

Teknikmuseums bild av paralleldatorernas historia

Markus Mannila, 34342

Kandidatuppsats i datavetenskap

Handledare: Jerker Björkqvist

Datavetenskap

Institutionen för informationsteknologi

Fakultetsområdet för naturvetenskaper och teknik

Åbo Akademi, 2013

Referat

Denna avhandling beskriver kort parallelliseringen av datorer och program samt går genom parallelliseringens historia. Historiedelen av avhandlingen består av olika maskiner och typer av processorer som utnyttjar parallellarkitekturer och kan ha påverkat avanceringen av teknologin på ett eller annat sätt. Till sist funderar skribenten på datorindustrins och parallellarkitekturs framtid.

Dokumentation av gamla föremål i Åbo Akademi, som berättar kort om deras historia och egenskaper samt hur de användes på ÅA, är bifogade i denna avhandling.

Sökord: parallellisering, parallellarkitektur, historia, dokumentation

Innehåll

1	Inledning	1
2	Vad är parallellisering?	1
2.1	Amdahls lag	2
2.2	Gustafson-Borsis lag	4
3	Historia	4
3.1	ILLIAC IV	5
3.2	Caltech Cosmic Cube	5
3.3	Transputer	6
3.4	Connection Machine	7
3.5	Datorkluster	8
3.6	Multi-core-processor	8
4	Sammanfattning	9
	Referenser	10

1 Inledning

På fjärde våningen i Åbo Akademis avdelning i ICT-huset ligger "museet", ett rum fullt med gamla maskiner. Dessa apparater har antingen använts av Åbo Akademi eller donerats av andra personer eller organisationer. Åbo Akademi har planerat att dokumentera maskinerna så att rummet formellt kan även kallas för ett museum, vilket är orsaken till att jag och min studiekamrat Jan Långbacka fick möjligheten att dokumentera föremålen för våra kandidatarbeten.

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.

Eftersom det inte finns konkreta svenska definitioner av engelskans *parallel processing*, kommer jag att använda olika namn för olika sammanhang; *parallellisering* hänvisar till konceptet medan en *parallellarkitektur* (och i mindre grad *paralleldator*) är hårdvara som utnyttjar parallellisering i någon grad. *Parallellprogrammering* (eng. *parallel programming*) används för skrivandet av program som utnyttjar parallellisering.

2 Vad är parallellisering?

Parallellisering går ut på att ett problem delas upp i mindre delar som sedan löses samtidigt. Detta tänkande kan appliceras på 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 ett annat. Dessutom måste både hård- och mjukvaran möjliggöra kodningen av parallellisering i någon grad.

2.1 Amdahls lag

Datorarkitekt Gene M. Amdahl (född 1922) förutsåg år 1967 de parallelliserade multiprocessorernas svagheter, och hävdade att sekventiella processorer (eng. *serial processor*) kommer i slutändan att vara kostnadseffektivare än de kraftigare men mer komplexa multiprocessorerna. [3] Amdahl beskrev en formel för att räkna ut den ökade hastigheten då ett program parallelliseras, vilket har parafraserats till följande form:[3]

$$S(N) = \frac{s + p}{s + \frac{p}{N}} = \frac{1}{s + \frac{p}{N}}$$

Där N står för mängden processorer som används, p för andelen av processen som kan parallelliseras medan s står för andelen av processen som kan utföras endast sekventiellt (dvs. $s + p = 1$). Eftersom p/N konvergerar mot noll då N går mot oändligheten kommer maximala ökade hastigheten att vara endast $\frac{1}{s}$. Denna avtagande avkastning betyder alltså att man borde räkna ut största mängden processorer som kan implementeras med rimlig avkastning.

Amdahls lag kan även användas för att bestämma vilken del av en problem som borde parallelliseras om är möjligt att parallellisera endast en del av den. Ta exempelvis ett program som där 75 % av exekveringstiden används på delproblem a och de sista 25 % på delproblem b . Det är möjligt att halvera a :s exekveringstid genom att parallellisera provlemet, men det går att utföra b på endast en sjättedel av ursprungliga tiden på samma sätt. Vilket delproblem

som ska väljas kan man bestämma genom att utnyttja Amdahls formel:

$$S_a = \frac{1}{0,25 + \frac{0,75}{2}} = \frac{1}{0,25 + 0,375} = \frac{1}{0,625} = 1,6$$
$$S_b = \frac{1}{0,75 + \frac{0,25}{6}} \approx \frac{1}{0,75 + 0,042} = \frac{1}{0,792} \approx 1,26$$

Om delproblem b parallelliseras kommer alltså hela programmet att bli ca. 26 % snabbare, men programmet blir 60 % om a parallelliseras. Även om det först verkar bättre att öka på b 's exekveringshastighet måste man ta hela programmets delprocesser i beaktande då man bestämmer exakt vilka uppgifter som ska parallelliseras i en process. Exemplet illustreras i figuren nedan.



