

Superkompiuterių apžvalga

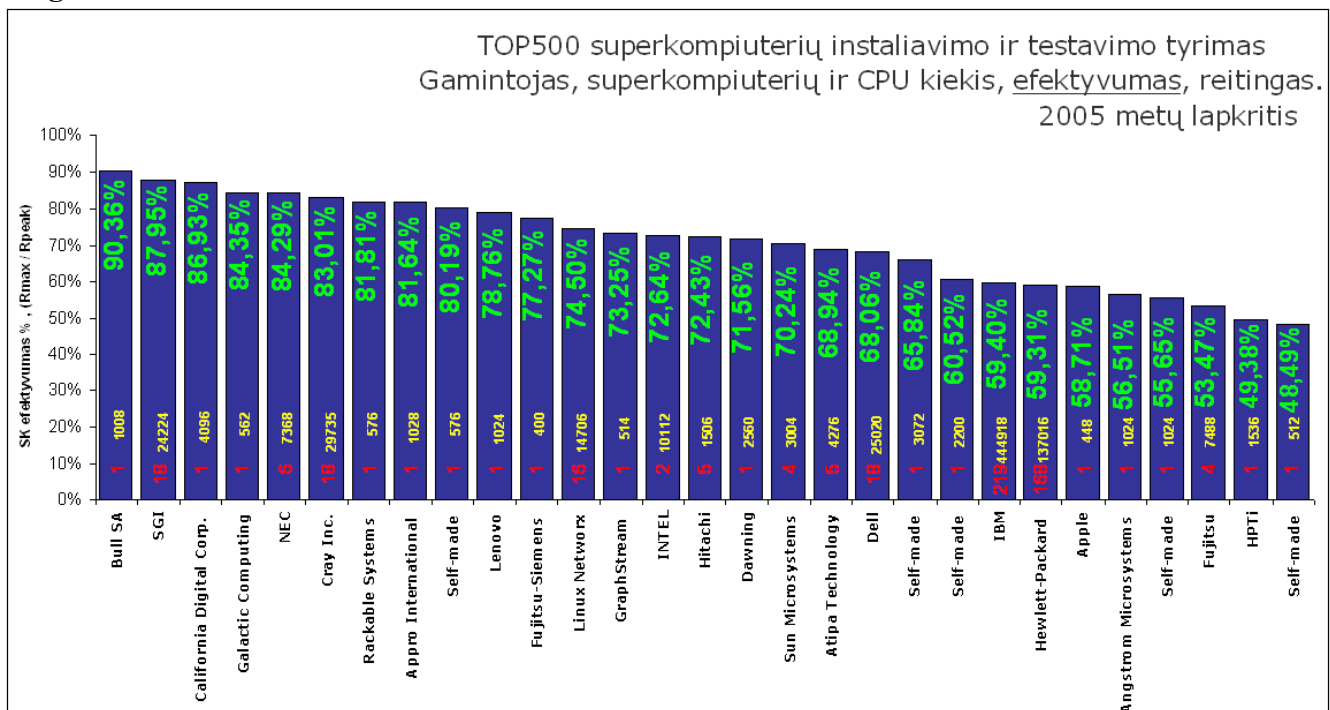
2004 m. lapkritis - 2006 m. sausis

Reikšmingiems valstybinės svarbos objektams, tame tarpe ir didelės galios daugiaprocesoriniam kompiuteriui (toliau tekste superkompiuteris) įsigyti būtina pasaulinės praktikos ir tendencijų apžvalga. Pabandykime tai padaryti paskutiniųjų dviejų metų laikotarpio TOP500 superkompiuterių sąrašo kontekste. Kiekvienam skirtingų sistemų palyginimui būtina pasirinkti kokį tai vertinimo kriterijų. Superkompiuterių atveju galima būtų parinkti du kriterijus:

- **efektyvumą**, kuomet nustatomas tam tikros vertės instaliuotos skaičiavimo galios išnaudojimas lyginant su teorine skaičiavimų galia; faktiškai tai R_{max}/R_{peak} , kur R_{max} – LINPACK testo vertė Gigaflonais, o R_{peak} – teorinė skaičiavimo sistemos galia Gigaflonais.
- **reitingą**, kuris paprastai naudojamas baigtinio sąrašo elementų įvertinimui susumuojant elementų užimamas pozicijas sąrašo ir padalijant iš elementų sąrašo skaičiaus;

Minėtiems kriterijams sudaryti pilnai pakanka duomenų, pateikiamų greičiausių superkompiuterių TOP500 sąrašo, paskelbtame 2005 lapkričio mėnesį. Logiška būtų daryti prielaidą, kad iš vienetinių pavyzdžių apibendrinančių išvadų nevertėtų priimti. Todėl palyginimams buvo pasirinktos tos kompanijos gamintojos, kurios minėtame sąrašo turi bent 10 superkompiuterių. Tokios kompanijos yra SGI (turi 18 superkompiuterių su bendru 24224 Itanium2 procesorių skaičiais), CRAY (turi 18 superkompiuterių su 29375 procesorių, kurių dalis nuosavi vektoriniai, kita dalis AMD procesoriai), Linux Networx (turi 16 superkompiuterių su 14706 AMD procesorių), DELL (turi 18 superkompiuterių su 25020 Pentium Xeon procesorių), IBM (turi 219 superkompiuterių su 444918 įvairiausių Xeon, AMD ir Power procesorių) ir HP (turi 168 superkompiuterius su 137016 įvairiausių Xeon, Itanium2, AMD, PA-Risc ir Power procesorių). Pirmąjį trejetą sudaro BULL, California Digital ir SGI (visi su Itanium2 procesoriais). Atmetus iš tyrimo pavienius BULL ir California Digital atvejus, efektyviausiai veikiančių kompanijų sąrašo priekyje yra Silicon Graphics Inc. Paminėtina, kad 2005-ųjų metų SGI efektyvumo procentas būtų geresnis, jei "išmestume" vienintelį superkompiuterį su žemu efektyvumo procentu, kuriame nevykusiai buvo panaudotas visiškai nebūdingas SGI kompanijai NUMAflex ir Ethernet Gigabite mišrus superkompiuterio modulių apjungimas (tokio apjungimo pasekmė - vos 38 procentų superkompiuterio efektyvumas). Be šio atvejo SGI efektyvumas viršytų 91 procentą. Visų kompanijų rodikliai pateikiami diagramoje Nr.1.

