

Parallellarkitekturens historia och Dokumentation av Teknikmuseum

Markus Mannila, 34342

Kandidatuppsats i datavetenskap

Handledare: Jerker Björkqvist

Datavetenskap

Institutionen för informationsteknologi

Fakultetsområdet för naturvetenskaper och teknik

Åbo Akademi, 2013

Referat

Denna avhandling går genom parallellarkitekturs historia. Parallellisering definieras innan viktiga händelser och utvecklingar i parallellarkitekturs historia tas upp. Skribenten spekulerar till sist hurdan framtid parallellarkitekturen och datorindustrin har framför sig

Denna avhandling började som en dokumentation av en del av maskinerna som ligger i Åbo Akademiens teknikmuseum på ICT. Dokumentationens resultat är bifogade i slutet av avhandlingen.

Innehåll

1 Inledning	1
2 Vad är parallellisering?	1
3 Historia	2
3.1 ILLIAC IV	2
3.2 Transputer	3
3.3 Datorkluster	4
3.4 Multi-core-mikroprocessor	4
4 Sammanfattning	5
5 Bilagor	6
6 Litteratur	16

1 Inledning

På fjärde våningen i Åbo Akademis avdelning i ICT-huset ligger ”museet”, ett rum full med gamla maskiner. Dessa apparater har antingen använts förr i tiden av Åbo Akademi eller donerades av andra personer eller organisationer. Åbo Akademi har planerat att dokumentera maskinerna så att rummet kan även formellt kallas för ett museum, vilket är orsaken jag och medstudering Jan Långbacka fick möjligheten att dokumentera föremålen för vår kandidatexamen.

En av maskinerna jag dokumenterade var Hathi-2, en paralleldator tillverkad av Åbo Akademi och tekniska forskningscentralen VTT i Uleåborg för att studera parallellprogrammering.^[1] Eftersom datorn var ett av de mest intressanta föremålen i museet och parallellprogrammering har blivit viktigare under det senaste årtiondet, beslöt jag mig för att undersöka paralleldatorns historia och utveckling, och vad för effekt den har i datorindustrins historia. Denna avhandling inkluderar även dokumentationerna av museets maskiner, inklusive Hathi-2.

2 Vad är parallellisering?

Parallellisering går ut på att ett problem delas upp i mindre delar som sedan löses samtidigt. Detta tänkande kan appliceras för datorprogram: Istället för att en applikations instruktioner tas emot och exekveras en åt gången, delas instruktionerna upp i mindre självständiga delar som sedan löses samtidigt.^[2]

Eftersom parallellisering betyder att applikationer kan exekveras snabbare och effektivare är parallellprogrammering av ett stort intresse i hela datorindustrin, för både tillverkare och användare. Ett stort problem hos parallellprogrammering är att tillämpningen av konceptet är mycket komplicerat; Det är vanligt att ett eller flera delproblem är beroende av resultatet av en annan. Dessutom måste både hård- och mjukvaran möjliggöra kodandet av parallellisering i någon grad.

3 Historia

Parallellism av numeriska kalkyler diskuterades för första gången av datorarkitekt Daniel Slotnick (1931–1985) och John Cocke (1925-2002) i deras vetenskapliga artikel som publicerades 1958. [3] Slotnick debatterade eventuellt med datorarkitekt Gene Ahmdal (1922) om parallellism år 1967, där Ahmdal hävdade att serieprocessorer övervinner de mer komplexa parallellprocessorerna. [4] Ur denna debatt uppstod Ahmdals lag, ur vilket man kan finna ett systems högsta förväntade förbättring om man modifierar en del av det. [5]

3.1 ILLIAC IV

År 1964 började University of Illinois, sponsorerad av Defense Advanced Research Projects Agency (DARPA), att planera konstruktionen av ILLIAC IV, vilket blev världens första superdator. [6] Utvecklingen av ILLIAC IV började nästa år med Daniel Slotnick som projektledare. [3] Datorn byggdes av Burroughs Corporation (som då hette Burroughs Computer Company). [7]

ILLIAC IV parallellarkitektur tillät datorns att bearbeta mycket stora mängder av data med upp till högst 256 processorer. [6] Datorns innehöll en vektorprocessor som var mycket effektiv på att bl.a. räkna ut matriser och partiella differentialekvationer, ekvationer som är mycket nyttiga för NASA:s syften. [8] Superdatorn var planerad att ha 64 inbyggda processorer, men endast 16 stycken byggdes in p.g.a. datorns höga kostnad på ca 31 miljoner dollar. [8]

ILLIAC IV levererades år 1971 till Ames Research Center nära San Francisco [6] och blev färdig två år senare, samma år som den togs i bruk. [3] Datorn anslöts till ARPANET, världens första paketväxlande nätverk, i november 1975. [6][9]

ILLIAC IV lades ner 7 september 1981. [6] ILLIAC IV användes under denna tid för olika akademiska och militära syften, bl.a. väderprognos. [3] Superdatorn var för en lång tid världens kraftigaste dator.