Figur 1: Översta stapeln avbildar totala kör tiden som exemplet normalt kräver. I den mellersta stapeln har tiden för delproblem b förkortats genom parallellisering. I nedersta stapeln har a 's körningstid halverats på samma sätt.

2.2 Gustafson-Borsis lag

År 1988 publicerades en artikel av John L. Gustafson (född 1955) där han hävdade att Amdahls lag inte fungerar i praktiken. [4] Enligt Gustafson gäller formeln endast i forskningssyften där en enda problem exekveras på olika antal processorer. Istället är en vanlig användare mer intresserad i att köra en uppgift inom en viss tidsperiod, och har mer kontroll över hur den körs. Enligt Gustafson är alltså inte problemets storlek konstant, utan körtiden, vid uträkningen av hastighet. I artikeln nämns formeln som Gustafsons kolleg E. Barsis har föreslagit för uträkningen av hastighet, vilket är nuförtiden känt som Gustafson-Barsis lag (även kallad Gustafsons lag):

$$S(N) = \frac{s + p \cdot N}{s + p} = s + p \cdot N = 1 - p - p \cdot N = (N - 1) \cdot p + 1$$

Där N , s och p står för samma enheter som i Amdahls lag. Enligt Gustafson-Barsis lag kommer den ökande hastigheten att stiga linjärt ju flera processorer används till skillnad från Amdahls lag där avkastningen avtar hastigt.

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. [5] Slotnick deltog i en debatt med datorarkitekt Gene Ahmdal (1922) om parallellism år 1967 på AFIPS Spring Joint Computer Conference, där Ahmdal hävdade att serieprocessorer övervinner de mer komplexa parallellprocessorerna.[3] I denna debatt beskrevs Ahmdals lag för första gången.

3.1 ILLIAC IV

År 1964 började University of Illinois, sponsorerat av Defense Advanced Research Projects Agency (DARPA), att planera konstruktionen av ILLIAC IV, som blev världens första superdator. [6] Utvecklingen av ILLIAC IV började nästa år med Daniel Slotnick som projektledare. [5] Datoren byggdes av Burroughs Corporation (som då hette Burroughs Computer Company). [7]

ILLIAC IV:s parallellarkitektur tillät datorn att bearbeta mycket stora mängder av data med upp till 256 processorer. [6] Datorn 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 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. [5] 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 Caltech Cosmic Cube

Cosmic Cube är en paralleldator bestående av 64 stycken Intel 8086- och 8087-mikroprocessorer och utvecklades på California Institute of Technology (förkortas Caltech) i början av 1980-talet. Maskinen är nämnd efter dess kopplingsschema; ett hyperkubnätverk (eng. *hyper cube network*) består av självständiga processorer utan delat minne som samarbetar för att lösa problem. En processor kommunicerar endast med de processorer som den är direkt kopplad till. Delproblem som processorn utför behöver endast de direkta grannarnas information för att lösas. Cosmic Cube är ett 6-dimensionellt nätverk, alltså har varje nod sex grannar. Medan maskinens är ungefär en

tiondel så kraftig som Cray-1, den kraftigaste superdatorn då den tiden, låg kostnaderna på omkring \$80 000, endast en hundradel av Cray-1:s.[10]

År 1982 konstruerade professorer Charles Seitz och hans studenter en fyraprocessors prototyp av Cosmic Cube efter att forskat liknande datorer. Då prototypen slutfördes och ansågs lyckat började gruppen planera och konstruera Cosmic Cube tillsammans med professor Geoffrey Fox. I mitten av 80-talet byggdes efterföljaren Cosmic Cube Mark II, med dubbelt bättre prestanda och fyra gånger större lagringskapacitet, och en maskin som använder sig av "Mosaic"-chips, med mindre och hastigare processorer men mycket mindre lagringskapacitet, skapade av Seitz studenter. Seitz trodde att Cosmic Cubes öppna natur tillät dem att använda samma tekniker för att bygga kraftigare maskiner.[10]