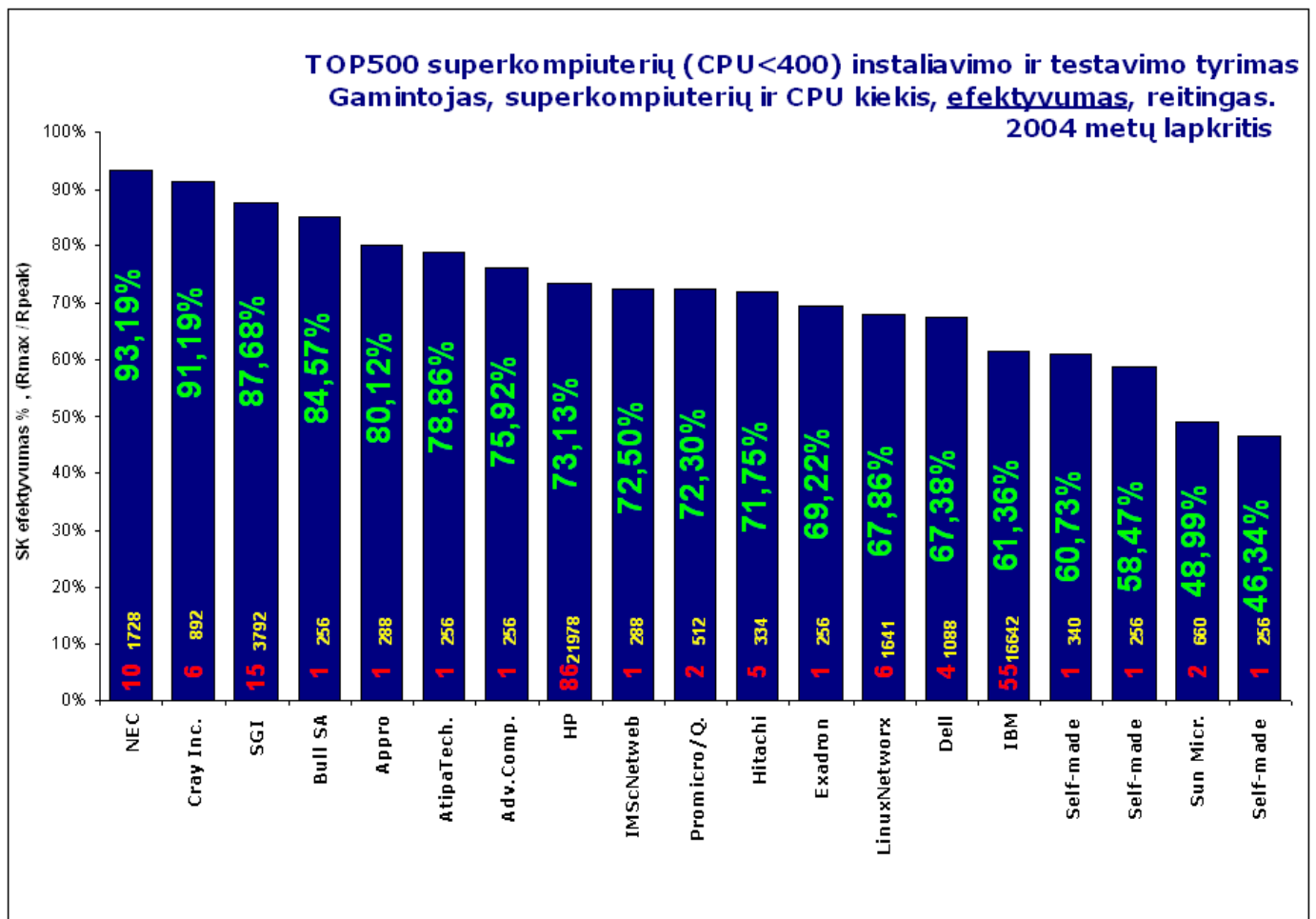
Diagrama Nr.1



Diagramų paaiškinimas. Raudona spalva - stulpelio apačioje paminėto gamintojo superkompiuterių skaičius TOP500, geltona - bendras CPU skaičius šiuose superkompiuteriuose, žalia spalva - instaliuotų superkompiuterių efektyvumo procentas.

Pakankamai vertingos informacijos gauname nagrinėdami 2004 lapkričio TOP500 sąrašą. Tuomet jame buvo pakankamai (40%) superkompiuterių su procesorių skaičiumi neviršijančiu 400 vienetų. Būtent tokie kompiuteriai tuomet buvo paplitę nedidelių valstybių, arba atskirų universitetų tarpe. Samprotaujant taip pat kaip ir pirmosios diagramos atveju, parenkame kompanijas, instaliavusias bent 10 superkompiuterių. Pirmosios sąrašė NEC rezultatas yra gaunamas su jos gaminamais vektoriniais procesoriais. Pradedant 2005-aisiais metais šis atvejis jau nėra tipinis mažoms valstybėms arba universitetams pasirenkant superkompiuterio gamintoją, todėl jo nenagrinėsime. Tuomet palyginimams turime SGI (15 superkompiuterių su 3792 Itanium2 procesorių), HP (86 superkompiuteriai su 21978 įvairių procesorių, dauguma Itanium2) ir IBM (55 superkompiuteriai su 16642 CPU). Diagramoje Nr. 2 matome, kad efektyvumo skirtumas tarp SGI ir HP bei IBM gana didelis - atitinkamai 14 ir 26 procentais geresnis.