3.2 Transputer

”Transputern” (vars namn kommer från transistor och computer) är en typ av mikroprocessor utvecklad av Inmos Ltd. år 1983. Inmos Ltd. köptes på slutet av 1980-talet av ST Microelectronics. Processorerna var byggda för att förenkla parallellisering. 32-bits-processorerna T414, som var en av de kraftigaste mikroprocessorerna på den tiden, var den första transputern i serien som följdes av T8xx, som inkluderade en flyttalsprocessor, och 16-bits-processorerna T2xx. De två sista transputers var T400 och T450, vilka var förbättrade versioner av T425. [10]

En transputer har ett entydigt länkgränssnitt vilket tillåter den att kopplas ihop och synkronisera med andra transputers. Processorn kan användas antingen ensam eller i ett transputernätverk. En transputer har ett lokalt minne som används endast av transputern själv, alltså är det möjligt att modifiera minnet för önskat syfte utan att påverka hela transputersystemet. [11]

Medan intresset för transputern var stor fick processorserien inte en större publik p.g.a. processorernas höga priser i jämförelse med sekventiella processorer och att Inmos stödde för en lång tid endast occam-språket, vilket ansågs vara komplicerat av majoriteten av användarna. Transputern användes dock i inbyggda system där hög prestanda var av hög prioritet. [10] Hathi-2:s parallelliseringssystem är byggd på transputers.

3.3 Datorkluster

Datorkluster är en samling av datorer som är kopplade till varandra för att dela på information och bearbeta det parallellt. [12] Det är svårt att säga att vem som uppfann datorkluster och när. Men enligt Gregory Pfister i hans bok "In Search of Clusters" utvecklades klustersystem av enskilda personer för egna ändamål omkring 1960-talet, upp till 30 år innan datorkluster började användas av större organisationer i industrin.

Ett kluster är ett ekonomiskt alternativ för de som behöver utföra snabba uträkningar; Flera svaga datorer i samarbete kan i flesta fall vara billigare än en kraftig men dyr superdator. Datorkluster är även mycket flexibla, eftersom datorernas självständiga natur tillåter tillägg och borttagning av datorer i systemet. En annan fördel är klustrets pålitlighet; Om en dator går sönder eller blir inaktiv leder det inte till att hela klustret går ner. En nackdel hos datorkluster är att den tar mer utrymme än en ensam dator, så den är inte särskilt nyttig för normalt bruk. [12]

3.4 Multicore-processor

I början av 2000-talet hade processorutvecklingen nått gränsen för processorkraft, där det är inte möjligt att utveckla mikroprocessorer med bättre prestanda och mindre elkonsumtion. Istället för att försöka göra bättre processorer försökte utvecklare lösa problemet genom att sätta fler än en självständig centralprocessor på ett chip. Denna typ av processor kallas för en multicore-processor. [13]

Eftersom majoriteten av dagens datorer använder multicore-processorer betyder detta att parallellisering har blivit mycket vanligare och viktigare. Det har alltså blivit mycket viktigare för industrin att undersöka och anpassa sig till parallellprogrammering. [13]

4 Sammanfattning

Man kan säga att Gene Amdahls argument mot parallellarkitekturs framtid var inkorrekt om man studerar parallellarkitekturs utveckling och framsteg samt datorindustrins övergång till multicore-processorer. David Patterson uttrycker dock hans skepticism i artikeln ”The Trouble With Multicore”.^[13] Industrin gick över till multicore-processorer så fort som den gamla standarden inte kunde förbättras. Parallellprogrammeringens fulla potential har ännu inte nåtts fastän konceptet och teknologin har existerat i tiotals år. Detta har lett till att flera programmerare har svårigheter att anpassa sig till den nya miljön.^[13]

Amdahls lag indikerar att multicore-processorer kommer förr eller senare att möta samma öde som singelprocessorerna de ersatt; Den maximala hastigheten kommer eventuellt att konvergera mot en övre gräns, d.v.s. ett begränsat antal centralprocessorer kan implementeras på ett chip för att öka den största möjliga hastigheten avsevärt. Det är ännu svårt att säga om ett alternativ hittas eller om någon lyckas en entydigt och finslipat programmeringsmetod för parallellarkitektur innan denna gräns nås.

