MIT) und forscht auf dem Gebiet der Informationsspeicherung und –verarbeitung. Er hat sich die Frage



gestellt: Wenn das Universum ein Supercomputer wäre, wie groß ist dann seine Rechenleistung?! Als Grundgedanke nahm er die These an, dass sich jede Veränderung in einem physikalischen System als Berechnung betrachten lässt. Was leistet also das Weltall, das größte bekannte physikalische System?

Abbildung 1: Seth Lloyd

Der Physiker rechnete nach, wie viel Informationen das Universum enthält, und wie viele Rechenschritte es seit seiner Entstehung vor ca. 14 Milliarden Jahren vollzogen hat. Seine Ergebnisse, welche sich naturgemäß in wahrhaft kosmischen Größen bewegen, veröffentlichte er in der Fachzeitschrift „Physical Review Letter“.

Die Parallele, weshalb man das Universum als Computer ansehen kann, wird nach Ansicht von Lloyd erst dann offensichtlich, wenn man die Welt aus Sicht der Quantenphysik betrachtet. Springt ein Teilchen von einem Quantenzustand in den nächsten, dann ist das vergleichbar mit einem Bit, das vom Informationswert „0“ auf „1“ schaltet.

Informationen werden in der einen oder anderen Form in jedem physikalischen System gespeichert und verarbeitet. Die physikalischen Gesetzmäßigkeiten bestimmen dabei die Menge der Informationen, die ein System speichern kann (Anzahl der Bits), und die Anzahl der elementaren logischen Operationen, die es ausführen kann (Anzahl der OPs). Nach den Kalkulationen des Physikers besitzt der hypothetische Riesenrechner nicht weniger als 10^{90} binäre Einheiten, die entweder den Zustand "0" oder "1" einnehmen können. Um den derzeitigen Zustand des Universums zu erreichen, müsste der kosmische Computer mit diesen Bits 10^{120} elementare Rechenoperationen ausgeführt haben.

Um von einem Zustand in den nächsten zu wechseln, wird Energie benötigt. Auf dieser Grundlage ermittelte der Physiker auch die Zahl der kosmischen Rechenschritte: Er schätzte



die gesamte im Universum vorhandene Energie mit Hilfe von Einsteins Formel $E = mc^2$. Aus dem ungefähren Alter und der Energiedichte im Weltall schloss Lloyd auf die nötigen Rechenoperationen. Die Rechengeschwindigkeit des Universums verändert sich also bei seiner Ausdehnung. Als es noch jung und dicht war, rechnete es besonders schnell, im Laufe seiner Erkaltung und Ausdehnung verlangsamte sich dann auch seine Rechenleistung.

Als Rechenschritte versteht der Wissenschaftler die Bewegungen oder Wechselwirkungen von Elementarteilchen wie Protonen, Neutronen, Elektronen oder Photonen. Die Informationen werden in den Zuständen jedes einzelnen Elementarteilchens gespeichert. So gesehen ist das Universum damit beschäftigt, im Laufe der Zeit seine eigene dynamische Entwicklung zu errechnen: In dem Maße, wie die Kalkulation fortschreitet, spielt sich auch die Realität ab.

Lloyds Gedankenspiele mögen auf den ersten Blick fantastisch wirken, sie haben aber durchaus ernste Hintergedanken. "Zu verstehen, wie sehr große komplexe Systeme Informationen verarbeiten, ist der Schlüssel zum Verständnis ihres Verhaltens", stellt er klar.

2. Definition Supercomputer

Ein Computer, der gegenwärtig die höchste Rate an Computeroperationen durchführen kann. Hauptsächlich für wissenschaftliche und technische Applikationen genutzt, die sehr große Datenbanken oder eine große Anzahl an Berechnungen durchführen müssen (oder beides).

www.genomicglossaries.com/content/computers.asp

Die schnellsten Computer. Supercomputer sind teuer, aber um ein Vielfaches schneller als normale Heim-Computer. library.thinkquest.org/C007645/english/glossary-start.htm

Die teuerste und leistungsfähigste Kategorie von Computern (z. Bsp. CRAY II), die zu einem bestimmten Zeitpunkt verfügbar ist. Hauptsächlich werden sie genutzt, um bei Forschung und Wissenschaft zu assistieren, auftretende Probleme zu lösen und riesige Mengen an Daten zu verarbeiten. myphliputil.pearsoncmg.com/student/bp_jessup_ist_1/JessupGlossary.html



Es ist die Klasse der Universalcomputer, die zu einem bestimmten Zeitpunkt zum Einen schneller sind als ihre kommerziellen Konkurrenten und zum Anderen ausreichend Hauptspeicher haben, um Problemstellungen zu lösen, wegen denen sie gebaut wurden. Spezifische Merkmale sind Speicher, Verarbeitungsmenge, Rechenleistung und andere computerspezifische Fähigkeiten, die zu Performance führen. Folglich existiert kein Mengenmaß an Computerstärke in weitreichenden/umfangreichen wissenschaftlichen Prozessen, und eine präzise Definition von Supercomputern ist schwierig zu formulieren. Supercomputing ist demnach beides: Die Kunst und die Wissenschaft des Schreibens und Benutzens von Software, die einem User erlaubt, die höchste Performance auf einem bestimmten Supercomputer-System zu erreichen, um das System und seine Ressourcen am effizientesten zu nutzen. www2.sccc.ru/Litera/gloss/Glossary.html

Die leistungsfähigsten Großrechner, welche außergewöhnliche Hochgeschwindigkeitsoperationen ausführen, während sie geschickt mit riesigen Mengen an Informationsdaten umgehen. www.nuhorizons.com/Glossary/ComputerConcepts.html

Ein Computer, der eine riesige Informationsmenge oder komplizierte und teure Berechnungen sehr schnell bearbeiten kann. Supercomputer können komplexe, mathematische Gleichungen in wenigen Stunden auflösen, welche einem Wissenschaftler mit Papier und Bleistift ein Leben kosten würden bzw. Jahre, wenn er einen Taschenrechner benutzt. www.webfx.com/gloss/s.htm

Benutzt für Wetterprognosen, zur Navigation von Satelliten, Technisches Design, Testzwecke, Ver- und Entschlüsselungen. Sie kosten einige Millionen, deshalb gibt es nur einige. www.jegsworks.com/Lessons/reference/glossary-s.htm

Schnellstes Rechengert, welches jemals erfunden wurde. Sie können Billionen von Programmanweisungen pro Sekunde bearbeiten. www.mhhe.com/it/oleary/ce01-02/student/olc/glo_ch12.mhtml

Ein ausgedehnter Begriff für einen der schnellsten, gegenwärtig zur Verfügung stehenden Computer. Diese Maschinen werden meist für Zahlenprobleme genutzt, einschließlich wissenschaftlicher Simulationen und Grafiken.



www.oremjr.alpine.k12.ut.us/~ar178/html/computers/glossary.html

3. Geschichte

3.1. Der erste Computer

Um mit der Geschichte des Supercomputers beginnen zu können, muss man eigentlich bei der Entwicklung der einfachen Computer beginnen, aus denen sich im Laufe der Zeit immer leistungsstärkere Computer entwickelt haben.