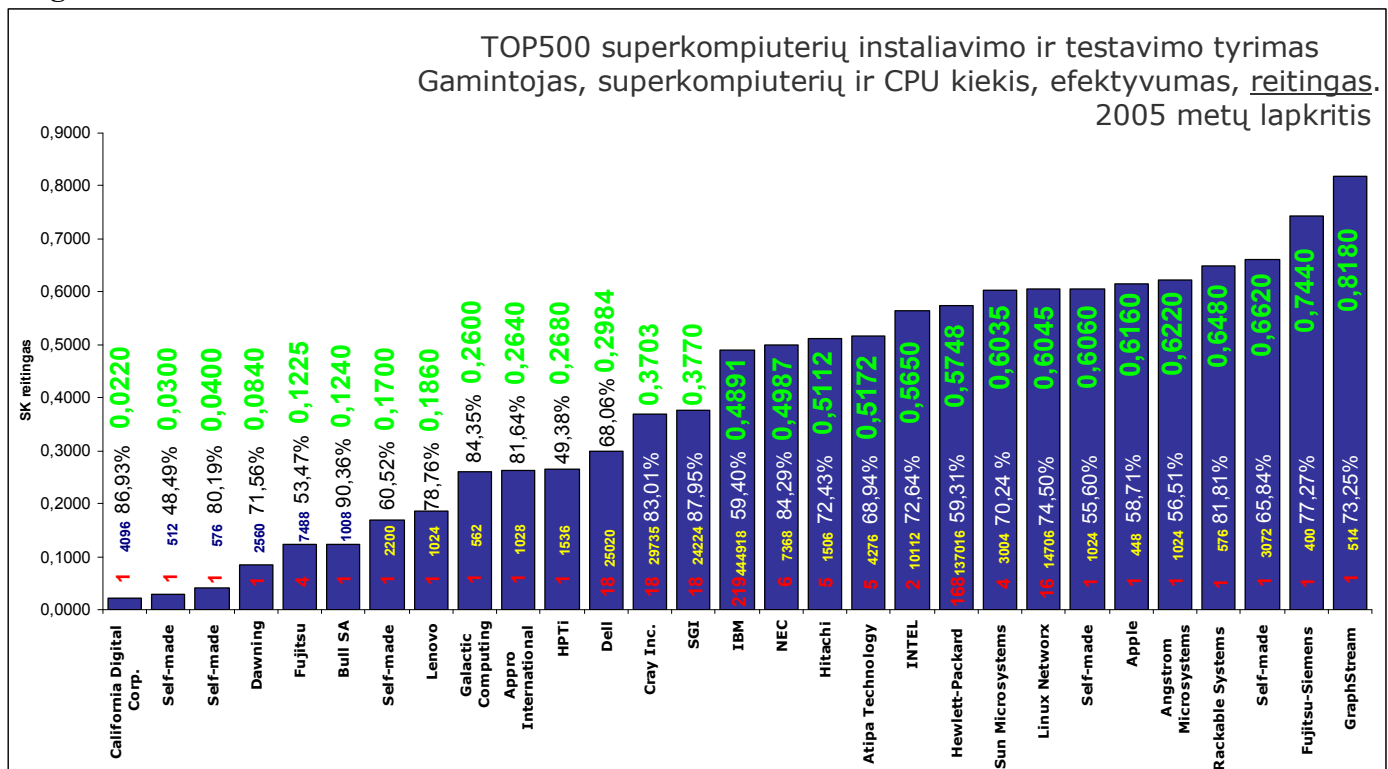
Diagrama Nr. 2



Pabandykime naujausiąjį TOP500 sąrašą panagrinėti reitingų požiūriu. Paimkime kompanijos gamintojos TOP500 sąrašė užimamą vietą ir padalinkime iš 500, taip gausime normalizuotą dydį, priskiriamą konkrečiam superkompiuteriui. Sugrupuokime tuos dydžius pagal kompanijų pavadinimus ir suraskime vidurkius. Gausime kompanijų vietų pasiskirstymą, kuris parodomas diagramoje Nr. 3.

Diagramos paaiškinimas. Raudona spalva - stulpelio apačioje paminėto gamintojo superkompiuterių skaičius TOP500, geltona arba mėlyna - bendras procesorių skaičius šiuose superkompiuteriuose, juoda arba balta – kompanijos gaminamų superkompiuterių efektyvumas procentais, žalia spalva – kompanijos reitingas.

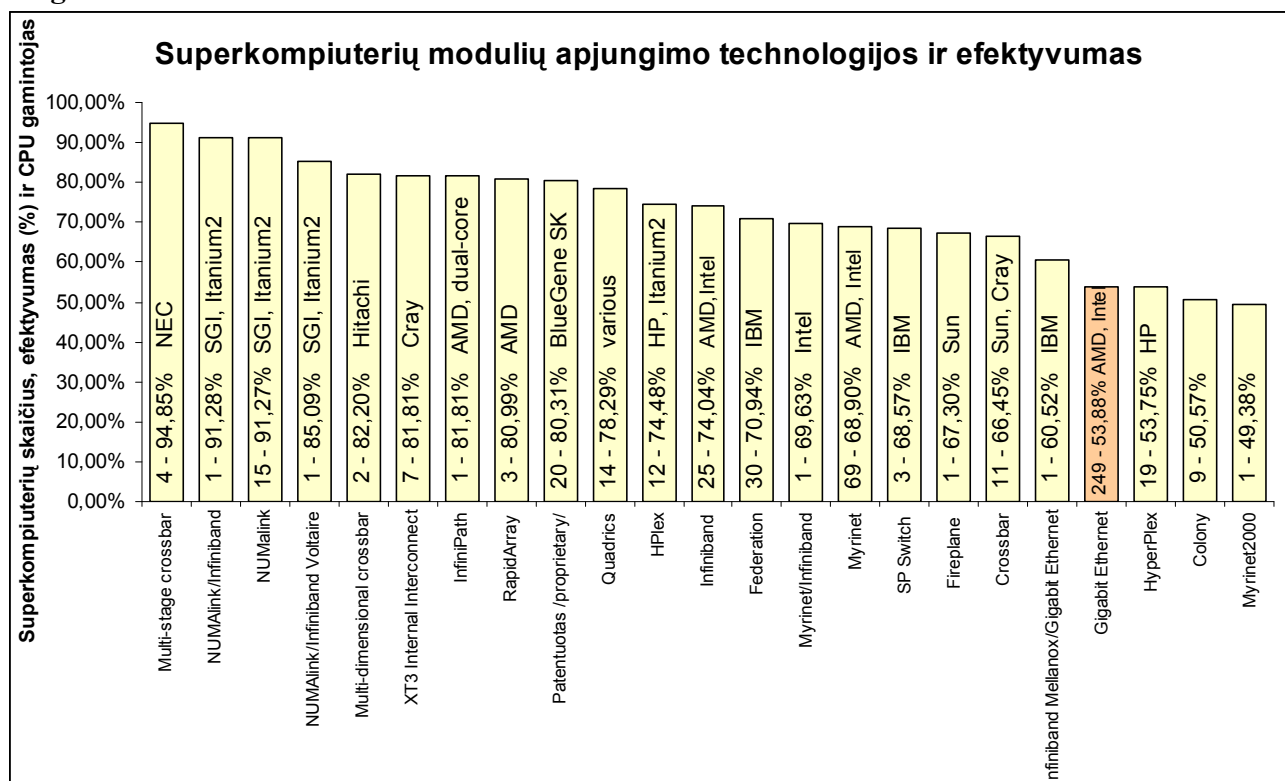
Diagrama Nr. 3



Kompanijų, turinčių per 10 superkompiuterių, sąrašas pirmauja DELL su Intel Xeon CPU, Cray Inc. su Cray ir AMD CPU, SGI su Itanium2 CPU ir IBM su įvairiais procesoriais. Tačiau šioje diagramoje pateiktų rezultatų negalima pervertinti, nes dalis superkompiuterių buvo įdiegti prieš metus ir daugiau, anuomet jie turėjo aukštesnes vietas TOP500 sąrašuose. Tokio sudėtingo reitingavimo tyrimo apimančio keleris metus atsisakyta.

Superkompiuterių palyginimo apžvalgoje išskirtume ir dar kelis reikšmingus faktorius – superkompiuterio nodų apjungimo tipą (Diagrama Nr. 4) ir superkompiuterių naudojamas operacines sistemas (Diagrama Nr. 5) bei jų pasiskirstymą jau minėto anksčiau efektyvumo Rmax/Rpeak atžvilgiu.

