

A párhuzamos technológia alkalmazási lehetőségei az orvosi képalkotásban

Dr. Juhász Zoltán, Pannon Egyetem

A cikk áttekintést nyújt a szuper-számítástechnika történetéről, a sokprocesszoros, párhuzamos rendszerek jelenlegi fejlődési irányairól és az orvosi képalkotó rendszerek továbbfejlesztése előtt álló kivételes lehetőségekről.

This paper provides a short overview about the history of supercomputing and the use of parallel technology to achieve ever increasing computing performance. It shows that current and future trends in processor technology lead to massively parallel multi-core systems. These systems can provide unprecedented performance for medical imaging system that will benefit medical professionals as well as patients.

BEVEZETÉS

A számítástechnika fejlődésének egyik motorja a minél nagyobb számítási teljesítmény elérése. A tudósok kielégíthetetlen kíváncsisága egyre nagyobb számítási feladatok elé állítja a számítógépes rendszerek fejlesztőmérnökeit. A tranzistor, majd az integrált áramkörök kifejlesztése elindította a világot a digitális korszak felé és egyben lehetővé tette egyre több alkatrész egyre kisebb helyen történő elhelyezését – megteremtve a szuperszámítógép technológia alapját.

A nagyobb számítási teljesítmény elérésének eleinte a minél gyorsabb alkatrészek kifejlesztése, majd a processzorok órajel frekvenciájának növelése volt a módja. Megkezdődött a gyártók versenye a legmagasabb műveleti sebesség eléréseért. A mérőszám az egy másodperc alatt végrehajtott aritmetikai utasítások száma, a flops (floating point operations per second) lett. Az első jelentős mérföldkő a teljesítmény versenyben a Cray-2 számítógép megjelenése, mely 1986-ban a világon elsőként lépte át az 1 Gflops (109, azaz egy milliárd művelet) átlomhatárt.

A leggyorsabb és emiatt nagyon drága szuperszámítógépek első felhasználói a hadiipar és az űrkutatás voltak. Jóval később jelennek csak meg a civil szférában, ott is elsősorban a meteorológia, természettudományok és a különleges mérnöki számítások területén. A leggyakoribb alkalmazások a lineáris és differenciál egyenletrendszerek megoldása voltak.

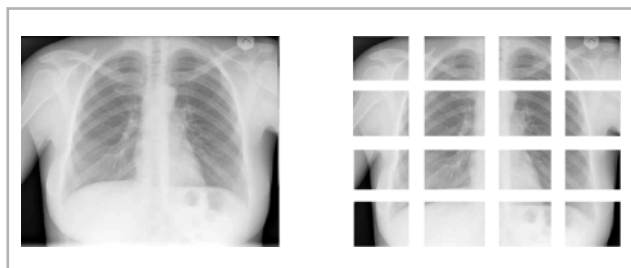
PÁRHUZAMOS RENDSZEREK

A sokmillió dolláros szuperszámítógépek használata csak kevesek kiváltsága volt. Az 1970-as évek végén megjelenő első mikroprocesszorok (Intel 8080, Motorola 6800, Zilog Z80) egy olyan folyamat kezdetét jelezték, melyek alapvetően változtatták meg a szuperszámítógépek felépítését,

fejlődésük irányát. A 80-as évek közepére a technológia lehetővé tett több mikroprocesszor egy rendszerbe kapcsolását. A tömegtermék és így nagyon olcsó processzorokból sokat felhasználva elméletileg a szuperszámítógépeket megközelítő teljesítmény érhető el töredék áron. Egymás után jelentek meg a újabb és újabb többprocesszoros számítógépek (pl. DAP, Clip, Datacube, Connection Machine, Transputer) a piacon.

Ezek a gépek – melyeket párhuzamos gépeknek is neveznek amiatt, hogy a processzoroknak párhuzamosan, egyszerre kell egy nagy feladat részfeladatait megoldani – azonban speciális, ún. párhuzamos programokat igényelnek a nagy számítási teljesítmény eléréséhez. Ezek teszik lehetővé, hogy egy problémát sok processzor együttműködésével tudjunk végrehajtani. Az ilyen programok kifejlesztését pedig párhuzamos programozásnak nevezzük. A korai párhuzamos gépek tipikusan 4-64 processzort használtak és nem érték el a szuperszámítógépek teljesítményét, de megközelítették azt, és a technológiát széles rétegek számára tették elérhetővé egyetemeken, kutatóintézetekben.

