

Många processorer

Efter många år verkar det nu äntligen vara dags för multiprocessorsystem också i mera normala tillämpningar. Alla processor tillverkare satsar på multitrådade system med antingen flera trådar per kärna, flera processor-kärnor eller en kombination av bägge. Fördelen är att man på det här sättet kan fortsätta att öka systemprestanda. Nackdelen är att det mesta i programvaruväg måste skrivas om. På den vägen kommer också en rad fel att uppträda.

Vi tar den här gången en första titt på problemen med multiprocessorsystem. Den kommer att följas av fler, både i de temasektioner som berörs och i den stående sektion om programvara som vi kommer att ha i fortsättningen.

Men det här temat handlar inte bara om multiprocessorsystem. Vi dyker till exempel in i Microsofts operativsystem Windows CE och ser vad som hänt på senare tid. Det är en hel del. Vi tar också en titt på möjligheten att spara effekt i Linux-system och på kopplingen mellan embeddedsystem och IPv6. Den kopplingen kanske inte verkar så uppenbar, men om varje apparat skall ha en egen IP-adress krävs IPv6.

GÖTE FAGERFJÄLL



INNEHÅLL:

Embeddedsystem	SID 25-37
Multiprocessorproblem	SID 25
Windows CE har mognat	SID 28
Sparsa effekt med Linux	SID 32
IPv6 för P2P	SID 34
Eclipseplattformen	SID 36
Elektromekanik	SID 38-46
Industridesign	SID 38
Kontakter för ATCA	SID 42
Klämmor för burken	SID 44
Kontakter i 12 Gbit/s	SID 45
Koppla mellan kort	SID 46
E-nytt	SID 47

Enprocessorsystemet har kört in i väggen. Det står vid det här laget helt klart. Den som vill ha högre prestanda måste ta steget över till flera processorkärnor och flera trådar per processor. Men samtidigt måste alla program ses över och ändras och det kommer att ge mycket stora problem.

Redan på sjuttio- och åttioalet talade man om multiprocessorsystem och de flesta trodde nog att övergången skulle ske under åttio- eller nittioalet. Tanken att en processor skulle kunna exekvera flera instruktioner per klockcykel och dessutom klockas i flera GHz verkade helt verklighetsfrämmande.

Men processorkonstruktörerna lärde sig nya trick och klockfrekvensen ökade till fantastiska höjder. Samtidigt förbättrades hanteringen av pipelines och antalet exekverade instruktioner per klockcykel tog sig upp till först en och sedan drygt två. I det läget var det knappast intressant att köra flera processorer och ställa till problem i programvaran. Det var mycket lättare att skruva upp klockfrekvensen.

GÅTT I VÄGGEN

Men nu verkar det vara ganska kört. De senaste processorerna är effektslukande monster där man måste kyla bort över 100 W. Det blir allt svårare att öka prestanda ytterligare med befintlig teknik. Erik Hagersten, professor vid Uppsala Universitet och mångårig forskare på multiprocessorsystem förklarar:

– Det finns en rad problem. Samtidigt som transistorerna blir snabbare blir kommunikationen på chipet långsammare. En grupp som försökt förutsäga vad som skulle hända om man bara fortsätter med samma utveckling rapporterar att man i stället för den historiska ökningen på 55 procent bara kommer att nå ca 12 procent.

– Ta till exempel grinddjupet i en konstruktion, alltså hur mycket processorn hinner "tänka" mellan klockpulserna. Rapporten förutsatte att man skulle tvingas minska grinddjupet för att hålla upp hastigheten. Då skulle man kunna nå 14 GHz klockfrekvens. Man kan också göra antagandet att konstruktören vill hinna med ungefär lika mycket som idag mellan klockpulserna. Då hamnar övre gränsen vid ca 5 GHz.

– En annan effekt gäller "span", alltså hur många minnesbitar man kan nå på en klockcykel. Det är intressant för att veta hur stort cacheminne man kan ha etc. Historiskt sett har den här kurvan alltid pekat uppåt, men det finns i själva verket en topp och den har förmodligen redan inträffat.