5. Bilagor

Hathi-2 Parallel Computer

Multiprocessorsystemet utvecklades av Åbo Akademi och tekniska forskningscentralen VTT i Uleåborg 1987-1988.^[14] Konstruktionen av Hathi-2 var ett av Hathi-projektets mål, vars syfte var att forska parallellprogrammering och teknologins problem och nackdelar.^[1] ÅA var ansvarig för implementering av Hathi-2:s mjukvara, medan VTT designade och konstruerade dess hårdvara.^{[14][1]}

Hathi-2 består av 25 stycken kort, där varje kort bestod av fyra stycken T800-”transputers” (en mikroprocessorarkitektur syftat för parallellprogrammering) med upp till 4,25 MB externt minne samt en T212-transputer.^[14] Varje transputer motsvarade en vanlig PC:s processor på den tiden,^[15] alltså var Hathi-2 en mycket kraftig superdator.^[1]

Hathi-2 fungerade som en resurs för andra värdar. En användare kunde sända program via värdatorn till Hathi-2, som sedan kompilerade och exekverade koden. Systemet kunde lösa komplexa problem fortare än en normal maskin genom att dela upp problemet i mindre delar och dela ut dem åt dess processorer som löser delproblemet självständigt. Denna partitioneringsmetod tillät flera värdar att använda Hathi-2 samtidigt. Systemet var simpelt och flexibelt: Det är enkelt att expandera Hathi-2:s minne och prestanda, och datorer av flera olika typer kunde kopplas till systemet utan större problem.

Multiprocessorsystemet togs i bruk på Åbo Akademi 1988.^[16], som användes mest för forskning och programutveckling. Data från Hathi-2:s applikationer användes för att finna teknologins problem och för att bevisa att det var möjligt att lösa komplexa uträkningar med ett multiprocessorsystem. En IBM AT och Sun-maskinen ”Ibsum” var kopplade till Hathi-2.

Helautomatisk kaffekokare

Denna apparat tillreder drycker automatiskt m. h. a. ett mikroprocessorbaserat styrsystem, användande endast egentliga råvaror och lösningsmedel (t.ex. vatten), samt rengör sig själv efter tillredning och kastar bort föråldrade drycker. [17]

Bryggaren saknar pumpar, alltså måste alla komponenter där råvarorna bearbetas till drickbar form samt avloppstratten ligga rakt under varandra för att hela processen kan skötas m. h. a. tyngdkraft.

Bryggaren kan styras fjärran via nätet för att ge olika uppgifter åt bryggaren, t.ex. att brygga en mängd av en specifik dryck. [17] Dessutom är det möjligt att kontrollera råvarors eller dryckers mängd och ålder. Systemet kan användas med ett webbaserat användargränssnitt, vilket är mer kostnadseffektiv än installation av separat mjuk- eller hårdvara för samma syfte.

Det är möjligt att tillreda specifika drycker automatiskt användande lagrad statistik. [17] Maskinen kan exempelvis tillreda en viss mängd kaffe varje tisdag morgon om personalen dricker i genomsnitt så mycket den tiden.

Kaffekokaren byggdes år 2004 på Åbo Akademi med Robert Gyllenberg som projektledare. [18] Maskinens mekanism konstruerades av Alexei Soloviev och dess elektronik kopplades ihop av Mara Vagapov. Styrprogrammet skrevs i C av Dag Ågren medan webbservicen programmerades i Java av Patrik Dahl och Satu Jääskeläinen. [19] Uppfinningen patenterades som ett ”Helautomatisk apparat för beredande av dryck” samma år, vilket föråldrades år 2008. [20]

HP Compaq TC1100

HP Compaq TC1100 tillverkades av Hewlett-Packard och lanserades år 2003. [21] Datorplattan är den direkta efterföljaren av Compaq TC1000 och var svaret på olika problem som plågade TC1000, bl.a. dess dåliga processor. [22] Produktionen av produkten upphörde år 2005.

Lik dess föregångare, är HP Compaq TC1100 en datorplatta utrustad med en pekpenna och ett avtagbart tangentbord. Vad som skiljer dessa två plattor från liknande plattor på marknaden är att plattan kan ställas på sidled på tangentbordet, som påminner bärbara datorer i utseende. Det är också möjligt att rotera plattan upp till 180° och justera dess lutning i denna position, alltså är TC1100 mera flexibel än en normal platta eller dator.