Die Anfänge des Computers machte die eine Maschine 1880 die vom 25 jährigen Amerikaner Herman Hollerith zur Auswertung einer Volkszählung entwickelt wurde. Sie verwendete die Lochkartentechnologie und konnte doppelt so schnell wie ein Mensch rechnen. Hollerith nannte seine Firma übrigens International Business Machines Corporation (IBM).

3.2. Die ersten Supercomputer

Nach den Anfängen von Hollerith entwickelten sich die Computer mit rasender Geschwindigkeit. So wurden die Aufgaben, die von der Computern zu lösen waren immer komplexer. Bald war schon klar, dass mit der Rechenleistung eines einzelnen Computers die Aufgaben nicht mehr bewältigt werden können. So wurden Rechner entwickelt, die aus mehreren Teilrechnern bestehen. Diese arbeiten parallel, so dass virtuelle Rechenleistungen entstehen, die schaltkreistechnologisch nicht zu realisieren sind. Die klassische Variante des Supercomputers ist ein Gerät, das mit mehreren Prozessoren und viel Speicher ausgestattet ist.

Als Supercomputer wurden in den 50ern und 60ern Jahren Computer bezeichnet, die im Verhältnis zu damaligen Computern enorm leistungsfähiger waren. Sie waren meistens so groß, dass sie in so großen Räumen wie Turnhallen untergebracht werden mussten. Sie waren nicht nur enorm groß, sondern auch teuer. So beliefen sich die Kosten für einen Supercomputer auf mehr als 50 Millionen Dollar. Das entspricht heute etwa einen Wert von 50 Millionen Euro. Dabei waren diese Computer bei weitem nicht so leistungsstark wie die heutigen Heim-PCs.

Bereits seit 1964 gibt es Rechner zur Bewältigung paralleler Rechenaufgaben.

Der erste dieser Rechner, der CDC 6600 wurde von der Control Data Corporation entwickelt. Bereits fünf Jahre später war das Nachfolgemodell CDC Cyber 76 10mal so schnell wie sein Vorgänger.

In Deutschland erhielten die Supercomputer 1973 Einzug. Im Regionalen Rechenzentrum von Hannover wurde der damals schnellste Rechner der Welt mit einer Taktrate von 36MHz und einer Leistung von ca. 5 MFlops, was einer Leistung von 5 Millionen Gleitkommaoperationen pro Sekunde entspricht, installiert.

Der erste offiziell installierte Supercomputer, die Cray-1 schaffte 1976 ca. 160 MegaFLOPS, bzw. 130 Megaflops bei der Matrizenberechnung, und war der erste Computer mit Vektorverarbeitung. Er wurde von Seymour Cray entwickelt. Der Hauptspeicher wurde auf 8 MB erweitert. 1979 kam einer dieser Rechner im Max-Planck-Institut für Plasmaforschung zum Einsatz.

Parallel zu Cray entwickelte CDC den Cyber 203 und darauf den Cyber 205. Es handelte sich bei diesen ebenfalls um einen Vektorrechner. Jedoch verlor die Firma in kürzester Zeit einen Großteil ihrer Kunden an Konkurrenten und ging 1989 Konkurs.

Im Jahre 1982 beteiligten sich auch erstmals die Japanischen Hersteller auf dem Markt



des Supercomputings. Der Hersteller Siemens vermarktete die VP100/200/400-Rechner von Fujitsu in den Jahren ab 1985 mit steigendem Erfolg in Hochschule, Forschungseinrichtungen und der Industrie.

1986 gab es 187 Supercomputer weltweit. Nur sechs Jahre später gab es bereits 500 Supercomputer weltweit, wovon 41% in Japan, 33% in den USA/Kanada und 22% in Europa standen. Die restlichen Prozent waren auf der restlichen Welt verteilt.

Abbildung 2: Cray 1



3.2.1. Einführung von Mehrprozessorsystemen

Durch die immer weiter steigenden Hardwareanforderungen wurde ab 1988 die Entwicklung von Rechnersystemen mit multiplen Prozessoren vorangetrieben. So wurden von Cray mit dem Cray X-MP und der Cray-2 (mit vier CPUs) die ersten Multiprozessorsysteme entwickelt. Sie waren beide Weiterentwicklungen der Cray-1. Auch IBM konnte sich mit dem S/390 Mainframe auf dem Markt behaupten.

Diese Mehrprozessormaschinen konnten jedoch irgendwann auch nicht mehr dem Druck der immer größer werdenden Anforderungen an die Hardware erfüllen. So kam 1991 erstmals der Gedanke auf die Rechenoperationen so zu optimieren, dass die Rechenlast auf mehrere Rechner gleichzeitig verteilt werden konnte. Zu diesem Zweck wurde die so genannte Parallel Virtual Machine entwickelt. Das Prinzip, welches dahinter stand war, dass mehrere Workstation Cluster zu einem „lose gekoppelten“ Parallelrechner verbunden wurden.

Um diese Rechenoperationen weiter zu verbessern und zu verwalten, wurde 1993 das erste Lastverteilungsprogramm entwickelt und somit die Grundlage für heutige Cluster gelegt.

3.3. Erfassung der Supercomputer

Seit 1993 gibt es auch einen weltweiten Vergleich der Supercomputer. Hans-Werner Meurer, der damalige Leiter des Rechenzentrums in Mannheim, erstellte die *Top 500* mit den 500 schnellsten Rechnern der Welt. Um die Rechenleistung zu vergleichen, wird hierzu der besonders rechenintensive Linpack-Algorithmus verwendet.

3.4. Supercomputer ab 1999/2000

Im Jahre 1999/2000 kam der Leistungsfähigste Supercomputer von Intel. Der Ascii Red besteht aus 9.472 Prozessoren und wird zur Simulation von Atombombenexplosionen genutzt. Er ist in den Sandia National Labs in Albuquerque in New Mexico aufgebaut und besitzt eine Leistung von 2,4 tausend Gigaflops.

Ein weiterer bedeutender Supercomputer aus dem Jahre 1999 ist der Power Mac G4 von Apple. Dieser reichte als erste PC überhaupt in den Leistungsbereich der so genannten Supercomputer herein. Das besondere an ihm ist, dass er im Gegensatz zu



seinen Kollegen relativ günstig ist und seine Kosten „bezahlbare“ Dimensionen annehmen. Zudem war seine Leistung mit mehr als eine Milliarde Fließkomma-Operationen(Gigaflops) beachtlich.

2000 baut IBM an einem Supercomputer für die Genom Forschung. Dieser soll die Entschlüsselung der menschlichen Genstruktur unterstützen. Er soll 7,5 Billionen Berechnungen pro Sekunde schaffen und ist somit 600 mal schneller als der Deep Blue, der 1997 den Schachweltmeister Gari Kasparow geschlagen hat. Die Maschine besteht aus einem Cluster und wird 1250 CPUs, 2,5 TByte RAM, 50 TByte Speicher sowie eine Netzwerk-Infrastruktur mit hoher Bandbreite verfügen. Bis 2005 will IBM diesen Rechner fertig gestellt haben.