– Om man sedan tittar på hur stor del av kiselarean som går att nå blir det riktigt intressant. Historiskt har det alltid gått att nå hela kiselarean under en klockcykel, men så blir det inte alls längre. Antagandena är lite olika beroende på vilka förutsättningar man har, men effekten är dramatisk.

– Det här är de tekniska förutsättningar till ett paradigmskifte, som inte längre



– Med multipla trådar är det en enkel sak att bygga en CPU med närmast godtyckliga prestanda, säger Erik Hagersten, professor vid Uppsala Universitet. Med 1,7 miljarder transistorer kan man göra nästan vad som helst.

Multitråd ger multiproblem

går att undvika. Frågan är då vad vi skall göra åt detta och det finns flera svar.

– Vi kan till exempel säga att allt vi behöver göra är att hitta fler instruktioner som kan köras parallellt. Vi kan hitta instruktioner som är oberoende av trådar. De är per definition oberoende av varandra och vi kan fortsätta att köra våra superskalära arkitekturer. Det här är vad som kan kallas SMT, Simultaneous Multithreading och till exempel Intel använder den tekniken i sina nya Pentium-processorer.

– Men problemet är ju att man snart inte kan nå särskilt lång sträcka på ett chip under en klockcykel. Det innebär att man måste titta på många små oberoende kärnor. Metoden kallas ibland "älskling, jag krympte datorn".

– Det här är i och för sig inget nytt. Jag byggde sådana här datorer under min tid

på Ericsson. Men skillnaden är att det nu är nödvändigt.

BILLIGT SÄTT

Den stora anledningen till så få tagit steget till multiprocessorsystem är att det tidigare var ett dyrt sätt att öka prestanda. Det har hittills varit mycket billigare att öka klockfrekvensen. Men med dagens processorteknologi går det att integrera massor av processorkärnor på ett enda chip. Det ger helt andra förutsättningar. Dessutom kräver dagens processorer förbluffande mycket logik för att hantera till exempel spekulativ exekvering. Faktum är att det i många fall kräver mindre kiselarea att lägga in många "enkla" processorer än en komplex.

– Tidigare sade man i princip till folk att de skulle köpa hårdvara med 16 processorer
forts på nästa sida

– Det intressantaste är inte att så många arbetar med multiprocessorchip, utan att ingen står utanför säger Jakob Englund, programvaruexpert från simulatorföretaget Virtutech.



Många trådar...

forts från föregående sida

för 16 gånger så mycket pengar och få hastighetsökning på åtta gånger. Det kändes som en dålig affär.

– Nu är situationen helt annorlunda. Intel säger till exempel att 75 procent av processorerna kommer att ha mer än en kärna om två år. Dessutom kommer varje kärna att ha mer än två trådar. Då blir ekvationen betydligt bättre.

– Ta till exempel Sun, som säger att man skall ha 32 trådar i nästa processorgeneration. Om man säger till en användare att han får åtta gånger snabbare exekvering med en sådan processor blir han fantastiskt glad. Han har ju inte betalt mer för processorn.

ALLA GÅR SAMMA VÄG

Men hela diskussionen är egentligen akademisk. Industrin har redan valt väg och alla de stora processortillverkarna har lanserat eller är på väg att lansera processorer med många processorkärnor. Jakob Englund, programvaruexpert från simulatorföretaget Virtutech skissar upp vad som finns och vad som är på gång.

– Till att börja med har vi IBMs Power4 och Intels P4 och Xeon med hyperthreading. Där kommer multicore också. Vi har Intel Ithanium-processor, även om det är ett egendomligt chip. Sedan har vi Suns Niagara, med 32 trådar, sannolikt med 8 kärnor med vardera fyra trådar. För programmeraren är egentligen antal trådar intressantare än antal kärnor.

– Sedan har vi ARMs MPCore, den är helt enkelt fyra kärnor med en tråd vardera. MPCore kommer att slå hårt mot massmarknaden och bli den största volymprodukten med multicore på nolltid. Broadcom gör kretsar med fyra MIPS64-kärnor och MIPS själva har sin nya arkitektur med valbart antal trådar per kärna.