Specifikationer: [21]

Centralprocessor: Intel Pentium M733 / 1.1 GHz

RAM: 512 MB / 2 GB (max)

Hårddisk: 40 GB - 5400 rpm

Operativsystem: Microsoft Windows XP Tablet PC Edition

Bildskärm: 10,4 tum

Skärmupplösning: 1024 x 768 (XGA)

Grafikprocessor: AGP 4x – NVIDIA GeForce4 420 Go

Batteritid: 4,5 h

IBM 8228 Multistation Access Unit

En Multistation Access Unit (MAU, även kallad Media Access Unit) tillåter upp till åtta datorer (värdar) att fysiskt kopplas ihop för att bilda en "token ring", en standardform av lokalnätverk. Upp till 32 MAU kan kopplas ihop med varandra för att skapa en token ring med högst 256 värdar. I början använde endast IBM-maskiner token ringar innan den standardiserades. Token ringar var i början mycket populära, men deras användning minskade eftersom Ethernet blev billigare och utvecklades i snabbare takt. Nuförtiden är token ringar sällan använda.

Token ring får sitt namn från att flödet cirkulerar genom stationerna (vanligtvis) i en enda riktning, och från s.k. "token", ett par bitar stort ram som cirkulerar i ringen.^[23] Om en värd skall sända ett meddelande, "fångar" den token då det är möjligt. Värden sänder sedan sitt meddelande. Token sänds vidare antingen efter att meddelandet har gått ett helt varv genom ringen, eller genast efter att meddelandet har sänts beroende på inställningen. Detta system undviker kollisioner och tillåter att alla värdar eventuellt kommer att kunna sända ett meddelande.

Sun 3/160

Sun 3 är en serie av Unixbaserade arbetsstationer som lanserades av Sun Microsystems 1985. [24] De första modellerna använde sig av central- och flyttalsprocessorn Motorola 68020 respektive Motorola 68881, men ersattes av Motorola 68030 och 68882 i senare modeller. De två första Sun 3-modellerna var 3/75 och 3/160, där den första av dem var liten i storlek (den liknade ungefär som en pizzakartong, och kunde ställas under skärmen) och billigare men hade ett sämre minne.

En Sun 3/160 köptes till Åbo Akademi år 1986 och döptes till "Ibsun". [15] Ibsun var en av de första Unixbaserade maskinerna på ÅA och en central resurs för universitetet. Mats Aspnäs var Ibsuns administratör då den var i bruk. Åbo Akademi åstadkom med Ibsun dess första Internet-koppling till Turun Yliopisto, dock för en mycket kort tid.

Specifikationer: [25]

Centralprocessor: Motorola 68020 / 16.67 MHz

Flyttalsprocessor: Motorola 68881

Max. RAM: 16 MB

Hårdskiva: 70 MB

Operativsystem: Unix, SunOS, VxWorks

Skärmupplösning: 1152 x 900 (svartvit eller färg)

Sun 3/50

Sun 3/50 lanserades på våren 1986 och hör till Sun 3-serien av arbetsstationer. Lik dess föregångare använder 3/50 central- och flyttalsprocessorn Motorola 68020 och Motorola 68881. Arbetsstationen var mycket billigare i jämförelse med största delen av Sun 3-maskinerna och tillräckligt liten för att rymmas på skrivbord. Sun 3/50:s nackdel är att den är betydligt svagare och begränsad än de dyrare arbetsstationerna. [27]

Åbo Akademi har haft i bruk åtminstone en Sun 3/50, vilket kallades för Moritz.

Specifikationer: [25]

Centralprocessor: Motorola 68020 / 15 MHz

Flyttalsprocessor: Motorola 68881

Max RAM: 4 MB

Operativsystem: Unix, SunOS, VxWorks

Skärmupplösning: 1152 x 900 (svartvit)

Sun Ultra-1 (modell 140)

I slutet av 1995 lanserade Sun Microsystems UltraSPARC-baserade arbetsstationerna Ultra 1 och Ultra 2 i USA. [23] Medan Ultra 1 var den långsammare och billigare av de två var båda på den tiden bland datorerna med bäst prestanda. Ultra 1 kom ut i tre olika modeller: Modell 140 var den svagaste och billigaste av de tre, medan Ultra 1 Creator 170E och Ultra 1 Creator3D 170E var kraftigare och grafiskt inriktade (Creator3D stödde 3D-grafik).