3.3 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.[11]

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. [12]

Medan intresset för transputern var stor fick processorserien inte en större publik p.g.a. processorernas höga priser i jämförelse med sekventiella proces-

sorer och att Inmos stödde för en lång tid endast occam-språket, vilket ansågs vara komplicerad av majoriteten av användarna. Transputern användes dock i inbyggda system där hög prestanda var av hög prioritet. [11] Transputers användes bl.a. för att bygga Hathi-2. [1]

3.4 Connection Machine

Connection Machine var en kommersiell paralleldator som tillverkades av Thinking Machines Corporation på 1980-talet. Superdatorns var Daniel Hillis idé, och orsaken till grundandet av företaget tillsammans med Richard Feynman.[13] Connection Machines ursprungliga syfte var simulering av liv och mänsklig intelligens samt ett potentiellt steg närmare mot produktion av levande maskiner.[14]

Connection Machine bestod av 65536 stycken enbitsprocessorer i ett 20-dimensionellt nätverk som samarbetade för att lösa problem parallellt. Vad som skiljde datorn från liknande maskiner var dess förmåga att ändra på sättet att överföra data eller uppehålla kommunikationer mellan processorerna beroende på problemets typ. Denna egenskap var så viktig att den var ursprunget för Connection Machines namn.[14] Datorns struktur var speciellt effektiv på att lösa problem med flera identiska enheter som är beroende av varandra, t.ex. bildbehandling.[15]

Tillverkningen av Connection Machine 1 (som ofta förkortas CM-1) började 1983, där utvecklarna bestod av mindre grupper med en gruppleddare för olika områden av datorn som design och mjukvara. CM-1 blev färdig två år senare och lanserades år 1986.[14] De mera avancerade efterföljarna CM-2 och CM-5 lanserades år 1987 respektive 1993.[16] Sjuttio Connection Machine-datorer var på en gång i bruk som mest, av vilka över hälften var CM-2-modellen.[14] [16]

3.5 Datorkluster

Datorkluster är en samling av datorer som är kopplade till varandra för att dela på information och bearbeta det parallellt. [17] 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. [17]

3.6 Multi-core-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 elkonsumention. 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 multi-core-processor. [18]

Eftersom majoriteten av dagens datorer använder multi-core-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. [18]

4 Sammanfattning

Man kan säga att Gene Amdahls argument mot parallellarkitekturens framtid var inkorrekt om man studerar parallellarkitekturers utveckling och framsteg samt datorindustrins övergång till multi-core-processorer. David Patterson uttrycker dock hans skepticism i artikeln "The Trouble With Multicore" [18]. Industrin gick över till multi-core-processorer så fort som den gamla standarden inte kunde förbättras. Parallellprogrammeringens fulla potential har ännu inte nåtts fastän konceptet och teknologin har existerats i tiotals år. Detta har lett till att flera programmerare har svårigheter att anpassa sig till den nya miljön. [18]

Amdahls lag indikerar att multi-core-processorer kommer förr eller senare att möta samma öde som singelprocessorerna de ersattf 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.

Referenser

- [1] M. Aspås 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] Gene M. Amdahl, *Validity of the single processor approach to achieving large scale computing capabilities*, daterat 1967: <http://www-inst.eecs.berkeley.edu/~n252/paper/Amdahl.pdf>
- [4] John L. Gustafson, Reevaluating Amdahl's Law *Communications of the ACM 31 (5)*, Maj 1988.
- [5] *IEEE Computer Society Awards: Daniel Leonid Slotnick*: <http://www.computer.org/portal/web/awards/slotnick>
- [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] Cosmic Cubism, *Engineering & Science*, mars 1984: <http://calteches.library.caltech.edu/3419/1/Cubism.pdf>
- [11] M. Bellis, *ARPAet - The First Internet*: <http://inventors.about.com/library/weekly/aa091598.htm>