Mitte 2000 stellte IBM mit dem RS/6000 ASCI White den damals schnellsten Rechner der Welt vor. Er hat eine Leistung von 12,3 Billionen Teraflops. Er ist 1000 mal so schnell wie der Deep Blue. Dieser Rechner hatte eine so enorme Größe, dass für seinen Transport 28 LKW nötig sind und er hat ein Gewicht wie 17 ausgewachsene Elefanten.

2000 steht mit dem SR800 F1 der vorübergehend schnellste zivile Supercomputer in München.

Er soll im Endausbau über 1.512 Prozessoren mit 168 Knoten verfügen und hat eine Leistung von 12.000 Megaflops. Nur die USA im militärischen Bereich hat zu dem Zeitpunkt drei schnellere Computer, die zur Kontrolle der Atomwaffen eingesetzt werden.

Wissenschaftler aus ganz Deutschland können ihn nutzen, wenn ihre Rechenoperationen von keinem anderen Computer in vertretbarer Zeit durchgeführt werden können. Er soll vor allem zur Berechnung von Modellen, der Entwicklung von Software-Methoden und Simulationen eingesetzt werden.

3.5. Der ehemals schnellste Supercomputer

Bis vor kurzem war der Earth Simulator aus Japan der schnellste Rechner der Welt. Mit seinem Bau wurde 1997 begonnen und er wurde im Mai 2002 fertig gestellt. Er wurde in einer eigens für diesen Zweck konstruierten klimatisierten Halle aufgebaut. Die Ausmaße dieses Supercomputers zeigt das folgende Bild.

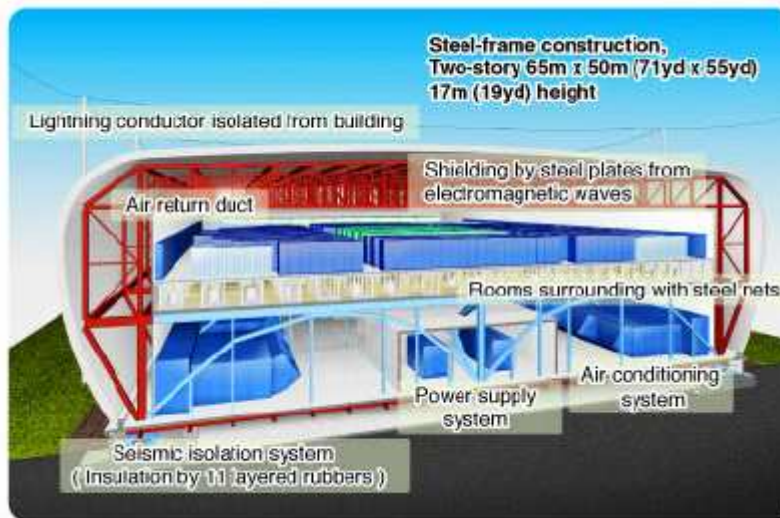


Abbildung 3: Schematische Ansicht des Gebäudes

Er soll eine künstliche Erde darstellen und etwaige Veränderungen der Umwelt, Auswirkungen auf die Natur und das Wetter vorherberechnen. Er besteht aus 5120 Prozessoren à 10 TByte RAM, Nodes aus jeweils 8 CPUs und hat eine Leistung von 35,86 TFlops (Cray: 160 MFlops).

Beowulf

Beowulfs sind Supercomputer, die aus Standardhardware aufgebaut sind. Sie haben meistens Linux-Betriebssysteme und bestehen aus vielen einzelnen Prozessoren.

3.6. Grid-Computing

Beim Grid-Computing werden mehrere Rechner weltweit zu einem großen Rechner zusammengeschlossen. Es beinhaltet eine hochkomplexe, weltweit vernetzte Informationsinfrastruktur mit differenzierten Zugangs- und Administrationsmechanismen.

Es soll jederzeit schnell und standortunabhängig auf weltweit verteilte Daten und IT-Ressourcen zugegriffen werden können. Eine Idee ist es, dass weltweit Rechenkapazität in gleicher Weise universell und transparent überall auf der Welt zur Verfügung gestellt werden soll. Dieses soll ähnlich aussehen wie die heutige



Versorgen der Welt mit elektrischer Energie. Somit sollen auch Speicher-Ressourcen einmal überall und permanent zugänglich sein.

3.7. Supercomputer heute

Einige Supercomputer (weltweit, Stand 2003):

| Name | Standort | Teraflops | Konfiguration | Zweck |
|-------------------|------------------|-----------|---------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------|
| Earth Simulator | Yokohama (Japan) | 41 | 5120 500MHz NEC CPU, 10TB RAM | Klimamodellierung |
| ASCI Q | Los Alamos (USA) | 20 | 11968 CPUs, 12TB RAM | Simulation |
| Terascale Cluster | Virginia (USA) | 18 | 1100 Dual 2.0 GHz Apple G5 (IBM PPC970 CPU), 4,4 TB RAM | Quantenchemie, Simulationen, Nanoelektronik und weitere |
| ASCI White | Livermore (USA) | 12,3 | 8192 375MHz IBM RS/6000 SP Power3, 6TB RAM | Simulation von Nuklearwaffen |
| MCR Linux Cluster | Livermore (USA) | 11,1 | 2304 Intel 2.4 GHz Xeon CPUs, 4,6TB RAM | Simulation von Nuklearwaffen |

Einige Supercomputer in Deutschland:

| Name | Standort | Teraflops | Konfiguration | Zweck |
|---------------------------|----------------------------------|-----------|-----------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------|
| p690-Knoten 1,7 GHz | Rechenzentrum Jülich | 8,9 | 1312 CPUs, 5000 GB RAM | Materialwissenschaften, theoretische Chemie, Elementarteilchenphysik, Umwelt, Astrophysik |
| pSeries 690 Turbo 1.3 GHz | MPI Rechenzentrum Garching | 4,2 | 822 CPUs, 1800 GB RAM | Zur Berechnung im Bereich der Plasmaphysik |
| Hitachi SR8000-F1/112 | Leibniz Rechenzentrum in München | 2 | 1344 CPUs, 1376 GB RAM | vektorisierbare Programme |
| Beowulf-Cluster CLIC | Chemnitz | 0,143 | 528 Pentium-III-Prozessoren (800 Mhz), 264 GB SDRAM | im Wesentlichen Forschung auf dem Gebiet der Physik an der TU-Chemnitz |
| Kepler-Cluster | Tübingen | 0,096 | 196 Pentium-III-Prozessoren mit 650 MHz | ... |

4. Personen



Abbildung 4: Cray

4.1. Einleitung

Meist werden Genies während ihres Lebens verkannt oder sogar bekämpft. Nach ihrem Tod werden sie dann von ihren Feinden als Helden herausgeputzt und ihr Name und ihre Ideen für konträre Zwecke benutzt. Dies ist bei Seymour anders gelaufen.