Tio stycken Ultra 1- maskiner av modell 140 köptes till ett av DataCitys klassrum. Av dessa befinner sig tre – Mahler, Palestrina och Stravinsky – i teknikmuseet. Alla tio arbetsstationer var nämnda efter kompositörer.[15]

Specifikationer:[23][25]

Centralprocessor: Sun UltraSPARC (64-bit) / 143 MHz

RAM: 32 MB

Hårdskiva: 1 GB

Operativsystem: Solaris 2.5

Resolution: 1280 x 1024

Pris (1996/2012): 38500 mk / 8631 €

6 Litteratur

1. M. Aspñäs R.J.R. Back, K. Sere. ”The Hathi Project: A Research Project on Parallel Programming Technology”, November 1989.
2. B. Barney, “Introduction to Parallel Computing”:
https://computing.llnl.gov/tutorials/parallel_comp/
3. IEEE Computer Society Awards: Daniel Leonid Slotnick:
<http://www.computer.org/portal/web/awards/slotnick>
4. M. J. Flynn, “Dataflow Computers”:
http://www.fpl2012.org/Presentations/Keynote_Mike_Flynn.pdf
5. “Amdahl’s law”:
http://www.princeton.edu/~achaney/tmve/wiki100k/docs/Amdahl_s_law.html
6. S. Deffree, “ILLIAC IV shuts down, September 7, 1981”, 7.9.2012:
<http://www.edn.com/electronics-blogs/other/4395633/ILLIAC-IV-shuts-down--September-7--1981>
7. “Unisys Corp: Early History”:
<http://ecommerce.hostip.info/pages/1022/Unisys-Corp-EARLY-HISTORY.html>
8. “Illiac IV (Burroughs and University of Illinois) (1965)”:
<http://www.computermuseum.li/Testpage/Illiac-IV-1960's.htm>
9. M. Bellis, “ARPAet – The First Internet”:
<http://inventors.about.com/library/weekly/aa091598.htm>
10. R. Ivimey-Cook, “Legacy of the transputer”, 1999
11. Inmos, “Reference Manual”, juli 1987:
<http://www.transputer.net/fbooks/tarch/tarch.html>
12. S.E. Smith, “What is Cluster Computing?”: <http://www.wisegeek.org/what-is-cluster-computing.htm>

13. D. Patterson, "The Trouble with Multicore", juli 2010:
<http://spectrum.ieee.org/computing/software/the-trouble-with-multicore/0>
14. M. Aspnäs, intervju utförd 22.2.2013
15. M. Aspnäs, R.J.R. Back, T.E. Malén, "Hathi-2 Multiprocessor System":
<http://crest.abo.fi/publications/public/1990/Hathi-2MultiprocessorSystemA.pdf>
16. Åbo Akademis inventarieförteckning
17. R. G. Gyllenberg, A. Soloviev, och M. Vagapov. "Helautomatisk apparat för beredande av dryck", daterat 2004 (läst 24.2.2013):
http://tucs.fi/publications/view/?pub_id=miscGySoVa04a
18. M. Vagapov, e-post mottagen 25.2.2013
19. R. G. Gyllenberg, e-post mottagen 22.2.2013
20. R. G. Gyllenberg, A. Soloviev, och M. Vagapov. "Helautomatisk apparat för beredande av dryck", finsk patent U20040297, 31.12.2004:
<http://patent.prh.fi/patinfo/tiedot.asp?NroParam=U20040297&NID=&offset=&ID=X408317&Inx=1>
21. CNET Editor. "HP Compaq Tablet PC TC1100 review", 12.10.2003 (läst 24.2.2013): http://www.cnet.com/laptops/hp-compaq-tablet-pc/4505-3121_7-30573412.html
22. CNET Editor. "HP Compaq Tablet PC TC1000 review", 5.11.2002 (läst 24.3.2013): http://www.cnet.com/laptops/hp-compaq-tablet-pc/4505-3121_7-20627295.html
23. M. Cappel. "UltraSPARC powers Sun's next wave", 1995 (läst 24.2.2013):
<http://sunsite.uakom.sk/sunworldonline/swol-11-1995/swol-11-fusion.intro.html>
24. "Peter's Sun3 Zoo", senaste uppdatering 2010 (läst 26.2.2013):
<http://www.sun3zoo.de/en/history.html>
25. J. Gröner. "Computer Archiv", uppdaterat 31.3.2004 (läst 26.2.2013):
<http://www.computer-archiv.de/>

26. ”Tietokeskuksen Tietokonelaitteistoja 1965-2003”, senaste uppdatering
26.5.2004: <http://www.oulu.fi/tietohallinto/40v/koneluettelo.htm>

27. “The Sun Hardware Reference”: <http://www.sunhelp.org/faq/sunref1.html>