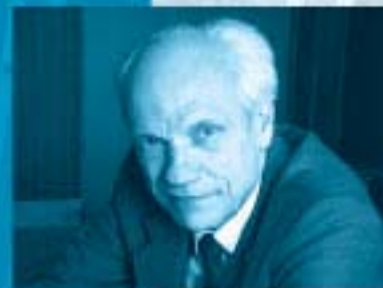


РОССИЙСКИЙ СУПЕРКОМПЬЮТЕР — есть 1 Tflops!

5 ноября 1999 года в здании Президиума РАН весьма торжественно, при личном участии тогда еще премьер-министра РФ В.В.Путина открылся Межведомственный суперкомпьютерный центр (МСЦ), учрежденный в 1996 году совместным постановлением Президиума РАН Миннауки и Минобразования России и Российского фонда фундаментальных исследований. На момент открытия МСЦ был оснащен 16-процессорной системой с общей памятью (SMP) компании Hewlett-Packard HP 9000 V-class (позднее дооснащена до 64 процессоров, пиковая производительность — 141 Gflops) и отечественной 96-процессорной массово-параллельной системой (ММР) МВС-1000 на основе процессоров Alpha 21164 (тактовая частота — 500 МГц) компании Samsung. К середине 2000 года число процессоров было увеличено до 128. Объем оперативной памяти в этой установке — по 128 Мбайт у 64 процессоров и по 512 Мбайт у остальных 64 процессоров. Пиковая производительность системы — 128 Gflops.

В июле 2001 года в МСЦ в полном объеме введена в действие система с пиковой производительностью 1 Tflops (10^{12} операций с плавающей запятой в секунду). Этому событию было посвящено состоявшееся в МСЦ выездное заседание коллегии Минпромнауки России. МВС-1000М — самая мощная отечественная суперЭВМ. По пиковой производительности она соответствует суперкомпьютерам, занимающим 30–40 места в 18-й редакции (ноябрь 2001 года) известной таблицы TOP500 (www.top500.org) — а это очень хороший показатель. Аппаратная часть суперЭВМ создавалась в НИИ “Квант”, системное программное обеспечение — в Институте прикладной математики имени М.В.Келдыша РАН (ИПМ). В работах участвовали также специалисты МГУ, МИФИ и ряда других организаций. Научный руководитель НИИ “Квант” — член-корр. РАН Владимир Константинович Левин — любезно согласился встретиться с нами и ответить на ряд вопросов.

В.К. Левин — доктор технических наук, профессор, член-корреспондент РАН. После окончания МЭИ с 1951 по 1968 год работал в Конструкторском бюро промышленной автоматики (КБПА), с 1960 года — в должности главного инженера. Заместитель главного конструктора ЭВМ общего назначения “Весна”, главный конструктор ЭВМ “Снег”. Руководил аванпроектом системы “Ряд” (ЕС ЭВМ). С 1968 по 1976 год — заместитель директора по научной работе НИЦЭВТ, первый заместитель генерального конструктора ЕС ЭВМ. С 1976 года — директор КБПА (в 1978 году преобразовано в НИИ “Квант”), с 1996 года — научный руководитель этого института. Руководил созданием вычислительных систем с массовым структурным параллелизмом МВС-100 и МВС-1000. КБПА и НИИ “Квант” были предприятиями отрасли радиопромышленности, сегодня НИИ “Квант” входит в систему РАСУ.



Владимир Константинович, простите за наивный вопрос — а что сегодня понимают под термином суперкомпьютер?

Диапазон мощностей современных компьютеров велик — до 10 трлн. операций в секунду. Верхние два порядка этого диапазона занимают 500 компьютеров, перечисленных в списке TOP500. Однако суммарная мощность этих 500 наиболее производительных компьютеров составляет менее 0,1% от суммарной вычислительной мощности всех компьютеров мира. Это — верхушка гигантской пирамиды, и принадлежащие этой верхушке машины называют суперкомпьютерами. Так что суперкомпьютер, как таковой, существовал всегда. Когда в мире было 10 тыс. машин, первую сотню можно было считать суперкомпьютерами. Остальное — нижняя часть диапазона. Сегодня значительная доля компьютеров охвачена сетью Интернет и, в принципе, их ресурсы можно объединять для решения какой-либо очень большой задачи. Это направление — метакомпьютинг — одно из перспективных в вычислительной технике. Известны прецеденты, когда сложные задачи решались при объединении мощности разнесенных компьютеров, в США развертывается сетевая система Teragrid, но это — еще эксперименты, а не производственная обработка. Пока объемные задачи решаются в концентрированных вычислительных установках.