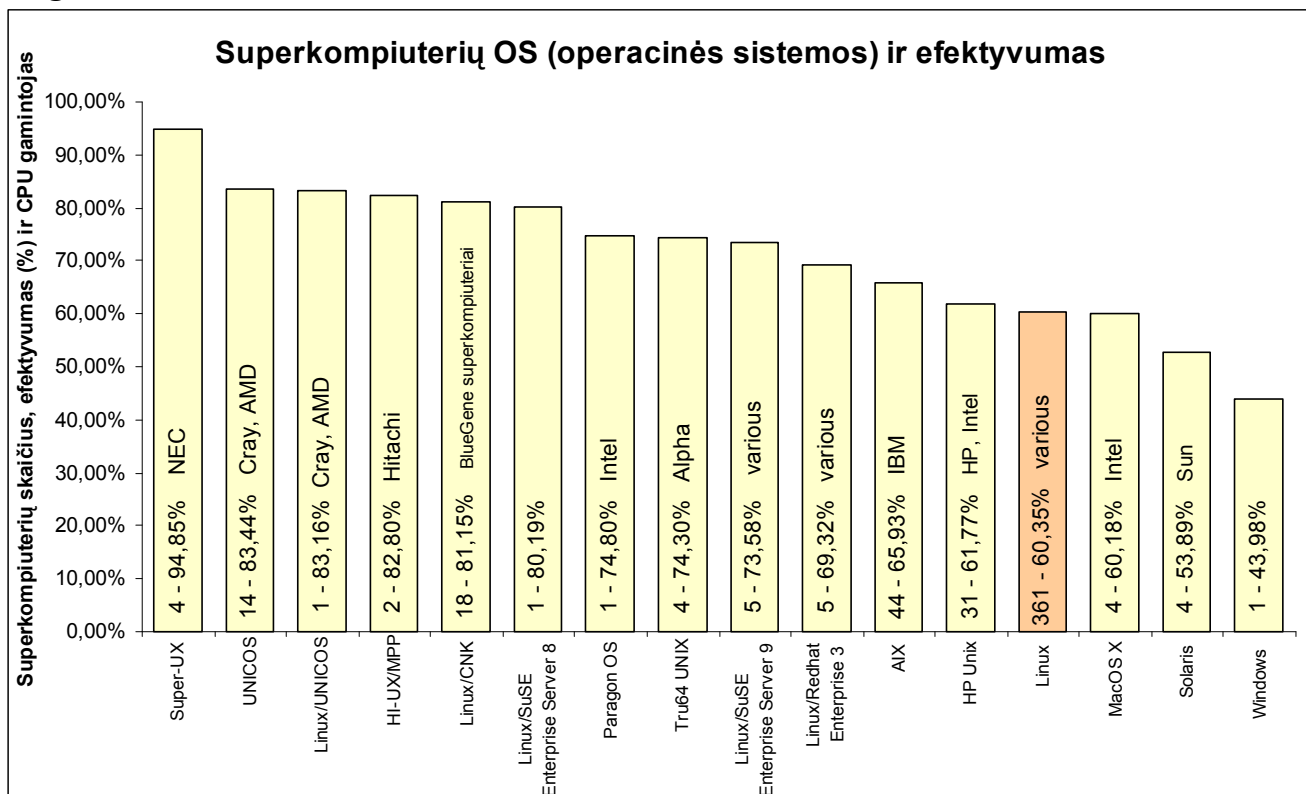
Diagrama Nr. 4



Diagramoje Nr. 4 efektyvumo rodikliai skaičiuoti tokiu pat būdu, kaip ir pirmųjų diagramų atveju. Šie rodikliai labai priklauso nuo procesoriaus tipo ir apjungimo būdo. Galima pastebėti, kad kompanijų, naudojančių vektorinius CPU ir savitą jungimo būdą rezultatai yra geresni. Tai NEC kompanija, tačiau tokių superkompiuterių yra likę nedaug. Vėlgi sąrašą pirmauja SGI su patentuotu NUMalink apjungimu. Pažymėtina, kad IBM apjungimas „Federation“ ir HP apjungimas „HyperPlex“ lemia žemesnius efektyvumo rodiklius. Akivaizdų šiuolaikinės greitaiveikos reikalavimams neatitinkantį apjungimą matome paryškintame diagramos stulpelyje, kuomet naudojama pigiausia ir populiariausia priemonė – GigaBit Ethernet. Tokios jungtys sudaro apie pusę visų superkompiuterių TOP500 parko.

Diagramoje Nr. 5 paryškintame stulpelyje matome situaciją su populiariausia superkompiuteriuose operacine sistema – Linux. Ji sudaro apie 73 % visų superkompiuterių OS. Pažymėtina, kad atskiroms sistemoms Linux pasiekia geriausių rezultatų, pavyzdžiui efektyvumo lyderis SGI naudoja tik Linux. Tas pats pasakytina ir apie Linux/CNK derinį, kuris naudojamas BlueGene superkompiuteriuose.