– Men det intressantaste är inte att så många arbetar med multiprocessorchip, utan att ingen står utanför. Alla tar steget över till multithreading och multicore.

– Vi kommer snart att se den

här utvecklingen till och med i bärbara datorer och det kommer att ta ganska lång tid innan massor av nya problem.

Erik Hagersten håller med.

– Jag var ute och talade om det här redan för tio år sedan och då tyckte man att det var intressant, men ingen gjorde något åt det. Nu vaknar plötsligt alla mjukvaruleverantörer och inser att de måste anpassa sig.

STORA PROBLEM

För processortillverkarna och PC-tillverkarna är steget till multiprocessorsystem inte så komplicerat. Men för programmerarna och leverantörerna av operativsystem blir det desto värre.

– En grupp som kommer att få stora problem är tillverkarna av realtidsoperativsystem säger Jakob Englund. Hur många RTOS-tillverkare har ett SMT-kapabelt operativsystem? Jag tror inte att någon av de stora ens är i närheten av att ha någonting. Det har inte varit intressant tidigare.

– Men det största problemet får ändå de som sitter med stora sekvensiella koder tror Erik Hagersten. Plötsligt skall man bestämma sig för att parallellisera och det är svårt nog om man skriver programmen från början. Det vet vi som har skrivit parallellprogram länge. Man kan göra de mest kraftfulla buggar och nu skall programmerare utan tidigare erfarenhet göra om sina program. De har dessutom knappast ens ett operativsystem i bakgrunden. Det kommer att bli så fruktansvärt svårt.

– Bara att få upp prestanda är svårt nog säger Jakob Englund. Där gäller det till exempel att hantera lokalisering av trådar. Om man har två stycken tvåtrådsprocessorer som sitter separat kommer man att ha delad cache mellan två av trådarna. Om man då schemalägger så att man bollar fram och tillbaka mellan processorkärnorna går prestanda helt åt peppern. Och det här är inget som operativsystemet kommer att sköta, åtminstone inte ännu.

– Sedan kommer korrekthe-

ten. Jag fick ett bra exempel här-morgn. Det klassiska tricket att hantera problem med till exempel läsning är att ge alla delar samma prioritet. Då vet man att de inte bråkar med varandra. Det tricket faller platt till marken om man skall ha parallellitet.

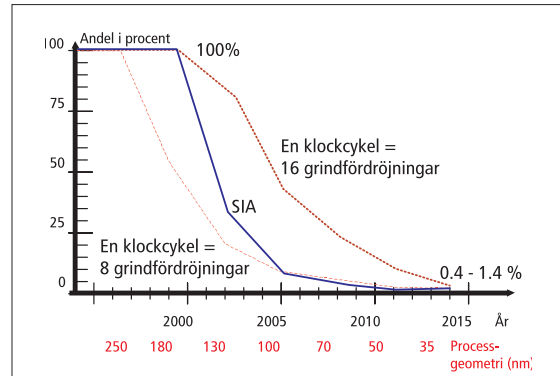
– Och det finns hur mycket kod som helst som är skriven på det sättet säger Erik Hagersten. Man kör ensam på högsta prioritet. Det handlar om miljontals rader kod. Och det farliga är att det här inte är buggar som uppstår på en gång. De kan uppträda vid ytterst egendomliga tillfällen och de är ofta omöjliga att återskapa.

– För oss på forskningssidan är det här extra intressant. Plötsligt blir det intressant att använda till exempel formella metoder för att bevisa att det sekvensiella programmet är identiskt med det parallella programmet. Det finns teknik för att hantera detta, men ännu inga verktyg. Här finns en forskningsutmaning.

Hittills har utveckling av verktyg och metoder för parallelexekvering koncentrerats på datorsystem för databaser, servrar etc. Men nu kommer problemet överallt.