Что представляют собой современные вычислительные установки — суперкомпьютеры?

С 1946 года (появление ENIAC) и до сего времени производительность наиболее мощных машин росла десятикратно за пятилетие, и

этот темп не спадет, по крайней мере, в ближайшие 10–20 лет (при этом, как и на прошедших этапах, последуют изменения качественного характера). Через наши руки прошли системы с 10^{10} — кратным диапазоном вычислительной мощности — я предметно и конкретно мог бы рассказать про каждый десятичный порядок этого диапазона.

Как образуется десятикратный рост? Тактовая частота за пять лет растет в 2,5–3 раза. Второй множитель — число элементов процессора (транзисторов, логических вентилях, объем памяти) — увеличивается за пять лет в 4–5 раз, если говорить о логическом ядре. Память же, как регулярная структура, за тот же период растет (по объему) еще быстрее — в 6–8 раз. Отметим, что соотношение между производительностью и памятью зависит от рода задачи — в информационно-поисковых системах объем памяти должен быть большим, в специализированных автоматах требования к памяти могут быть гораздо ниже. Производительность процессора определяется тактовой частотой и количеством его элементов. Современный микропроцессор с тактовой частотой порядка 1 ГГц содержит десятки миллионов элементов (транзисторов). Если не хватает производительности одного микропроцессора, их ставят 10, 100, 1000, 10000 — кому сколько надо. В обычном компьютере — один процессор, в наиболее быстродействующем — порядка 10000, отсюда и получается диапазон в 10000. В системе МВС-1000М и ей подобных — порядка 1000 процессоров. В нижних строках списка TOP500 — установки с числом процессоров от сотни и выше.



Микропроцессор — феномен современной цивилизации. Он впитал в себя все структурно-функциональные достижения, которые были в суперкомпьютерах предыдущих поколений. Микропроцессор имеет большой и серьезный внутренний параллелизм. Скажем, тактовая частота процессоров суперкомпьютера MBC-1000M — Alpha 21264 — 667 МГц. Производительность же его вдвое выше, т.е. 1,3 Gflops. Если считать операции одноктактными, удвоение уже есть. А ведь операции, в основном, многотактные. Следовательно, в одном такте обрабатывается много команд. То есть микропроцессор — уже параллельная структура, и при решении конкретных задач еще надо суметь получить ту скорость, на которую он физически способен. Современный микропроцессор — это фактически суперкомпьютер 80-х годов, который тогда определяли, в том числе, и как машину, на которой очень трудно работать.

Скажите, суперкомпьютер MBC-1000M с точки зрения мировой вычислительной техники — это достижение? Насколько он современен по сравнению с зарубежными машинами?

Если посмотреть машины из верхних строк TOP500 — они сделаны не на самых новых микропроцессорах. Это и понятно: собрать воедино несколько тысяч микропроцессорных модулей — большая работа и время. Если говорить об уровне техники — у нас применены более новые процессоры, чем в ряде машин из первых 20 строк списка TOP500. Так что в MBC-1000M используются вполне современные компоненты. К слову, операции с плавающей запятой (скорость в Tflops) нужны далеко не во всех задачах. Если это работа с текстовой информацией, информационно-поисковые системы и т.д. — необходима побайтная, даже побитная обработка (растровые изображения). Тогда на целочисленных операциях скорость будет выше в 2–3 раза.

Самая большая машина (по числу процессоров и стоек) в TOP500 — это система ASCI Red фирмы Intel (9632 микропроцессора) — одновременно и самая старая. В течение трех лет она занимала первое место в таблице. За это время ее мощность возросла с 1 до 3 Tflops за счет смены процессоров — вначале были Pentium Pro, а сейчас там стоят Pentium II — даже не Pentium III. Поэтому данная система с тактовой частотой процессора 333 МГц занимает сейчас четвертое место.

Число стоек в больших машинах — на порядок больше, чем у нас (в MBC-1000M их 18). Соответственно выше и потребляемая мощность. Поставить столь большой объем оборудования — совсем не просто, и для этого требуется значительное время. Поэтому столь масштабные системы имеет смысл делать, если это очень нужно.

Так что уровень у нас довольно современный.

Почему же ваша система не входит в Top500?

Это — определенные хлопоты и затраты. А прямого интереса у нас нет — мы на внешний рынок не работаем. Конечно, для себя мы необходимые оценки проводим.

Не проигрывает ли MBC-1000M машинам, собранным производителями микропроцессорных модулей — компаниями Compaq или IBM, Intel?