Diagrama Nr. 5

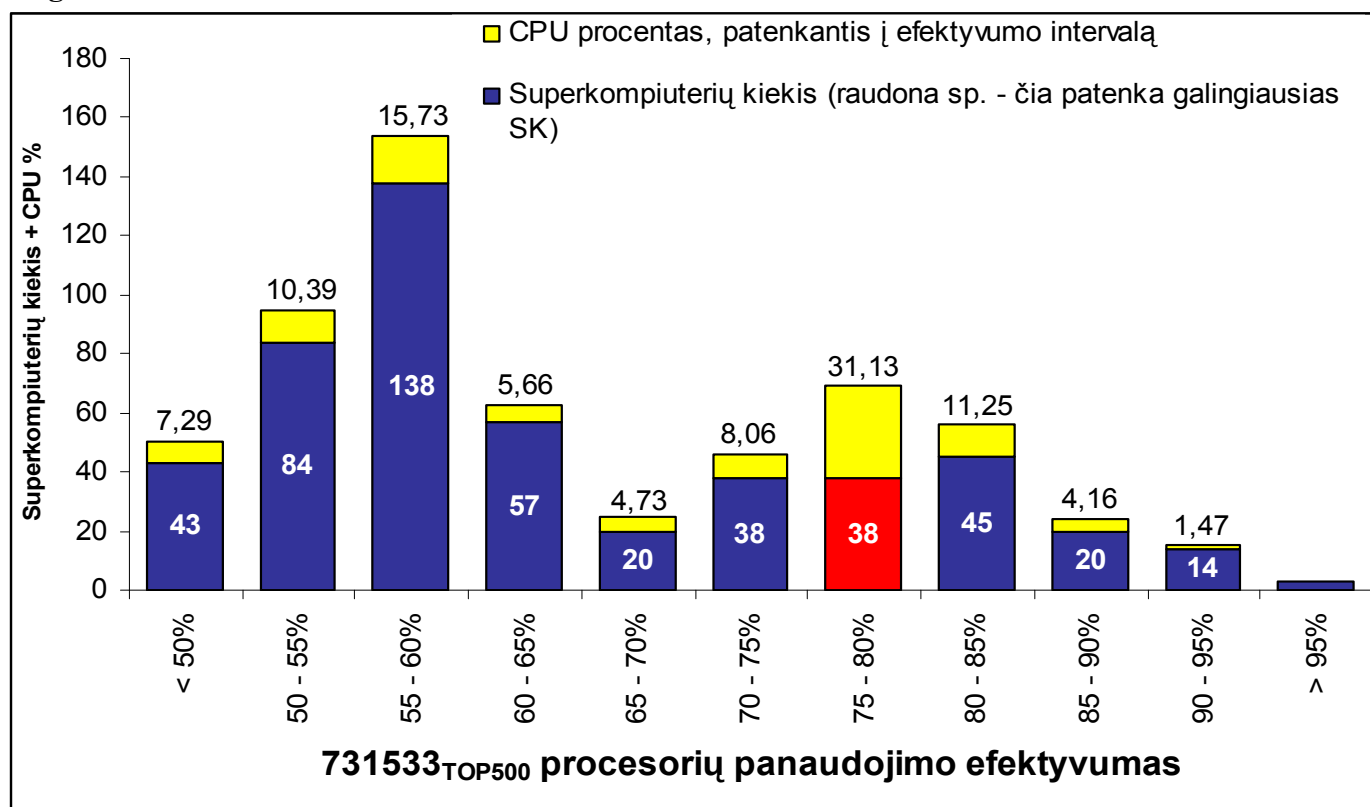


Pateikime dar keletą lentelių iš kurių galima pamatyti procesorių skaičiaus pasiskirstymą tarp įvairių efektyvaus panaudojimo intervalų. Šiuo metu į TOP500 sąrašą patenkantys superkompiuteriai turi 731533 įvairių gamintojų procesorius. Didelę jų dalį sudaro superkompiuteris Nr. 1 kuris turi 131072 procesorius, ir tai sudaro beveik penktadalį TOP500 sąrašė esančių procesorių. Todėl parengėme dvi diagramas – su didžiausiojo superkompiuterio procesoriais ir be jų. Diagramoje Nr. 6 raudona spalva išskiriamas stulpelis, kuriam priklauso didžiausias ir galingiausias superkompiuteris. Kaip matyti diagramoje Nr. 6, daugiau nei pusėje visų TOP500 procesorių yra panaudojami mažiau 60% savo fizinių galimybių. Ir tik 1/6 jų yra panaudojami geriau nei 80 procentų jų galimybių. Diagramose Nr. 6 ir 7 dominuoja dvi efektyvumo grupės:

- žemo efektyvumo, kurių pagrindą sudaro kompanijų IBM ir HP gaminiai;
- didelio efektyvumo, kurių pagrindą sudaro kompanijų NEC, SGI superkompiuteriai bei IBM, HP, CRAY su naujausiais procesoriais;

Diagramą Nr. 6 taip pat galima nagrinėti lentelėje Nr. 1, o diagramą Nr. 7 – lentelėje Nr. 2.

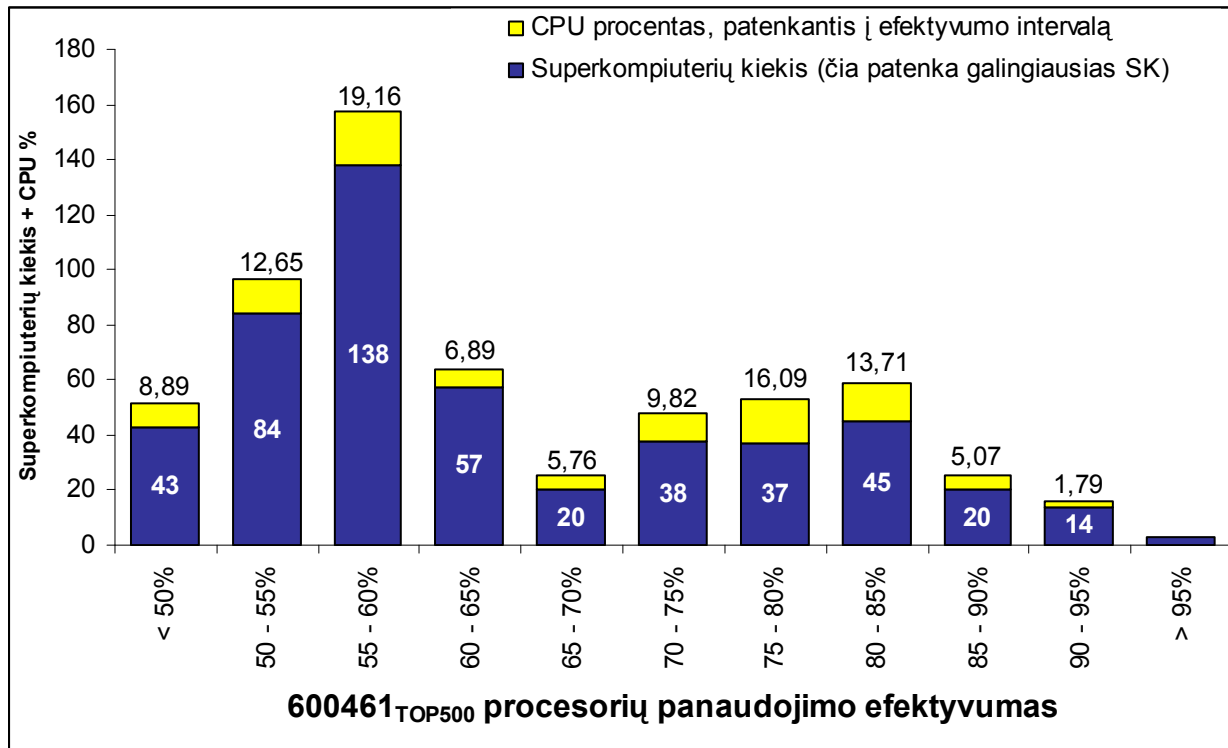
Diagrama Nr. 6



Lentelė Nr. 1

731533CPU	SK	CPU	%	Gamintojai	
iki 50% efektyvumas	43	53364	7,29	Pagrindas IBM	
nuo 50% iki 55% efektyvumas	84	75988	10,39	Pagrindas IBM ir HP	
nuo 55% iki 60% efektyvumas	138	115062	15,73	Pagrindas IBM ir HP	
nuo 60% iki 65% efektyvumas	57	41376	5,66	Pagrindas IBM	
nuo 65% iki 70% efektyvumas	20	34602	4,73	Pagrindas IBM, HP ir DELL	
nuo 70% iki 75% efektyvumas	38	58992	8,06	Pagrindas IBM ir HP	
nuo 75% iki 80% efektyvumas	38	227706	31,13	Pagrindas IBM, HP ir LinuxNetworkx	Cia yra galingiausias SK
nuo 80% iki 85% efektyvumas	45	82323	11,25	Pagrindas IBM, CRAY ir DELL	
nuo 85% iki 90% efektyvumas	20	30420	4,16	Pagrindas IBM, HP ir SGI	
nuo 90% iki 95% efektyvumas	14	10748	1,47	Pagrindas SGI	Itanium2
daugiau 95% efektyvumas	3	952	0,13	NEC	