– Det finns mycket datorforskning på det här området som gjorts i Europa, men hittills hamnat i USA eftersom datortillverkarna funnits där säger Jakob Englund. Plötsligt slår problemen mot inbyggnadssystem, som är ett europeiskt kärnområde, det gäller inte minst telekomföretagen. Flygindustrin och militärindustrin är förmodligen bättre förberedda än de flesta. De är vana vid rigorösa metoder. Men för alla andra slår det här hårt. Jag har svårt att tänka mig något område som inte drabbas.

– Det enda ställe i embedded-sammanhang där jag hittills sett mer än en processor är egentligen i DSP-tillämpningar, men där bestämmer man redan från början vad varje processor skall göra. Förmodligen kommer man till att börja med att försöka att använda generella multiprocessorer på samma sätt och se dem som flera separata processorer utan delat



Redan nu börjar det bli svårt att nå över ett helt chip under en klockcykel, men snart måste avstånden begränsas dramatiskt. Enklaste sättet att hantera det är att ha många små processorkärnor.

minne. Men så kan man inte göra när man får multitrådning. Det blir helt omöjligt. På samma sätt kan man inte ge varje processor ett komplett minnesutrymme. Det går helt enkelt åt för mycket minne och man får inte plats fysiskt.

– Man måste alltså programmera applikationerna så att flera trådar delar på en uppsättning data. Det är en stor förändring och folk kommer att uppgadera desperat.

DELA UPP

Hur många program finns det då idag som redan drar fördel av parallellisering.

– Det finns till webbservrar och databasservrar och det finns telekomtillämpningar säger Erik Haglund. I bägge fallen är problemen parallella. På Ericsson har man till exempel försökt att parallellisera Plex så mycket som möjligt och databaserna har utnyttjat parallella processorer länge.

– Men här finns ett nytt problem. De traditionella tillämpningarna är byggda för kanske 16 processorer med vardera en tråd. Med nya processorer får man många trådar per chip och en vansinnig massa trådar totalt sett. Frågan är då om tillämpningen skalar. Och klarar operativsystemet av att skala.

– Men de allra flesta applikationer kan delas upp och parallelliseras. Det kan vara flera telefon-

samtal eller flera robotmotorer, dataströmmar etc. Jag har haft svårt att hitta tillämpningar som bara kan köras seriellt.

OPERATIVSYSTEM

De viktigaste operativsystemen för datorer har tagit åtminstone de viktigaste stegen till multitrådning. Det gäller förstås Linux, men också Windows (från och med NT) och MAC (från och med OS X). Men en av de första var Solaris.

– När Sun tog sitt steg med Solaris gjorde det många användare väldigt sura och övergången tog många år.

Men att operativsystemet har stöd för multipla trådar innebär inte att alla program är skrivna på rätt sätt. Tvärtom är det mesta skrivet för en enda tråd. Det hade varit mycket enklare om applikationerna skrivits med många trådar från början.

Tillvaron hade varit mycket enklare om alla redan från början programmerat på rätt sätt.

– Ett bra exempel på det är gamla Bee Computing. Det var den första persondatorn med multiprocessing. De hade naturligtvis ett operativsystem som var bra på multiprocessing, men dessutom uppmuntrade man folk att skriva programmen med massor av trådar. De som gjorde det fick otroligt bra resultat.

GÖTE FAGERFJÄLL

Nucleus® EDGE

Eclipse made easy.

Nucleus® EDGE is the new Embedded Developer's Graphical Environment from Accelerated Technology. Based on Eclipse, the open platform rapidly emerging as a standard for the embedded systems industry, Nucleus EDGE is an advanced integrated tool suite allowing quicker and easier development of embedded applications.

Accelerated Technology®
A Mentor Graphics Division

©2004 Mentor Graphics Corporation. All Rights Reserved. Mentor Graphics, Accelerated Technology, Nucleus is a registered trademarks of Mentor Graphics Corporation. All other trademarks and registered trademarks are property of their respective owners.

For a FREE download of Nucleus visit our website:
AcceleratedTechnology.com

Nucleus. Embedded made easy.