- [12] R. Ivimey-Cook, *Legacy of the transputer*, 1999: http://www.wotug.org/papers/IvimeyCook_W22.pdf
- [13] W. Daniel Hillis, *Richard Feynmann and The Connection Machine*: <http://longnow.org/essays/richard-feynman-connection-machine/>
- [14] Tamiko Thiel, *The Connection Machines CM-1 and CM-2*: <http://www.mission-base.com/tamiko/cm/>
- [15] M. Aspnäs, intervju utförd 25.4.2013
- [16] Ed Thelen, *Connection Machine -1-2-5*: <http://ed-thelen.org/comp-hist/vs-cm-1-2-5.html>
- [17] S.E. Smith, *What is Cluster Computing?*: <http://www.wisegeek.org/what-iscluster-computing.htm>
- [18] D. Patterson, *The Trouble with Multicore*, juli 2010: <http://spectrum.ieee.org/computing/software/the-trouble-with-multicore/0>
- [19] M. Aspnäs, intervju utförd 22.2.2013
- [20] M. Aspnäs, R.J.R. Back, T.E. Malén, *Hathi-2 Multiprocessor System*: <http://crest.abo.fi/publications/public/1990/Hathi-2MultiprocessorSystemA.pdf>
- [21] Åbo Akademis inventarieförteckning
- [22] R. G. Gyllenberg, A. Soloviev, och M. Vagapov, *Helautomatisk apparat för beredande av dryck*, daterat 2004: http://tucs.fi/publications/view/?pub_id=miscGySoVa04a
- [23] M. Vagapov, intervju via e-postutford 25.2.2013
- [24] R. G. Vagapov, intervju via e-postutford 25.2.2013

- [25] . R. G. Gyllenberg, A. Soloviev, och M. Vagapov, *Helautomatisk apparat för beredande av dryck*, finsk patent U20040297, 31.12.2004: <http://patent.prh.NID=&offset=&ID=X408317&Inx=1>
- [26] CNET Editor, *HP Compaq Tablet PC TC1100 review*, 12.10.2003: http://www.cnet.com/laptops/hp-compaq-tablet-pc/4505-3121_7-30573412.html
- [27] CNET Editor, *HP Compaq Tablet PC TC1000 review*, 5.11.2002: http://www.cnet.com/laptops/hp-compaq-tablet-pc/4505-3121_7-20627295.html
- [28] M. Cappel, *UltraSPARC powers Sun's next wave*, 1995: <http://sunsite.uakom.sk/sunworldonline/swol-11-1995/swol-11-fusion.intro.html>
- [29] Old-Computers.com: IBM PC AT: <http://www.old-computers.com/museum/computer.asp?st=1&c=185>
- [30] J. Gröner, *Computer Archiv*, uppdaterat 31.3.2004: <http://www.computer-archiv.de/>
- [31] *Peter's Sun3 Zoo*, senaste uppdatering 2010: <http://www.sun3zoo.de/en/history.html>
- [32] *The Sun Hardware Reference*: <http://www.sunhelp.org/faq/sunref1.html>
- [33] M. Cappel, *UltraSPARC powers Sun's next wave*, 1995: <http://sunsite.uakom.sk/sunworldonline/swol-11-1995/swol-11-fusion.intro.html>
- [34] *Tietokeskuksen Tietokonelaitteistoja 1965-2003*, senaste uppdatering 26.5.2004: <http://www.oulu.fi/tietohallinto/40v/koneluettelo.htm>

- [35] USU Alumni Spotlight - Philip Hwang, Founder of Televideo, *Utah State University Alumni Association Newsletter*, Volume 2, Issue 2, februari 2004: <http://www.usu.edu/alumni/newsletter/2004/feb04.html#spot>
- [36] TeleVideos hemsida: <http://www.televideo.com/>
- [37] *Computerworld*, Volume XVIII, No. 31, s. 56, 30.7.1984
- [38] TeleVideo 922 Video Display Terminal Operator's Manual

Hathi-2 Parallel Computer

Multiprocessorsystemet utvecklades av Åbo Akademi och tekniska forskningscentralen VTT i Uleåborg 1987-1988. [19] 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.

Hathi-2 består av 25 stycken kort, där varje kort bestod av fyra stycken T800- "transputer" (en mikroprocessorarkitektur syftat för parallellprogrammering) med upp till 4,25 MB externt minne samt en T212-transputer. [19] Varje transputer motsvarade en vanlig PC:s processor på den tiden, [20] alltså var Hathi-2 en mycket kraftig superdator. [1]

Hathi-2 fungerade som en resurs för andra värdar. En användare kunde sända program via värddatorn 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. [21], som användes mest för forskning och programutveckling. Datat 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 Sunmaskinen "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. [22] 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. [22] Dessutom är det möjligt att kontrollera råvarors eller dryckers mängd och ålder. Systemet kan användas med ett webbaserat användargränssnitt, vilket är mer kostnadseffektivt än installation av separat mjuk- eller hårdvara för samma syfte.