A párhuzamos gépek csak jól részekre bontható, párhuzamosítható számítási feladatok esetén működnek hatékonyan. Mivel egy digitális kép nagyon sok képpontból áll (pl. 1000x1000 felbontás esetén 1 millió képpont), a legelemibb művelet elvégzése is sok időt vesz igénybe egy processzorral. Mivel az alacsony szintű képjavitó, lényegkiemelő és szűrő eljárások hasonló és gyakran egymástól független műveletek végrehajtását igénylik minden egyes képponton, nagyon hamar „kedvenc” párhuzamos alkalmazás lett a digitális képek feldolgozása. Természetesen nem minden képfeldolgozási művelet párhuzamosítható hatékonyan, azonban ezek a rendszerek tették lehetővé a digitális orvosi képfeldolgozási és képalkotási technológiák kifejlesztését (1. ábra).



1. ábra

Tipikus digitális kép az egészségügy területéről és annak párhuzamos feldolgozási elve: egy kis kocka – egy processzor

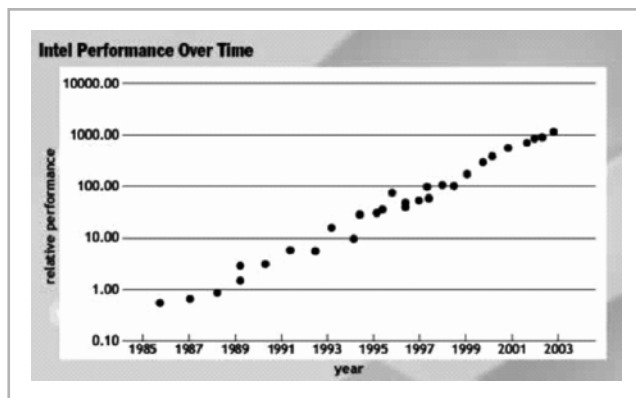
MEGHALT A KIRÁLY, ÉLJEN A KIRÁLY!

A 80-as évek végére újabb technológiai fordulat következett be. A mikroprocesszor technológia fejlődése soha nem

látott sebességű és méretű fejlődésnek indult. A valamikori 1 MHz processzor sebesség másfél évtized alatt 2-3 GHz-re emelkedett, és további technológiai megoldásoknak köszönhetően, a teljesítmény megközelítőleg 1000-szeresére nőtt (2. ábra). Ez erősen kérdésessé tette a párhuzamos rendszerek iránti igényt, mivel többen úgy gondolták, inkább várnak egy évet egy többször gyorsabb processzorra, mint költenek egy párhuzamos program kifejlesztésére. Egy terület maradt, ahol elkerülhetlenné vált a párhuzamosság, ez pedig a szuperszámítógépeké, ahol korábban ezt nem igazán alkalmazták.

Az Egyesült Államok-beli Energetikai Hivatal által meghirdetett ASCI (Accelerated Strategic Computing Initiative) program azt a célt tűzte ki, hogy tömegcikk mikroprocesszorokból készüljenek szuperszámítógépek. Ez csak sok processzor felhasználásával vált lehetségessé. Az új álomhatár a Teraflops (ezer milliárd művelet másodpercenként) teljesítmény elérése volt. Erre 1997 nyaráig kellett várni, amikor üzembe helyezik az ASCI Red nevű, 9298 Pentium II processzort tartalmazó 1,3 Teraflops teljesítményű gépet (3. ábra). A két kosárlabda pálya helyet elfoglaló rendszer ára 110 millió dollár volt, 500 kW teljesítmény felvétellel és ugyanakkora teljesítményű klímaberendezés segítségével működött.

Az ASCI Red után további szuperszámítógépek jelentek meg, egyre nagyobb teljesítménnyel (pl. ASCI White 7 Tflops, a japán Earth Simulator 35 Tflops stb.), de ezek mind nagyszámú processzort alkalmaztak.