Действительно, MBC 1000M сделана из готовых изделий — условно говоря, товаров, купленных в магазине. Но из-за того, что модули куплены в магазине, их свойства не ухудшаются. Скажем, Intel в рамках программы ASCI сделала систему Red на Pentium. Но Intel продает свои микропроцессоры Pentium, и многие фирмы делают на их основе процессорные модули, причем достаточно широко. Посмотрите в TOP500 — там на 39–41-м местах современные системы IBM и NEC на процессорах Pentium III. А ведь IBM выпускает и свои собственные процессоры, например Power3, которые использованы в системе ASCI White — лидере TOP500.

Новые заказы мы реализуем на более современных процессорах Alpha с тактовой частотой 800 МГц, уже поставили несколько десятков систем с Pentium III. Процессор новейшей нашей системы — Pentium III-1,2 ГГц — по производительности приближается к микропроцессору Alpha, используемому в MBC-1000M. Конечно, кроме операционной скорости важно еще как минимум два параметра — объем памяти, приходящейся на один процессор, и коммутационная среда. Эти проблемы удается решать. В системе MBC-1000M коммутационная среда — сеть Mupinet компании Mupicom (США). Обеспечиваемая ей интенсивность межпроцессорного обмена 2x250 Мбайт/с в дуплексном режиме — даже избыточна, поскольку мы еще не видели задач, где “держала” бы именно среда, запас пока значителен. То же касается и памяти — 2 Гбайта на двухпроцессорный модуль.

Не лучше ли было купить сразу готовую систему?

Прежде всего, на системные поставки действуют ограничения, они начинаются на уровне 10-процессорной системы. Не менее существенное ограничение — цена. Комплектные поставки значительно, чуть ли не на порядок, дороже. Третье обстоятельство — собственное изделие более ремонтпригодно и проще в освоении. А это весьма важно. Закупленные установки зачастую не работают с полной заявленной мощностью из-за трудностей освоения. Не менее значимый вопрос — операционная среда. Пользователи не должны мешать друг другу и знать друг о друге — это необходимое требование к многопользовательским системам. Совершенной должна быть и система доступа. Конечно, в своей системе мы защитим информацию лучше, чем в чужой.

Были ли у системы MBC-1000 предшественники?

MBC1000 — это уже третье поколение отечественных многопроцессорных установок, если не считать отдельные этапы в рамках каждого поколения. Основные узлы системы MBC-1000M отработаны в предыдущих разработках.

Мы начинали с транспьютерных элементов, техники уровня Intel 386 — первого 32-битного микропроцессора. Производительность отдельного узла была на уровне миллиона операций в секунду. Объединение одного–двух десятков транспьютеров давало эффект, эквивалентный нескольким машинам БЭСМ-6. Для математиков это было потрясением. Академик Андрей Андреевич Самарский (директор Института математического моделирования АН) приехал с большой свитой смотреть на это чудо после того, как его аспирант решил у нас задачу, которая, по оценкам, требовала шести машин БЭСМ-6. Следующее поколение — это микропроцессоры Intel 860, PowerPC 601–603 производительностью порядка 0,1 Gflops. У современных же процессоров (системы третьего поколения) данный параметр на уровне 1 Gflops и выше. В России в институтах Академии наук, в вычислительных центрах установлено несколько десятков систем второго поколения.

То есть опыт использования суперкомпьютеров у российских специалистов есть?

Конечно, интерес к этой технике возник не сегодня — он развивался. Пользователей к системе MBC-1000M пришло даже больше, чем ожидалось. Это очень хорошо, что в нашей стране существует такой пользовательский интерес. Ведь центральный вопрос создания суперкомпьютера — это применение.

Сейчас наша машина загружена круглосуточно, даже перегружена. Поэтому основная проблема руководства МЦЦ — расстановка приоритетов в очереди. MBC-1000M — многопользовательская система, одновременно могут решаться несколько десятков задач. На переднем плане обработки выполняются небольшие задачи. Объемная же задача обрабатывается в фоновом режиме. Скажем, четверть мощности занимают малые задачи, но с высоким приоритетом, остальные три

четверти — объемные задачи в фоновом режиме. Разумеется, на каждой из этих двух уровней также есть своя иерархия.

Наверное, не легко заставить эффективно работать одновременно столько процессоров, если даже от одного добиться номинальной производительности не просто?

Действительно, основной вопрос применения современного суперкомпьютера — эффективная загрузка всего массива процессоров. Сколько было разговоров, что нельзя так много лошадей запрячь в одну упряжку. И никакой теоремы о возможности или невозможности эффективного распараллеливания еще не доказано. Да, отдельные вычислительные фрагменты проработаны, науки тут много. Например, доказано, что сортировка массива распараллеливается пропорционально логарифму от его объема — обработке 1000 чисел можно распараллелить в 10 раз. Но реальные задачи состоят не из одной лишь сортировки, а в чисто сортировочных задачах (например, поиск) и скорости особой не требуется, там критично время обращения к памяти.