Det är möjligt att tillreda specifika drycker automatiskt användande lagrad statistik. [22] 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. [23] 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. [24] Uppfinningen patenterades som ett "Helautomatisk apparat för beredande av dryck" samma år, vilket föråldrades år 2008. [25]

HP Compaq TC1100

HP Compaq TC1100 tillverkades av Hewlett-Packard och lanserades år 2003. [26] Datorplattan är den direkta efterföljaren av Compaq TC1000 och var svaret på olika problem som plågade TC1000, bl.a. dess dåliga processor. [27] 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: [26]

Centralprocessor: Intel Pentium M733 / 1.1 GHz

RAM: 512 MB / 2 GB (max)

Hårdskiva: 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 tokenring med högst 256 värdar. I början använde endast IBM-maskiner tokenringar innan den standardiserades. Tokenringar var i början mycket populära, men deras användning minskade eftersom Ethernet blev billigare och utvecklades i snabbare takt. Nuförtiden är tokenringar sällan använda.

Tokenring 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. [28] 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.

IBM PC AT

Datorn IBM PC AT som kom ut år 1984 var efterföljaren till IBM:s PC och PC XT. Förutom att PC AT hade en bättre processor och bättre hårddiskskapacitet stödde datorn även 5,25-tumsdisketter och tillät fildelning. PC AT:s nya tangentbord liknade moderna tangentbord och var ett av de första som hade piltangenter. [29]

Två modeller av datorn såldes: Modell 2 hade dubbelt så stor RAM som första och en hårddiskiva men med endast en diskettenhet (medan Modell 1 hade två). En reviderad version kom ut senare med en bättre processor och ett ny och mindre moderkort. Reviderade version fixade också grundversionens begränsningar.[29]

En IBM PC AT köptes av Åbo Akademi i augusti 1987, [21] samma år som produktionen av modellen upphörde.[30] Den användes senare som Hathi-2:s styrdator.[15]

Specifikationer: [29] [30]

Processor: Intel 82026 / 6 MHz (8 MHz i senare versioner)

RAM: 256 kB - 512 kB

Hårddiskiva: 20 MB

Operativsystem: MS-DOS 3.0, PC-DOS V3.0, Xenix

Skärmupplösning: 640 x 350 (EGA)

Pris (1987/2012): 22750 mk/6776 [21]

Sun 3/160

Sun 3 är en serie av Unixbaserade arbetsstationer som lanserades av Sun Microsystems 1985. [31] 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". [19] Ibsun var en av de första Unixbaserade maskinerna på ÅA och en central resurs för universitetet. Mats Aspнас 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: [30]

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. [32]

Åbo Akademi har haft i bruk åtminstone en Sun 3/50 av vilka en av dem kallades för Moritz.

Specifikationer: [30]

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). [33]

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. [19]

Specifikationer: [30] [33]

Centralprocessor: Motorola 68020 / 15 MHz

Max. RAM: 32 MB

Hårdskiva: 1 GB

Operativsystem: Solaris 2.5

Skärmupplösning: 1280 x 1024

Pris (1987/2012): 38500 mk/8631

TeleVideo 922

Televideo Systems, Inc. var ett nordamerikanskt datorföretag som specialiserade sig på utvecklingen av datorterminaler. Företaget grundades av K. Philip Hwang, som före detta ägde ett litet företag som sålde datorskärmar, i mars 1979 då han insåg att efterfrågan på billiga videoterminaler var stor. [34] Televideo Systems slutade att tillverka och sälja terminaler den 30 september 2011. [36]

Den ANSI 3.64-kompatibla terminalen TeleVideo 922 kom ut år 1984. [37] Terminalens huvuduppgift var att förbättra användarens bekvämlighet och produktivitet med bl.a. dess justerbara skärm, tangentbord med låg profil och även tangenter som kunde omprogrammeras för egna syften. [38] Användaren kunde dessutom bestämma om 922-modellen skulle utföra 7- och 8-bitsoperationer, vilket påverkade terminalens behandling av kontrollkoder samt dataöverföringen mellan terminalen och sin värd. [38]

Fem stycken TeleVideo 922 köptes av Åbo Akademi den 6 februari 1986. [21]

Pris (1986/2012): 6230 mk/1922 [21]