Diagrama Nr. 7

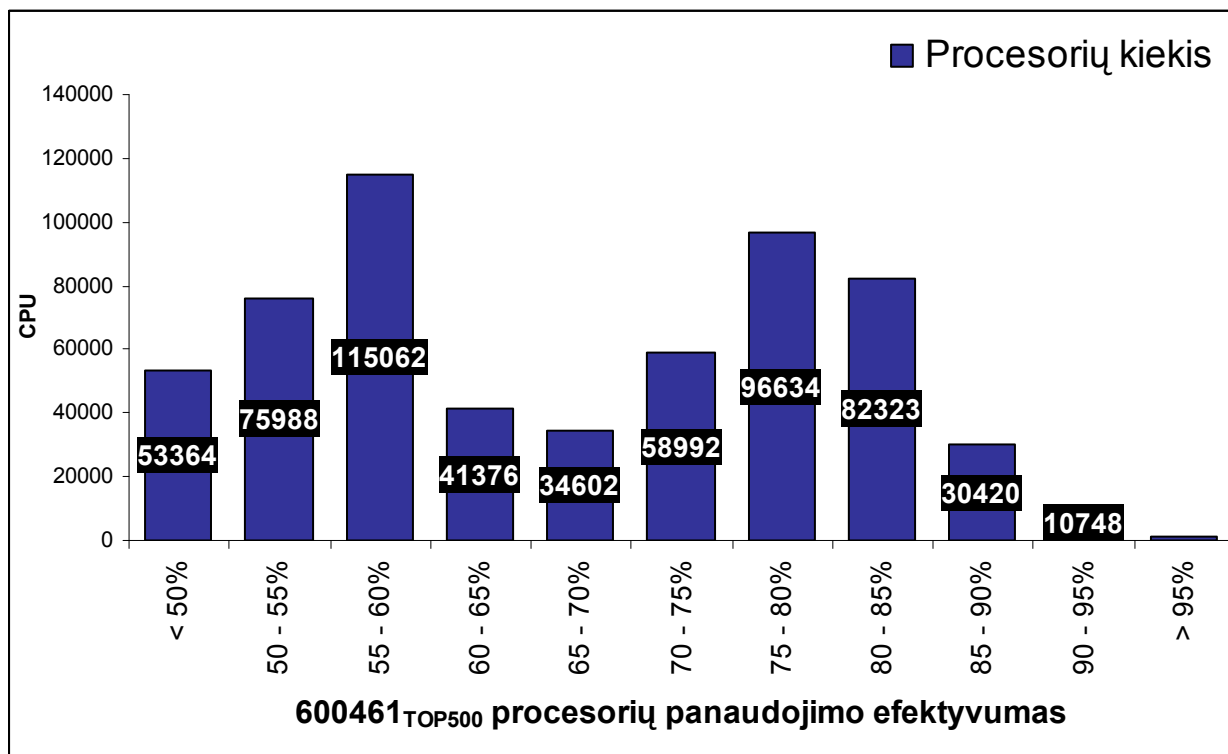


Lentelė Nr. 2

600461CPU, be 1-ojo SK	SK	CPU	%	Gamintojai
iki 50% efektyvumas	43	53364	8,89	Pagrindas IBM
nuo 50% iki 55% efektyvumas	84	75988	12,65	Pagrindas IBM ir HP
nuo 55% iki 60% efektyvumas	138	115062	19,16	Pagrindas IBM ir HP
nuo 60% iki 65% efektyvumas	57	41376	6,89	Pagrindas IBM
nuo 65% iki 70% efektyvumas	20	34602	5,76	Pagrindas IBM, HP ir DELL
nuo 70% iki 75% efektyvumas	38	58992	9,82	Pagrindas IBM ir HP
nuo 75% iki 80% efektyvumas	38	96634	16,09	Pagrindas HP ir LinuxNetworkx
nuo 80% iki 85% efektyvumas	45	82323	13,71	Pagrindas IBM, CRAY ir DELL
nuo 85% iki 90% efektyvumas	20	30420	5,07	Pagrindas IBM, HP ir SGI
nuo 90% iki 95% efektyvumas	14	10748	1,79	Pagrindas SGI
daugiau 95% efektyvumas	3	952	0,16	NEC

Diagrama Nr. 8 yra susieta su diagrama Nr. 7 ir lentele Nr. 2. Tokiu būdu iš lentelės galima matyti kompanijų procesorių efektyvaus panaudojimo pasiskirstymą.

Diagrama Nr. 8



Tyrimo eigoje atlikome specifinius palyginimus. SGI 2005-ais instaliavo 11600 CPU (Itanium2), tai buvo padaryta 15-oje superkompiuterių, bendras efektyvumas - 92%. Tuo tarpu HP taip pat 15-oje superkompiuterių instaliavo 6056 Itanium2 CPU ir efektyvumas - 67,19%. Tai pamokantis pavyzdys, kaip naudojant HyperPlex kaip kad iki šiol HP dare, yra nevykęs atvejis, nes 25% efektyvumu skirtumas yra gana daug.

Toliau. Kartu paimti SGI ir HP 17656 Itanium2 procesoriai įdiegti 2005-aisiais metais sudaro 3,3% nuo visų 520131 įdiegtų 2005-aisiais procesorių, o efektyvumas - 81,05%. Palyginimui - AMD buvo įdiegta - 48-iuose superkompiuteriuose su 56397 CPU - efektyvumas tik 73,21% (8% mažiau nei Itanium2 atveju). Žinoma, "AMD" mados trauka rodo, kad AMD įdiegta 10,8% nuo visų įdiegtų 2005-aisiais metais procesorių. O geriausi IBM procesoriai Power5 21408 CPU taipogi įdiegti 15-oje superkompiuterių ir turi 82,91% efektyvumą (10% blogesnę nei atskirai SGI atveju). Toks IBM CPU skaičius sudaro - 4,1% nuo visų 2005-ais įdiegtų CPU.