Einerseits hatte er Visionen, die zu der jeweiligen Zeit in der Wirtschaft als esoterisch galten. Für die Militärs machten diese Vorstellungen jedoch Sinn. Daher wurden seine Projekte immer durch militärische und offizielle Stellen finanziell gefördert. Erst diese Grundlage ermöglichte ihm die Freiheit, seine ungewöhnlichen Gedanken in die Tat umzusetzen. In der "freien" Wirtschaft wäre sein Talent verkommen beim Bau von Super-Kaufhauskassen, wie die CDC-Manager es geplant hatten.

4.2. Beginn seiner Karriere

Seymour Cray wird am 28.9.1925 Chippewa Falls in Wisconsin geboren. Nach einem Studium der Elektronik arbeitet er bei verschiedenen Firmen, tritt jedoch zum ersten mal Anfang der 60 er Jahre ins Rampenlicht, als er zur Control Data Corporation. (CDC) wechselt und dort auch Gesellschafter wird. Er geht nun dem nach, was später sein Markenzeichen werden soll : Schnellen Rechnern. Die Firma stellte bis dahin Registrierkassen her und Cray sollte diese nun digital aufbauen.

Damals war wie heute IBM bei den Großrechnern marktführend. Allerdings baute IBM vorwiegend Rechner für kaufmännische Anwendungen. Das Ziel war es einen Rechner zu haben der mit COBOL gefüttert wurde, und viele Daten verarbeiten kann,

aber nicht unbedingt schnell rechnet. Die Reaktion von IBM auf eine Ausschreibung für einen wissenschaftlichen Rechner führte 1960 zur IBM 7030 - 30 mal schneller als das IBM 704 Standardmodell, aber die Firma machte damit Verluste, denn es gab zu wenig Abnehmer.

Cray lies sich auf diesen kleinen Markt ein, der eigentlich damals nur aus Regierungsaufträgen (Für die Simulation von Kernwaffen, Raketen, Systemen für Flugzeugen etc....) bestand. Sein erster Rechner war die CDC 1604. Erschienen 1960, bestand sie vollständig aus Germanium Transistoren mit einem Takt von 0.2 MHz und einer Leistung von ca. 300 KFlops. Die CDC 1604 und der Nachfolger die 1962 erschienene CD 1604A waren zwar noch nicht schneller als andere Rechner, aber sie waren sehr zuverlässig - im Vergleich zu den Vakuum Röhren, die teilweise noch woanders den Dienst taten, und mit Preisen von 500.000-1 Mill. USD vergleichsweise preiswert.

4.3. Seine Computer: Die ersten Supercomputer

Seymour Cray schaffte es ein eigenes Labor mit Team zu bekommen um in diesem nur eines zu entwickeln: Auf Geschwindigkeit optimierte Computer. Sein Erstling in diesem Bereich, die Cyber 6600 erreichte eine Peak-Leistung von bis zu 9 MFlops - Zum Vergleich das IBM System 360, IBM's bestverkaufter Computer schaffte 300-500 KFlops. Bei der Cyber 6600 führte Cray zur Geschwindigkeitssteigerung Techniken ein, die sich 25-30 Jahre später in PCs wieder fanden: Mehrere parallel arbeitende Recheneinheiten (Superskalare Architektur), das Dekodieren mehrerer Befehle simultan (Pipelines), RISC und einiges andere mehr.

Gesteigert wurde dies 1968 mit der Cyber 7600 einem 60 Bit System mit einer Zykluszeit von nur 27.5 ns und einer Peak Performance von 40 MFlops. Der Speicher war nur 64 KWorte groß und konnte mit einem Zusatzspeicher auf 256 KWorte erweitert werden. Hier zeigte sich auch zum ersten Mal das Cray bei dem Bestreben technisch optimale Lösungen zu finden auch ästhetische Aspekte berücksichtigte: Um die Leistungswege kurz zu machen wurden die Cyber 7600 in einer Y Form entworfen. Der Rechner wurde über 14 Jahre lang produziert.

Danach verließ Seymour Cray CDC und gründete seine nächste Firma (1972), die auch heute noch seinen Namen trägt: Cray Research Inc. Er suchte nach Wegen die Leistung der Cyber 7600 zu erhöhen. Das Problem das damals Cray hatte, ist ähnlich dem das heute Computerbauer haben: Sie können nicht die Schaltgeschwindigkeit beliebig steigern, weil die Transistoren dies nicht zulassen.

Bei seinem Erstling, der Cray 1S, welche 1976 erschien erreichte er dies auf zwei Wegen. Technologisch nutzte er ECL Technologie, bei dem man die Sättigung der Basis eines Transistors vermeidet, um die Schaltgeschwindigkeit zu verbessern. Das reduzierte die Zykluszeit auf 12.5 ns. Doch erheblich wichtiger war eine neue Architektur: Die des Vektorprozessors. Cray erkannte, das seine Rechner vor allem Simulationen durchführten: Immer wieder wurden verschiedenste Daten denselben Berechnungen unterworfen. Er optimierte daher die Architektur so, das die Prozessoreinheit zwar die erste Zahl die einer Operation unterzogen wurde, langsam durchführte, doch die nächste gleiche Operation auf eine andere Zahl erheblich schneller ging. Dank der schnellen ECL Technologie war die Cray 1S aber auch bei nicht vektorisierten Programmen schnell - anders als ihre Konkurrenten von Crays früherer Firma CDC. Die 64 Bittige Cray 1S schaffte eine Spitzengeschwindigkeit von 160 MFlops bei einem Takt von 80 MHz und hatte 1 MWord (8 MByte) Hauptspeicher.

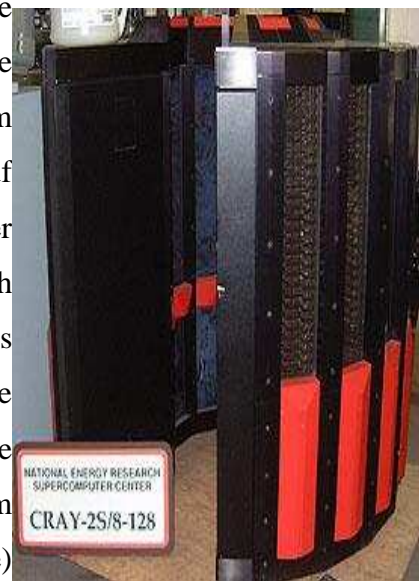


Abbildung 5: Cray 2

Dabei hielt Seymour Cray nichts von Cache RAM's sondern versorgte seine Maschinen mit riesigen RAM-Bänken aus ECL RAM mit 20 ns Zugriffszeit. Die dabei resultierende Bandbreite garantierte eifrigen Nachschub für den Vektorprozessor, der 8 Register für je 64 Daten hatte, die in einem Rutsch berechnet wurden.



Danach machte Cray einen folgeschweren Fehler, denn er später wieder wiederholte: Er meinte nun die Geschwindigkeit durch neue Chips aus Gallium Arsenid steigern zu können.