Так что для решения задач надо уметь распараллеливать. Причем применительно даже к одному процессору. Но проблемы все эти родились не сегодня — они в том или ином виде были всегда. Даже в ЭВМ 1–2 поколений приходилось параллельно осуществлять обработку в центральном процессоре и в блоках ввода/вывода данных, работу арифметического устройства и работу с памятью, обработку чисел и обработку команд. Такого рода параллелизм был свойственен даже ламповым машинам (первое поколение). Вот почему мы ведем работы по созданию суперкомпьютеров совместно с Институтом прикладной математики им. М.В.Келдыша, и я восхищаюсь самоотверженностью специалистов этого института — математиков, программистов.

Постоянный интерес пользователей лучше любых доказательств свидетельствует, что система МВС-1000М эффективна. Главное — не терафлопсы, а отдача пользователям. Пользователи ведь о цифрах производительности не скажут ничего — либо задача у них идет, решается в разумный срок, либо нет.

Кто является пользователем вашей системы?

Пользователи системы МВС-1000М и её предшественниц — это, в основном, академические институты. Например, Институт химичес-

кой физики, институты Дальневосточного отделения РАН — обработка спутниковой информации для мониторинга природных явлений (тайфуны, пожары), обнаружения косяков рыбы и т.д. Институт математических проблем биологии — у них задачи комбинаторного плана (например, при синтезе сложных молекул, лекарств), которые очень хорошо распараллеливаются. Много задач от Уральского института математики и механики, в Москве — от ИПМ.

А кто определяет приоритеты задач?

В Академии наук есть научный совет по применениям, на котором постоянно докладывают о работах, которые либо были решены в МСЦ, либо должны решаться — т.е. они пробиваются в число приоритетных. Практически, совет — это постоянно действующий орган для определения приоритетных задач.

Системное программное обеспечение в МВС-1000М разрабатывалось в ИПМ РАН. Оно совместимо с международными стандартами?

Естественно. Мы привержены всем de facto- и de jure-стандартам — по технике, по стыковочным интерфейсам, по методам написания параллельных программ. Поэтому человек, составивший программу в любой точке мира, у нас будет чувствовать себя как дома.

Система МВС-1000М используется, как правило, в режиме удаленного доступа пользователей к вычислительным ресурсам (по сети Интернет), что является существенно новым фактором в отечественной практике применения высокопроизводительной вычислительной техники.

Ведь наша главная задача — удовлетворение пользовательского интереса. Мы обеспечиваем решение актуальных задач, которые нуждаются в мощных вычислительных системах, а не делаем вычислительную технику как таковую. Совместимость и переносимость программ — неперемное условие, выполняемое на наших системах. Тем более что мы не единственные в стране, кто занимается суперкомпьютерами — мы сумели выйти на столь высокие вычислительные мощности, потому что у нас шире круг заказчиков, больше опыта и т.д.

Совсем недавно произошел приятный прецедент — приехали японские специалисты и сумели решить свои физико-химические задачи, программы для которых были написаны в Японии. Так что переносимость есть, “чужие” задачи идут практически сразу.

Вы тиражируете свои системы?

Вопрос о тиражировании здесь своеобразно выглядит. С одной стороны, это — массовая продукция, если говорить о множестве процессоров. С другой — таких систем нужно немного, это — штучные поставки под конкретных пользователей. Разговор о “типизации” комплектов может быть лишь весьма условным, тем более что по прошествии полугода исходные компоненты техники совершенствуются. Но преемственность, конечно, есть.

Суперкомпьютеры не делаются в большом количестве. И тому, видимо, есть причины. С одной стороны, проблема суперЭВМ относится к числу стратегических факторов современной цивилизации. В списке приоритетных технологий, утвержденном в свое время Правительством России, создание суперкомпьютеров стояло на одном из первых мест. Но с другой стороны, эта проблема — достаточно локальная, потому что подобная техника нужна исключительно для решения очень объемных, громоздких, сложных задач — в отличие от массовой компьютеризации.

Со стороны пользователей пока потребности, скажем, в удесятикратном увеличении мощности не видно. Но систему с производительностью в пять раз выше, чем у МВС-1000М, в стране в ближайшие один–два года надо бы иметь и сделать это можно, основываясь на имеющемся заделе.

Спасибо за содержательную беседу.