2005-aisiais metais IBM, HP ir SGI įdiegė po 15 superkompiuterių. Galima atskirai išskirti greičiausius AMD - 2,4GHz įdiegtus 2005, tokių superkompiuterių buvo 26. Jų efektyvumas yra 73,9%, t.y. apie 20% blogesnis nei SGI atveju. Tokių AMD CPU kiekis yra 24258 - apie 5% nuo visų įdiegtų 2005-aisiais CPU. Atskirai nagrinėtinas AMD dual-core atvejis. Tokių procesorių 6-iuose superkompiuteriuose 2005-aisiais buvo įdiegta 8734, tačiau instaliacijos išnaudojimo efektyvumas tesiekia 71,57%.

Toliau suformuluokime „lietuviškajam“ superkompiuteriui keliamus reikalavimus. Juos galima būtų suskirstyti į kelias, tarpusavyje tarpiai susijusias, grupes – kainodaros tyrimą, procesoriaus tipų ir jų paplitimo našių skaičiavimų srityje (angl. *HPC high-performance computing*) Europos mokslinėse institucijose aprašymą, universalumo skaičiuojant uždavinius Lietuvos prioritetinėse mokslo kryptyse nustatymą, ergonomiškumo ir funkcionalumo nustatymą. Neabejotina, kad tokiame sudėtingame įrenginyje kaip superkompiuteris didelę reikšmę turi mokslo ir technologijų įtaka visuomenės gyvenime, valstybės suformuluoti mokslo ir technikos prioritetai. Galų gale, superkompiuteriui turėtų atspindėti Lietuvos kaip valstybės ekonomikos, pedagogikos ir kultūros branda Europos sąjungos gyvensenos komfortabilumo kontekste. Pastariesiems klausimams taip pat galima atskira studija.

Reikalavimai superkompiuterio tipui –variantas, skirtas ypač našioms skaičiavimams – iki 2006 metų superkompiuterio rūšis pagal procesorių sudėtį turi būti labiausiai paplitusi Europos mokslinėse institucijose bei specializuotuose skaičiavimo centruose (šaltinis: <http://www.arcade-eu.info>), taip pat turi apimti pakankamą segmentą TOP500 sąraše (šaltinis: <http://www.top500.org>)

Reikalavimai superkompiuterio nodų apjungimui – ne blogiau nei Infiniband jungimas.

Reikalavimai užimamai vietai (ergonomiškumas) – užimamo ploto prasme pageidautinas kompaktiškiausias variantas.

Suprantama, kad superkompiuterių kainos visose valstybėse yra komercinės paslapties objektas. Todėl sukaupti informaciją su tiksliais jų kainomis beveik neįmanoma. Akivaizdu, kad nustatant kainodarą tenka vadovautis ir empiriniais metodais bei samprotavimais. Reikia atsižvelgti į verslo ir mokslo bendradarbiavimo modelius, patirtį, nuolaidų mechanizmų pavyzdžius. Tiriant rašytinius šaltinius tinklalapiuose apie superkompiuterių palyginimus labai vertingos medžiagos pateikiama JAV kompanijos International Data Corporation (sutrump. IDC) tinklalapyje <http://www.idc.com>

Pažymėtina, kad prieš keleris metus pagal JAV Gynybos Departamento užsakymą IDC parengė naują subalansuotą superkompiuterių reitingavimo sistemą. Ši sistema dėl įvairių priežasčių kol kas neprigijo ir nepakeitė TOP500 formavimo principų, tačiau joje yra daug naudingų patarimų ir nuorodų į ką reikia atkreipti dėmesį diegiant superkompiuterį. Nesinaudosime jau kiek pasenusiais 2002-ųjų metų specifinio IDC reitingavimo duomenimis, tačiau pasinaudosime IDC pateikiamais 2005 metų duomenimis, kur įvertinami visų segmentų superkompiuteriai bei lygiagrečiai pateikiami LINPACK testų įvertinimai. Tolimesniems vertinimams pasirinkome superkompiuterius su 256 procesoriais įdiegtus 2004-2005 metais. Daugiausiai tokių superkompiuterių turėjo Hewlett Packard – 28 vnt. (Itanium2 procesoriai), SGI – 11 vnt. (Itanium2 procesoriai) ir IBM – 1 vnt. (Xeon procesorius), SUN – tokių neturėjo. CRAY ir kitų Europoje nelabai paplitusių superkompiuterių situacija nenagrinėta. Parinkome procesorių skaičių tarp 200 ir 400. Tuomet gavome, kad HP turi 52 tokius superkompiuterius, jų LINPACK vidurkis yra 1291. SGI tokių turėjo 11, jų LINPACK vidurkis - 1429. IBM tokių superkompiuterių (apie 90% Xeon CPU) turėjo 70, jų LINPACK vidurkis 1471. Kompanijos SUN superkompiuterių su minėtu procesorių skaičiumi (Opteron) buvo vienas, jo LINPACK yra 1297. Norėdami išsamiau įvertinti SUN efektyvumą paėmėme visus 2004/05 metais įdiegtus superkompiuterius bent iki 1000 CPU. Jų buvo 3, LINPACK vidurkis – 1198. Minėtus dydžius pateikime lentelėje Nr.3.

Lentelė Nr.3, *) SUN atveju vidutiniai dydžiai buvo parinkti kai CPU skaičius yra iki 1000 vienetų

Pavadinimas	Superkompiuterių kiekis (su 200-400 CPU)	CPU vidurkis	LINPACK vidurkis
SGI (Itanium2)	11	256	1429
HP (Itanium2)	52	290	1291
IBM (90% Xeon)	70	351	1471
SUN (Opteron)*	3	505	1198

Panagrinėkime pastarųjų 2-3 pastarųjų metų situaciją Rytų Europos valstybėse, kurių superkompiuteriniai pajėgumai tradiciškai būdavo atsiliekantys nuo Vakarų Europos skaičiavimų pajėgumų. Paimkite visus atvejus, kuomet minėtų valstybių superkompiuteriai patekdavo į TOP500 sąrašus. Tai Baltarusijos, Bulgarijos, Lenkijos ir Rusijos superkompiuteriai:

Rusija 2005 (PowerPC 2,2 GHz) - 924 CPU, LINPACK - 5355, efektyvumas 65,86%
Bulgarija 2005 (Opteron 2,6GHz) - 640 CPU, LINPACK - 1860, efektyvumas 55,89%
Baltarusija 2004 (Opteron 2,2GHz) - 576 CPU, LINPACK - 2032, efektyvumas 80,19%
Lenkija* 2003 (Itanium2, 1,3GHz) - 256 CPU, LINPACK - 641, efektyvumas 48,15%

*) Itanium2 procesorinių sistemų GigaBit Ethernet apjungimas turi žemus efektyvumo rezultatus.