2. ábra
Az Intel processzorok teljesítményének relatív növekedése az elmúlt időkben



3. ábra
1,3 Tflops: az ASCI Red számítógép [1]

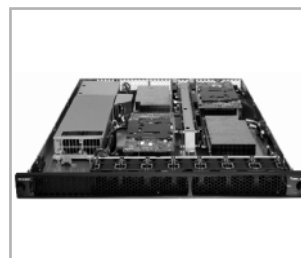
EGY ÚJ KORSZAK HAJNALA

2005-ig úgy tűnt, hogy a párhuzamosság csak a szuperszámítógépek területére korlátozódik. A processzorok feltartóztatatlannak tűnő módon fejlődtek. Ebben az évben azonban kiderült, hogy az Intel cég nem képes a Pentium 4 processzor utódját kifejleszteni teljesítmény és hűdisszipációs problémák miatt. Kiderült, hogy a másfél évtizedig élvezett frekvenciaemeléssel elért automatikus gyorsulás tovább nem kivitelezhető. Félvezető fizikai korlátok miatt a processzorok teljesítménye tovább nem fokozható!

Az egyetlen járható út, több processzor alkalmazása! A gyártástechnológia fejlődésének köszönhetően azonban ezeket a processzorokat egyetlen integrált áramköri lapkára lehet helyezni. Megjelentek az ún. többmagos processzorok, melyek alacsonyabb sebességű, de több (2-4) számítási magot tartalmaznak. Ezek azonban csak párhuzamos programok végrehajtásával képesek elérni megnövekedett teljesítményt. Valamennyi gyártó ezt az irányt követi, a várható fejlődés forradalmi! Több száz, akár ezer magot tartalmazó processzorok megjelenése várható a következő néhány évben. Néhány példa a jelenlegi állapotról. A Sun Niagara processzora 8 magos, az IBM Cell processzora 9 magot tartalmaz, a Tiler a Cég Tile64 processzora 64 magos, az Intel négymagos processzorokkal van jelen, az AMD 6 magos változatokat gyárt. Az Intel már bemutatta a kísérleti 80 magos processzorát, mely Teraflops teljesítményt nyújt mindössze 60W (!) teljesítményfelvétel mellett [2].



4. ábra
NVIDIA Tesla C1060 1 Tflops teljesítményű számítási PC kártya [4]



5. ábra
NVIDIA Tesla S1070 4 Tflops teljesítményű rack kivitelű számítási egység [3]

Az általános processzorok mellett új fejlemény az ún. célprocesszorok, speciális hardver gyorsítók megjelenése. Ezek közül a legígéretesebb jelölt a számítógépes játékok számára kifejlesztett grafikus kártyák felhasználása numerikus számításokra. Az NVIDIA vállalat CUDA grafikus kártyái 16-240 db magot tartalmaznak modelltől függően. A Tesla sorozat (4. és 5. ábra) tagjai kifejezetten csak számításra készülnek, kép megjelenítésre további kártya szükséges. A teljesítmény lenyűgöző, a C1060 240 magja 1 Teraflops, az S1070 960 magja 4 Teraflops teljesítményt nyújt (5. ábra) [3]. Ezekkel a kártyákkal már most az 110 millió dolláros ASCI Red teljesítményét érheti el bárki a saját számítógépében. Indul a „személyi szuperszámítógép mindenkinek” program?

ORVOSI KÉPALKOTÁS

A többmagos processzorok és a grafikus kártyák számítási felhasználása eddig el nem képzelhető távlatokat nyit meg előttünk. Egy átlagos mai számítógép teljesítménye nem éri el az 1 Gflops teljesítményt. Néhány tízezer forint száz ezer forintos nagyságrendig tartó beruházással több száz, vagy akár ezer számítógép teljesítményét tudjuk használni feladataink megoldásához. Az egészségügyben ez nagymértékű hatékonyságnövekedést jelenthet (gyorsabb eredmény előállítás, gyorsabb betegkiszolgálás, eredményesebb, pontosabb képalapú szűrési eljárások stb.), illetve olyan eljárások megjelenését, melyet korábban klinikai gyakorlatban el nem tudtunk volna képzelni. Néhány adat az NVIDIA grafikus kártyák segítségével elért teljesítményekről (hagyományos géphez viszonyítva): MRI képek feldolgozása (245x – 415x gyorsulás), CT kép előállítása (50x gyorsulás), 3D rekonstrukció (100x gyorsulás) [4].