Die ersten Transistoren bestanden aus Germanium, einem teuren Material. Mit Silizium wurden später die Chips hergestellt - erheblich billiger aber auch langsamer. In den 80ern glaubte Cray mit Gallium Arsenid die Lösung gefunden zu haben: Gallium Arsenid hat erheblich beweglichere Elektronen als Silizium. Dadurch braucht man weniger Energie und vor allem schalten die Transistoren schneller: Gallium Arsenid hat Schaltzeiten im Bereich von Pikosekunden, also 1000 schneller als das Silizium in der Cray 1. Sehr bald wurde klar, dass die Cray 2 aber nicht mit Gallium Arsenid zu bauen wäre. Cray kam mit der Entwicklung nicht vorwärts und stellte auf Silizium um. Um die Wartezeit auf die Cray 2 zu überbrücken beauftragte Cray Steve Chen, eine Verbesserung der Cray 1 zu entwickeln, während er selbst an der Cray 2 arbeitete.

Die resultierende Cray X-MP erreichte mit Vier Prozessoren 860 MFlops, wobei allerdings die Geschwindigkeit eines Prozessors nur gering von 170 auf 220 MFlops gestiegen war.

1984 erschien dann die Cray 2. Mit 1 GFlop Peakperformance und vier Vektorprozessoren war sie nur unwesentlich schneller als ein Cray X-MP. Ihr Vorteil war der enorme Speicher von 2 GByte. Trotzdem war der gesamte Rechner mit 240.000 Chips in einem nur 115 cm großen 300 Grad Kreissegment von 135 cm Höhe untergebracht. Zur Kühlung wurden die gesamten Chips in Freon gebadet. Dieses machte ein Drittel der 2.5 t aus, die der Rechner wog. Wie 20 Jahre später war die Kühlung der Chips eines der Probleme die bei der Entwicklung der Cray 2 gelöst werden mussten. Cray löste es indem er keine Kühlschlangen einbrachte sondern die ganze Elektronik in Freon (nicht elektrisch leitende organische Flüssigkeit) badete.

4.4. Gallium-Arsenid - Die Sackgasse

Danach ging Seymour Cray an die Entwicklung seiner Galliumarsenid Maschine. Während in seiner Firma die als Fortentwicklung der Cray X-MP, die Cray Y- MP (8 Prozessoren mit je 333 MFlops, 6 ns Zykluszeit) entstand. Vor allem vom Militär kam das Geld, schlussendlich war damals noch Star Wars aktuell und das wäre ohne schnelle Rechner nicht machbar gewesen. Die Fortentwicklung der X-MP Serie wurde von Chen durchgeführt, während Seymour Cray an der Galliumarsenid Cray arbeitete. Bei der C-90 kam dann das Ende für Cray in seiner eigenen Firma. Es war für Cray Research unmöglich zwei Linien gleichzeitig zu betreiben. Cray Research wurde geteilt und Cray bekam seine eigene neue Firma Cray Computer Corporation. Bei Cray Research erschien noch die C-90 mit 16 Vektorprozessoren und 16 GFlops Peak Performance bei 4 GB Speicher. Doch kurz nach der Vorstellung Ende 1992 gewannen Supercomputer mit vielen parallel arbeitenden Prozessoren mehr und mehr Marktanteile, weil sie erheblich preiswerter waren. Schlussendlich hatte Cray Research genau das Problem das Seymour Cray mit seiner Gallium Arsenid. Architektur überwinden wollte: In 16 Jahren gelang es die Zykluszeit pro Prozessor nur zu verdoppeln. Technologische Weiterentwicklungen brachten einen weiteren Faktor 3, doch vor allem war eine C90 durch 16 Prozessoren schneller geworden.

Cray arbeitete weiter an der Cray 3. Er dachte beim Start 1985 bis 1988/89 die Cray 3 fertig gestellt zu haben. Doch die Entwicklung verzögerte sich und erst 1993 wurde die erste - und bislang einzige Cray 3 aufgestellt, denn nach 120 Millionen USD Entwicklungskosten stoppte das Militär den Auftrag und Cray musste Konkurs anmelden. Die Cray 3 verbrauchte 88 KW mit 64 Modulen

4.5. Nanotech-Biocomputer - Die Cray 4

Während Seymour Cray mit seiner Firma Cray Computer Inc., die er eigens für die Entwicklung der Cray 3 gegründet hatte, wegen des instabilen GaAs-Halbleiter-Materials finanziell Schiffbruch erlitt, hatte er schon längst ein neues Material als Grundbaustein für eine zukünftige Cray 4 gefunden: Eiweiße aus der Biochemie.



Es ist ja schon seit einigen Jahren bekannt, dass Genabschnitte durch die physikalisch-chemische Anordnung der Umgebung oder durch gewisse Lichtfrequenzen an- und ausgeschaltet werden können. Ähnliche Effekte in verschiedener Ausprägung treten bei allen langen Molekülketten auf.

Denn der Grund für den chemischen Zusammenhalt und die Anordnung von Atomen innerhalb der Moleküle ist die elektrische Anziehung und Abstoßung der positiv geladenen Atomkerne und deren negativen Elektronenhüllen. Die Bindungen in organischen Molekülen geschehen meist durch Überlagerungen von Elektronenpaaren zu Orbitalen.

Die ganze Chemie beruht also auf elektrostatischen Effekten, die prinzipiell quantenmechanisch berechenbar sind. Daher können elektromagnetische Felder verschiedenster Art auf diese Orbitale einwirken: elektrische Ströme, Ionen, Magnetfelder, Moleküle der Umgebung, usw. All diese Einwirkungen sind Spezialfälle von elektromagnetischen Feldern, also durch Photonen ausgelöst. Diese Lichtteilchen sind seit Maxwells Gleichungen und Einsteins Photoeffekt als die physikalischen Austauschteilchen aller elektrischen und magnetischen Felder bekannt. Daher sind Chemie und Biochemie eigentlich "Lichtwissenschaften", wobei die beteiligten Photonen nicht unbedingt aus dem schmalen optisch sichtbaren Bereich stammen müssen.

Ein kleines Molekül reagiert auf solche äußeren Interaktionen meist mit Ausweichbewegungen, bei langen Molekülketten kommt es aber wegen der Trägheit zu lokalen Drehungen und Verbiegungen, also zu Umlagerungen innerhalb der Grobstruktur. So kann sich durch eine solche Umlagerung ein Durchlass plötzlich füllen und damit eine Sperre bilden, oder eine elektronische Sperre kann freigegeben werden.

Eine Vielzahl weiterer Effekte ergibt sich aus diesen Überlegungen und wird auch technologisch erschlossen. Ein mögliches Verfahren unter vielen anderen ist die Verwendung des Peptids Flavocytochrom. Wichtig ist jedoch nur: es existieren



Moleküle, die mit geeigneten Technologien als Peptidbasiskomponenten für die digitale Logik dienen können. Diese Komponenten lassen sich als Dioden oder Schalter konstruieren oder erhalten die Funktionalität einfacher integrierter Schaltungen.

Der Vorteil der Peptiddioden liegt in den geringen Abmessungen: ihre Größenordnung bewegt sich im Nanometerbereich, das sind milliardstel Meter. Sie sind damit ungefähr um den Faktor zehntausend kleiner als die Halbleiterelemente in den heute üblichen Mikrochips. Sie lassen sich auch sehr dicht packen, da die auftretenden Schaltphänomene in der Größenordnung der Quantenmechanik liegen, und somit nicht die gewöhnlichen Isolationsprobleme auftreten.