Beje, 2005 metų pabaigoje Lenkijos superkompiuterių rinka buvo papildyta 4-iais 64 Itanium2 procesorių kompanijos SGI skaičiavimo kompleksais (Krokuvos, Poznanės, Vroclavo, Gdanskio ir Varšuvos univeristetai). Šiuo metu per 50 % Lenkijoje superkompiuteriniams skaičiavimams naudojamos galios sudaro Itanium2 procesoriai, kurių skaičiuojamoji galia siekia 5,5 Tflops.

Palyginimui pateikime situaciją Lietuvoje. Iki šiol žinomi dveji atvejai, kuomet buvo tikrinamos sudėtingo skaičiavimo modulio LINPACK reikšmės. Tai yra atlikę VGTU specialistai su 32 Pentium4 procesoriais bei UAB “B.G.M.” su 16 Itanium2 procesorių (PS: nodų apjungimui buvo naudojamas nekokybiškas GigabitEthernet apjungimas). Abiem atvejais gautas rezultatas turi neaukštą instaliuotų skaičiavimo pajėgumų efektyvumą, labai panašų į tuos, kurie gaunami TOP500 sąrašo superkompiuterių atveju, kuomet naudojamas GigabitEthernet jungimas.

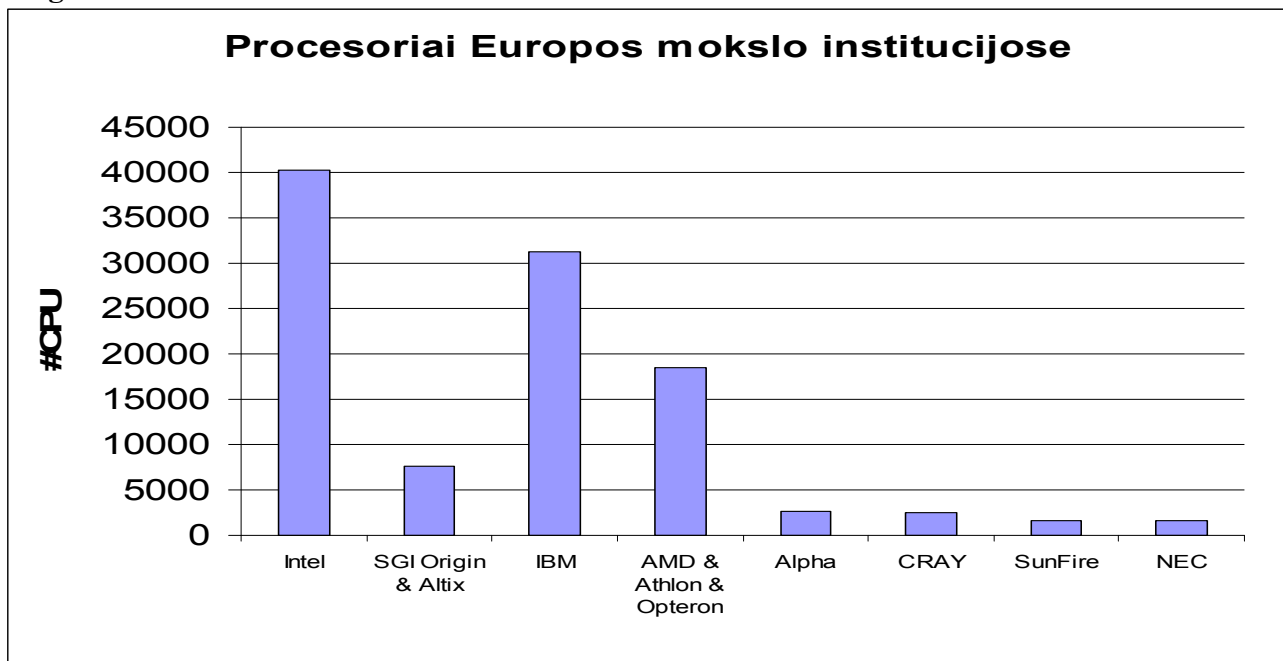
BGM 2005 (Itanium2, 1,4GHz) - 16 CPU, Rmax=50, Rpeak=89,6, efektyvumas – 55,8%

VGTU 2005 (Pentium4, 3,13GHz) - 32 CPU, Rmax=63, Rpeak=102,4, efektyvumas – 61,5%

Iš turimų informacijos šaltinių pavyko nustatyti, kad Lietuvoje naudojamuose telkiniuose (įskaitant ir telkinius ne moksliniams skaičiavimams, pvz.: TELEKOMAS, OMNITEL, BITĖ) net 84% galingiausių procesorių yra INTEL, iš jų mažų mažiausiai 13 % sudaro Itanium2 procesoriai, viso 34 vienetai. (PASTABA: oficialiuose šaltiniuose nerasta duomenų apie OMNITEL ir TELEKOMAS turimų Itanium2 telkinių pajėgumus).

Atlikus tyrimą Europos mokslinėse institucijose bei specializuotuose skaičiavimo centruose (šaltinis: <http://www.arcade-eu.info>) nustatyta, kad labiausiai paplitę Intel architektūros procesoriai, į rinką aktyviai ateina AMD Opteron procesoriai, didelę dalį šio rinkos segmento užima IBM superkompiuteriai, pastarųjų dalyje yra ir Intel procesoriai. Šių procesorių pasiskirstymą pateikiame diagramoje Nr. 9. Pastaba prie diagramos : SGI kompanija naudoja tik Intel procesorius.

Diagrama Nr. 9



Darytina išvada, kad esant vienodam „price/performance“ indeksui būtina atsižvelgti ir į efektyvumo rodiklį, kuris parodo, kaip efektyviai išnaudojama instaliuota technika. Tektų perskaičiuoti laisvai prieinamuose

informacijos šaltiniuose pateikiamą „price/performance“ rodiklį, mat žemesnis efektyvumo rodiklis lemia papildomus kaštus - elektros energijos kiekis tam pačiam uždaviniui spręsti, mokslininkų ar įvairių technologijų atstovų laikas, vėluojantys moksliniai straipsniai ar technologiniai sprendimai ir t.t.

Šio tyrimo pabaigoje paminėtinas toks faktas, kad 2005-aisiais metais rugsėjo mėnesį įkurtos organizacijos „Itanium Solutions Alliance“ (tinklapis www.itaniumsolutionsalliance.org) narės Intel, Hewlett-PackardP Unisys, Silicon Graphics Inc., NEC, Hitachi, Fujitsu, Fujitsu-Siemens ir Bull grupė nuo šių metų papildomai investuos 10 milijardų JAV dolerių tolimesnei programinės įrangos šiems procesoriams plėtrai.

Diagramas, lenteles ir apžvalgą parengė BGM

Vilnius, 2006 m. vasario 1 d.