Tanszékünkön folyó egyik fontos kutatási program az agy elektromos aktivitásának vizsgálata alapján az agyi működés és plaszticitás vizsgálata [5]. Ezek a mérések sokcsatornás agyi EKG mérések jeleinek feldolgozását igénylik. Tipikusan egy-két másodpercnyi mérési adat feldolgozása hagyományos számítógépen órákat vesz igénybe. Az új sokmagos rendszerek felhasználásával eredményeink szerint közel valós idejű feldolgozást sebességet tudunk elérni. Korábbi vizsgálataink ezen a területen kitértek hagyományos PC (2-8 mag), szuperszámítógép (144 mag), számítógép

klaszterek (100 mag) felhasználására és egyértelműen bebizonyították, hogy a kívánt teljesítmény ezekkel nem érhető el annak ellenére, hogy az árak jóval a grafikus kártya alapú számítási rendszerek fölött van.

ÖSSZEFOGLALÁS

A félvezető technológia és a processzor gyártás eddig nem látott forradalmi változásokat eredményez a következő években. A korábbi egyetlen, szekvenciális elven működő feldolgozó egységet tartalmazó processzorok eltűntek, a jelen és jövő processzorai nagyon sok számítási magot fognak tartalmazni és a számítógépeink ezekből különböző, a feladatok típusához legjobban illő típusú és számú egységet használnak majd. Ez potenciálisan szuperszámítógép teljesítményt nyújthat bárkinek.

Ezek a rendszerek azonban csak megfelelő programok segítségével használhatók ki. A párhuzamos programozás újra fontos, sőt megkerülhetetlenné válik. Csak így növelhető tovább a számítási teljesítmény. A tömegesen gyártott sokmagos rendszerek széles spektruma található meg már most is a piacon. Költségvetéshez és a feladathoz lehet szabni a rendszer kiépítettségi szintjét. Ennek köszönhetően a háziiorvostól a kórházi szakemberig, minden szinten megjelenhetnek pl. a korábbinál hatékonyabb, pontosabb diagnosztikai eljárások, műszerek. Orvos, beteg és gyártó érdeke is ezen párhuzamos technológiák mielőbbi alkalmazása az egészségügyben.

IRODALOMJEGYZÉK

- [1] Sandia National Laboratories, ASCI Red, <http://www.sandia.gov/ASC/library/fullsize/platforms-red.html>
- [2] Intel Corp., 80 core Teraflops Research Processor http://download.intel.com/pressroom/kits/research/poster_80-core_Teraflops_Research_Processor.pdf
- [3] NVIDIA Corp., Tesla Computing Solutions http://www.nvidia.com/object/tesla_computing_solutions.html

- [4] NVIDIA Corp., CUDA Showcase http://www.nvidia.com/object/cuda_home.html
- [5] Nagy Zoltán, Végső Balázs, Magos Tibor, Szekrényesi Csaba, Fülöp Kornél, Kozmann György: A motoros működés agykérgi szerveződésének vizsgálata bioelektromos képalkotó módszerekkel, 128 csatornás nagy felbontású EEG alkalmazásával egészséges személyeknél és stroke-ot követően, IME Az egészségügyi vezetők szaklapja, 2009. VIII. évf. Képalpalkotó különszám

A SZERZŐ BEMUTATÁSA



Dr. Juhász Zoltán egyetemi docens a veszprémi Pannon Egyetem Villamosmérnöki és Információs Rendszerek tanszékén, ahol a Párhuzamos és Elosztott Rendszerek kutatócsoport vezetője. Okleveles villamosmérnöki diplomát szerzett 1989-ben (BME), majd két évig Észak-Írországban, a The Queen's University of Belfast Computer Science tanszékén dolgozott kutatóként. 1992 óta dolgozik

a Pannon Egyetemen. 1997-ben szerzett Műszaki Informatika PhD fokozatot. Kutatási területe a párhuzamos és elosztott számítási rendszerek elmélete és fejlesztése, valamint az objektum-orientált technológiák alkalmazása ezen területeken. Az elmúlt évek alatt több tudományos kutatási pályázatot nyert, valamint többször volt vendégoktató az angliai University of Exeter Computer Science tanszékén. Jelenlegi kutatási tevékenysége a sokmagos grafikus processzorok orvosi képalkotásban történő hatékony felhasználására irányul.