Der einzige Nachteil ist die Kurzlebigkeit der Peptide. Wie echte biologische Masse vergammeln die Bausteine im Lauf der Zeit. Dies ist zwar sehr förderlich bei der Entsorgung, behindert aber die tägliche Arbeit erheblich - zumindest nach Ablauf der Garantiezeit. Damit der Biocomputer nicht zum Komposthaufen degeneriert, sind also noch einige Anstrengungen in der Grundlagenforschung angesagt. Möglicherweise wäre Seymour wieder finanziell über die Stabilität des Materials gestolpert, da er nicht über die Labors der biochemischen Industrie verfügte. Wahrscheinlich wäre ihm dies genauso egal gewesen wie bei dem Bankrott seiner vorigen Firma Cray Computer Inc.

Seymours Geschichte wiederholt sich zyklisch. Bei der Einführung der Transistoren und ICs hatte Seymour Cray die Idee, die neuen Bausteine für digitale Rechner zu verwenden. Das gleiche geschieht nun wieder mit den Peptidmolekülen.

Der Entwurf für die geplante Cray 4, den ersten ernsthaften Peptid-Computer, war schon fertig. Seymour gründete einige Wochen vor seinem kürzlichen Tod eine neue Firma, die diesen Biocomputer bauen sollte. Er ist revolutionär, einmalig in Leistung und Design.

Die Cray 4 sollte bei verbesserter Funktionalität gegenüber den heutigen Cray-Computern ein handlicheres Format haben: die Größe eines menschlichen Gehirns. Wie man Seymour mittlerweile kennt, wird man vermuten, dass die äußere Form wohl



auch entsprechend ausfällt. Als Kühlflüssigkeit verwendet Seymour schon seit längerem eine zähe Flüssigkeit, die auch als Komponente für künstlichen Blutersatz in der Medizin verwendet wird. Man kann also mutmaßen, dass Seymour den Begriff Biocomputer wörtlicher genommen hat, als manchen Technikkritikern lieb sein wird.

Aus einigen Andeutungen in einem Interview kann man entnehmen, dass sich durch diese Technik äußerst leistungsfähige Computer herstellen lassen, die in der Serienproduktion auch sehr billig werden. Seymour schätzt, dass bei den kommenden Systemen 99,99% des finanziellen Aufwands auf die Software entfallen werde. Dies ist für die freie Software-Szene natürlich eine überaus gute Nachricht. Das bedeutet nämlich, dass jeder mit einem künftigen "distributed Linux" einen Klasserechner praktisch "fer umme" haben kann.

4.6. Lebens- und Arbeitsauffassung

Passend zum esoterischen Visionärsberuf wird Seymours Lebens- und Arbeitsweise von seinen Mitarbeitern als zurückgezogen und einsiedlerisch beschrieben. Sein Wesen war durch seine Schlichtheit für viele nicht fassbar, fremdartig, wie von einem anderen Planeten. Sie berichten oft von seiner charismatischen Ausstrahlung. Begegnungen mit Seymour sind meist sehr einfach verlaufen, haben aber trotzdem einen unerklärlich nachhaltigen Eindruck hinterlassen. Viel zu den fast ausschließlich positiven Echos mag beigetragen haben, dass Seymour im normalen Umgang nicht autoritär war, sondern Autorität ausstrahlte. In fachlichen Dingen wurde er jedoch laut und war absolut kompromisslos.

Die Einfachheit war auch ein prägendes Motiv in Seymours Lebensweise. Er legte keinen Wert auf Luxus oder Äußerlichkeiten, obwohl er eigentlich genug Geld zur Verfügung hatte. Sein Auto war ein alter Dodge, für amerikanische Verhältnisse ein Skandal im Understatement. Seine Büros waren schmucklos. Genauso spartanisch ist die Ausstattung der Cray-Computer, sie haben bis auf einen Netzanschluss keinerlei Peripheriegeräte: die Beschränkung auf das Notwendige.

Ästhetik war für Seymour ein fundamentales Gestaltungsmittel. Sein Konstruktionsprinzip hieß: Funktion und Form bedingen sich gegenseitig. Seymour legte viel Wert auf das Denken in Zyklen. Diese Denkweise ist erst durch die Kybernetik in die westliche Art des wissenschaftlichen Arbeitens eingezogen. Das Analogon beim Programmieren ist der objektorientierte Ansatz, der bekanntlich auf mehreren verschachtelten Unendlichschleifen beruht. Auch hier war Seymour seiner Zeit voraus. Aus dem Vertrauen auf sich wiederholende Zeitabläufe schöpfte er Zuversicht, wenn seine Computer gerade nicht in Mode waren. Die Kurve seiner finanziellen Rendite ist durch mehrfache ausgeprägte regelmäßige Wechsel von Boom und Beinahepleite über 40 Jahre hinweg gekennzeichnet.

4.7. Crays Einstellung zur „Familie“

Er war selber zweimal verheiratet. Seine erste Ehe ging während der Entwicklung der Cray 1 (1971-75) in die Brüche, da er wie ein Besessener daran arbeitete. Nach der Scheidung änderte es sein Leben fast komplett, als Mann der schon 50 Lenze zählte, wobei er mehr Sportarten ausübte. Besonders das Segeln hatte es ihm angetan. Während dieser Lebensphase lernte er seine zweite Frau kennen.

Ein sehr ungewöhnlicher Wesenszug war auch Seymours Einstellung zu Kunden, Mitarbeitern und Konkurrenz. Er betrachtete alle als eine große Familie, als Freunde, die ihm durch ihre Rückmeldungen Ideen zu weiteren Verbesserungen brachten. Viele Mitarbeiter aus früheren Firmen fand er später in seinen Konkurrenzfirmen wieder; er betrachtete sie auch dann noch als seine Freunde. Er war nicht auf eine Firma festgelegt, wie sich auch an der Anzahl seiner Neugründungen ablesen lässt. Dieses übergreifende Denken ist für wirtschaftliche Verhältnisse äußerst ungewöhnlich. Aber Seymour gehörte nie zur Wirtschaft. Er strebte nicht nach Kommerz und gab Führungspositionen so schnell wie möglich an andere weiter. Er versuchte, Technik und Management zu trennen, damit so jeder Mitarbeiter seine Qualitäten am richtigen Platz zur Geltung bringen konnte. Seymour verdiente seinen Lebensunterhalt einfach nebenher, ohne sich selbst allzu sehr um die geschäftliche Seite zu kümmern.



Ein Zitat von Seymour lautet: "Die Arbeit war in sich selbst ein Ziel für mich". Er genoss nicht den Ruhm einer neuen Errungenschaft, sondern sah während der Konstruktionsphase des aktuellen Computers bereits die Verbesserungen für das nächste Projekt. Seine einzige Motivation war einfach, immer den nächsten besseren Computer zu bauen. Seine Arbeit sieht mehr wie ein Hobby aus und nicht nach Geldscheffeln. Vielleicht ist die Freude an seinem "Hobby" Computerdesign der Schlüssel zu seinem Erfolg.

4.8. Sonderheiten

So mag Seymours Naturverbundenheit für viele überraschend sein. Man stellt sich einen Hardwaredesigner wohl eher nüchtern und kalt berechnend vor. Doch Seymour Cray hatte ein Herz für das Leben. Zur Fabrikation der Cray-2 wurden spezielle farbige Kunststoffe als Dekor für das Gehäuse verwendet. Jemand machte den Vorschlag, statt dieser teuren Materialien einfach Leder zu verwenden. Seymour antwortete: "Ich glaube nicht, dass diese Maschine es wert ist, eine Kuh zu töten." Dies wurde von Cray's Konstrukteuren bis heute respektiert.

4.9. Sein Ende/Zukünftiges

Bevor er Seymour Cray die Cray 4 verwirklichen konnte, starb er am 5. Oktober 1996 bei einem Verkehrsunfall in Colorado Springs im Alter von 71 Jahren.

Die Cray Research Inc. ist mittlerweile wieder dazu übergegangen, auch rechteckige Kästen zu bauen, die Seymour so abstoßend fand. Doch das Innere enthält die runden Formen, die Seymours Designer-Markenzeichen sind. Das Styling der Kastenform ist jedoch gut gelungen, die Computerboxen sehen flott und wuchtig aus. Die inneren Eigenschaften Schnelligkeit und Stärke spiegeln sich also auch hier in der Form wieder, jedoch ist die Form nicht die Hüllkurve der Funktion. Es wird also wohl Hohlräume zwischen der global abgerundeten Form der massiv-parallelen Anordnung der Einzelprozessoren geben. Dies ist eventuell nicht optimal für Seymours Flüssigkeitskühlungen. Zukünftiges aus dem Hause Cray Research Inc. ist das Projekt Redstorm.

5. Beispiele von Supercomputern

5.1. Red Storm

Die Architektur des Red Storm Supercluster wurde durch die Cray Inc. gebaut. Der Spitzname des 40 Terraflops Systems ist „Thor’s Hammer“.

Im Folgenden die Hauptcharakteristika des Systems, welches für klassische Arbeiten („rote“ Knoten) genauso wie für unklassische Forschung („schwarze“ Knoten) funktioniert:

- True MPP, erschaffen als Single-System
- Verteilter Speicher MIMD → Paralleler Supercomputer
- 3D Netzverbindung (Jeder Rechenknoten-Prozessor hat in beide Richtungen eine Verbindung zum Hauptkommunikationsnetzwerk)
- 108 Rechenknotenschränke und 10.368 Rechenknotenprozessoren (AMD Opteron mit 2.0 GHz)
- Über 10 TB DDR Memory zu 333MHz
- Red/Black Switching: $\sim 1/4$, $\sim 1/2$, $\sim 1/4$
- 8 Service and I/O Schränke an jedem Ende (256 Prozessoren für jede Farbe)
- 240 TB Plattenspeicher (120 TB pro Farbe)
- Funktionale Hardware-Partitionen: Service und I/O Knoten, Rechenknoten, und RAS Knoten
- Partitioned Operating System (OS): LINUX an Service, I/O Knoten und an RAS-Knoten, LW (Catamount, von Sandia) an Rechenknoten
- Separates RAS- und System Netzwerk (Ethernet) → Router für Verbindung
- Weniger als 2MW Gesamtverbrauch und Kühlung
- Weniger als 280 m² Stellfläche



Das erste Viertel der \$90 Millionen, 41,5 Terraflops Maschine wurde Ende September in Sandia installiert und soll bis spätestens Januar laufen, sagt Bill Camp (Director of Computation, Computers, Information and Mathematics in Sandia), der die Anstrengungen leitet, um diese innovative Maschine zu gestalten und zu montieren.

Der neue Supercomputer soll aus mehr als 10.000 Opteron 64-bit-Prozessoren bestehen, die über den AMD-eigenen HyperTransport-Bus miteinander verbunden werden. Mit einer Leistung von 40 Billionen Berechnungen pro Sekunde (40 Terraflops) würde Red Storm den aktuellen Spitzenreiter bei den Supercomputern, den Earth Simulator des japanischen Herstellers NEC, überflügeln. Dieser liefert derzeit 35,9 Terraflops.

Aktuell setzt Sandia den "ASCI Red Supercomputer" u.a. für Simulationen von nuklearen Explosionen ein. "Red Storm" soll diese Aufgaben übernehmen und dabei mehr als siebenmal schneller sein. "Dieser Computer erlaubt die Modellierung und Simulation von solch komplexen Aufgabenstellungen, die erst kürzlich noch als praktisch oder sogar theoretisch unmöglich erschienen.", kommentierte Tom Hunter, Sandias Senior Vice President des US-Nuklearwaffenprogramms. "Berechnungen, die vor einigen Jahren noch Monate gedauert hätten, werden dann in wenigen Minuten erledigt sein." Der Vertrag von Cray und Sandia enthält eine Option über ein Upgrade von "Red Storm" auf 60 Terraflops. Ende 2005 soll die Maschine fähig sein, 100 Terraflops zu erreichen, nachdem jeder Single-Prozessor Chip durch einen neuen Chip ersetzt wurde, welcher zwei unabhängige Prozessoren besitzt, von denen jeder um 25% schneller läuft als der Originalchip. Die Architektur dieses Systems ist nach Angaben eines Technikers von Sandia sogar bis mehrere Hundert Terraflops skalierbar.

5.2. Project Columbia

Bestehend aus einem integriertem Cluster von 20 verbundenen SGI® Alti® 512-Prozessor Systemen, d.h. mit einer Gesamtmenge von 10.240 Itanium 2 Prozessoren, wurde „Columbia“ in der NASA Einrichtung für Advanced Supercomputing in Ames in weniger als 120 Tagen aufgebaut und installiert, um die Fähigkeiten und

Kapazitäten der Agency durch die Erschaffung des „Space Exploration Simulators“ bedeutend zu steigern. Sie stellt in etwa das Zehnfache der bisherigen NASA Supercomputing-Kapazitäten zur Verfügung.



Abbildung 5: Blick auf das NASA Ames Research Center

„Columbia“ bietet eine integrierte Umgebung zu Berechnungen, Visualisierungen und als Datenspeicher, um der NASA zu helfen, ihre Missionsziele und die Vision der Weltraumerforschung zu erreichen. Das neue System wurde auf der höchst erfolgreichen Zusammenarbeit zwischen NASA, Silicon Graphics, Inc. (SGI) und der Intel Corporation gebaut, die den weltweit ersten 512-Prozessor Linux Server entwickelte. Dieser Server, der in Ames aufgebaute SGI® Altix®, wurde „Kalpana“ genannt, nach dem Columbia Astronaut und Ames Absolventen Kalpana Chawla.

Der Supercomputer „Columbia“ macht es der NASA möglich, einen Durchbruch in Wissenschaft und Technik, genauso wie die Missionziele und die Vision der Weltraumerforschung zu erreichen. Columbias höchst fortschrittliche Architektur wird auch für die breite nationale Wissenschaft und technische Gemeinschaft verfügbar sein.

Übrigens: „Columbia“ ist im Moment auf Platz 2 der Top500 (Stand 9. November 2004). Er wurde zu Ehren der Space Shuttle Astronauten so genannt.

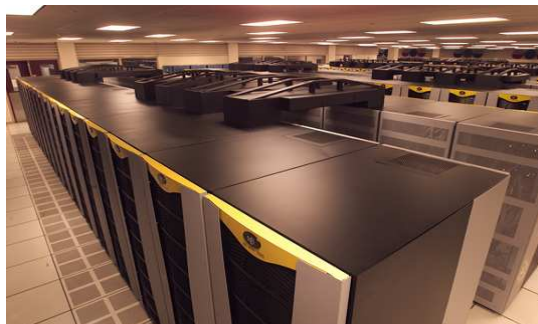


Abbildung 6: Blick auf "Columbia"



6. Ausblick / Theoretische Supercomputer

6.1. Quantencomputer

Ein Quantencomputer ist ein Computer, der die Gesetze der Quantenmechanik ausnutzt, um gewisse Rechnungen effektiver (schneller) durchzuführen. Dazu nutzt man spezielle „Quantenalgorithmen“. So lassen sich Probleme lösen, für deren Lösung die klassische Methode in der Praxis viel zu lange dauert (z.B. Dauer des Universums). Die Berechnungszeit bei einem Quantenalgorithmus nimmt weniger zu als bei herkömmlichen Algorithmen. Ab einer bestimmten Grenze kann der Mensch wegen seiner begrenzten Lebenszeit viele mathematische Probleme mit großen Zahlen nicht lösen: wenn die Faktorisierung einer Zahl z.B. 1.000.000 Jahre dauert, bringt auch eine Vertausendfachung der Rechenzeit nichts, weil 1.000 Jahre aus der Perspektive des Menschen gesehen immer noch zu viel sind. Der wohl berühmteste Algorithmus für Quantencomputer ist Shors Algorithmus zur Faktorisierung des Produktes zweier Primzahlen, aber auch der generische Algorithmus von Grover zum Suchen innerhalb von unstrukturierten (z. B. unsortierten) Daten leistet erstaunliches, auch wenn hierbei der Geschwindigkeitsvorteil gegenüber einem klassischen Computer geringer ausfällt als bei Shors Algorithmus.

Statt Bits benutzt ein Quantencomputer so genannte Qubits (Abkürzung für Quantenbits) als Grundlage. Qubits können nicht nur die Werte (Zustände) 0 und 1 annehmen, sondern auch beliebige Superpositionen dieser Zustände. Außerdem sind verschränkte Zustände mehrerer Qubits möglich.

Bis jetzt gibt es noch keinen fertigen Quantencomputer, der den klassischen ablösen könnte, sondern lediglich viele Theorien und Erfolg versprechende Ansätze. Es hat sich aber gezeigt, dass ein solcher Rechner im Prinzip realisierbar ist. Quantencomputer mit einer sehr geringen Anzahl Qubits sind bereits gebaut worden und haben z.B. Shors Algorithmus erfolgreich ausgeführt (hierbei wurde die Zahl 15



in ihre Primfaktoren 3 und 5 zerlegt). Von einem Quantencomputer mit einer großen Anzahl Qubits ist man aber noch weit entfernt.

Hauptproblem beim Bau von Quantencomputern ist die Dekohärenz, die den Quantenzustand durch Kopplung an die Umgebung zerstört. Man hofft, diese durch verschiedene Fehlerkorrekturmethoden eindämmen zu können.

Klar ist aber, dass die ersten Quantencomputer natürlich nicht den PC ersetzen werden, sondern für spezielle Anwendungen in der Wissenschaft und Forschung eingesetzt werden. Die Zukunft ist aber schwer vorherzusagen: Wer hätte schon vor 50 Jahren an die allgegenwärtige Präsenz des Computers gedacht, wie wir sie heute kennen?

6.2. Wet- und Bio-Ware

Als Wetware bezeichnet man – im Unterschied zu der unbelebten Hardware und Software von Computern und Unterhaltungselektronik – biologische Organismen wie DNA-Moleküle, Spermazellen, Eizellen oder Samen, die sich fortpflanzen oder vermehren können.

Siehe auch das Referat zu diesem Thema von Daniel Heise und Bettina Gey.

7. Fazit

Die Verbesserungen und Innovationen auf dem Gebiet des Supercomputing werden immer futuristischer, aber daheim werden wir trotzdem unsere „normalen“, altbekannten PCs bzw. Apples auf dem Schreibtisch stehen haben, da die eigentliche Funktion der „Rechenriesen“ immer noch der Wissenschaft und Forschung dient. Trotzdem sieht die Menschheit der Entwicklung mit interessiertem Auge zu.

8. Quellen

8.1. Weblinks

<http://www.wikipedia.org> → Das Lexikon im Internet

<http://www.top500.org/upcoming/> → Die nächsten Supercomputer

<http://www.nasa.gov> → Homepage der NASA

http://www.edge.org/3rd_culture/bios/lloyd.html → Biografie Seth Lloyd

www.glossar.de/glossar/z_computer.htm → ARCHmatic-Glossar

<http://www.bernd-leitenberger.de/computer-geschichte-artikel.html> → Geschichte

<http://www.dascomputerlexikon.de/lexikon/geschichte02.htm> → Geschichte

<http://www.faz.net/s/RubC9401175958F4DE28E143E68888825F6/Doc~E05E69AC1>

[27E64719B4FC34DE6589AFA6~ATpl~Ecommon~Scontent.html](http://www.faz.net/s/RubC9401175958F4DE28E143E68888825F6/Doc~E05E69AC127E64719B4FC34DE6589AFA6~ATpl~Ecommon~Scontent.html) → Geschichte

www.linux-magazin.de → Craygeschichte

www.cray.com → Craygeschichte

9. Abbildungsverzeichnis

| | |
|-----------------------------------------------------------|----|
| ABBILDUNG 1: SETH LLOYD | 3 |
| ABBILDUNG 2: CRAY 1 | 7 |
| ABBILDUNG 3: SCHEMATISCHE ANSICHT DES GEBÄUDES | 10 |
| ABBILDUNG 4: CRAY | 12 |
| ABBILDUNG 5: BLICK AUF DAS NASA AMES RESEARCH CENTER..... | 24 |
| ABBILDUNG 6: BLICK AUF "COLUMBIA" | 24 |

10. Stichwortverzeichnis

Dekohärenz ist die irreversible und unkontrollierbare Dislokalisierung von quantenmechanischen Superpositionen durch ihre (gewöhnlich durch Wechselwirkung induzierte) Verschränkung mit der Umgebung. Dekohärenz wird häufig fälschlich als *Störung* durch die Umgebung oder als Phasenmittelung in einem Ensemble missverstanden.

Insbesondere bei einer (kontrollierbaren) Verschränkung in bipartiten Systemen bedeutet deren scheinbarer Verlust durch Dekohärenz aber vielmehr gerade eine *Ausweitung* der Verschränkung auf die (unkontrollierbare) Umgebung. Dekohärenz ist aber auch von praktischer Bedeutung, da sie für die Konstruktion von Quantencomputern ein großes Problem darstellt.