С В.К.Левиним беседовали Б.И.Казуров и И.В.Шахнович

Наша справка

Система МВС-1000М — суперкомпьютер с массовым параллелизмом. Строится на базе двухпроцессорных модулей, включающих процессоры Alpha 21264 с тактовой частотой 667 МГц и пиковой производительностью 1,3 Gflops. Общая память двухпроцессорного модуля — 2 Гбайта. В базовом трехстоечном блоке — 64 двухпроцессорных модуля, всего в системе 6 базовых блоков (768 процессоров). Для межпроцессорной связи и коммутации используется локальная сеть Myrinet с пропускной способностью канала — 2×250 Мбайт/с в дуплексном режиме.



ОПУБЛИКОВАНА 18-Я РЕДАКЦИЯ TOP500

С первой публикации списка Top500 в июне 1993 года, приуроченной к очередной конференции по суперкомпьютерным вычислениям SC в Манхейме, прошло восемь с половиной лет – а кажется, целая эпоха. В самом деле, лидер первого списка Top500 – суперкомпьютер CM-5 компании Thinking Machines (1024 процессора) с максимальной/теоретической производительностью 59,7/131 Gflops не попал бы в современную редакцию

списка. Половина суперкомпьютеров Top500 1993 года по производительности (1–1,3 Gflops не превосходят современные персональные компьютеры. А в этой половине – знаменитые Y-MP4 (Cray Research), nCUBE2, SX-2 (NEC)... Даже за последние полгода ситуация в околокомпьютерном мире изменилась кардинально – суперкомпьютер IBM SP PC604e (332 МГц) с 294 места сместился в самый конец, на 499-е. Гонки продолжаются.

18-я редакция Top500 (ноябрь 2001 года) в сравнении с 17-й редакцией (июнь 2001 года).

Но- мер	Номер в 17-й редак- ции	Произ- водитель	Компьютер	Максималь- ная произво- дительность R_{max} , Gflops	Где установлен	Страна	Год ус- тановки/ обнов- ления	Число про- цессо- ров	Теоретическая пиковая произ- водительность R_{peak} , Gflops
1	1	IBM	ASCI White, SP Power3 375 MHz	7226,00	Lawrence Livermore National Laboratory	США	2000	8192	12288
2	Нет	Compaq	AlphaServer SC ES45/1 GHz	4059,00	Pittsburgh Supercomputing Center	США	2001	3024	6048
3	2	IBM	SP Power3 375 MHz 16 way	3052,00	NERSC/LBNL	США	2001	3328	4992
4	3	Intel	ASCI Red	2379,00	Sandia National Labs	США	1999	9632	3207
5	4	IBM	ASCI Blue-Pacific SST, IBM SP 604e	2144,00	Lawrence Livermore National Laboratory	США	1999	5808	3868
6	Нет	Compaq	AlphaServer SC ES45/1 GHz	2096,00	Los Alamos National Laboratory	США	2001	1536	3072
7	5	Hitachi	SR8000/MPP	1709,10	University of Tokyo	Япония	2001	1152	2074
8	6	SGI	ASCI Blue Mountain	1608,00	Los Alamos National Laboratory	США	1998	6144	3072
9	7	IBM	SP Power3 375 MHz	1417,00	Naval Oceanographic Office (NAVOCEANO)	США	2000	1336	2004
10	Нет	IBM	SP Power3 375 MHz 16 way	1293,00	Deutscher Wetterdienst	Германия	2001	1280	1920
11	8	IBM	SP Power3 375 MHz 16 way	1272,00	NCAR (National Center for Atmospheric Research)	США	2001	1260	1890
12	9	NEC	SX-5/128M8 3.2ns	1192,00	Osaka University	Япония	2001	128	1280
13	10	IBM	SP Power3 375 MHz	1179,00	National Centers for Environmental Prediction	США	2000	1104	1656
14	11	IBM	SP Power3 375 MHz	1179,00	National Centers for Environmental Prediction	США	2001	1104	1656
15	Нет	Cray Inc.	T3E1200	1127,00	Government	США	2001	1900	2280
16	12	IBM	SP Power3 375 MHz 16 way	1100,00	Lawrence Livermore National Laboratory	США	2001	1088	1632
17	13	Hitachi	SR8000-F1/112	1035,00	Leibniz Rechenzentrum	Германия	2000	112	1344
18	14	IBM	SP Power3 375 MHz 8 way	929,00	UCSD/San Diego Supercomputer Center	США	2000	1152	1728
19	15 Нет	Hitachi	SR8000-F1/100	917,00	High Energy Accelerator Research Organization /KEK	Япония	2000	100	1200
20	16	Cray Inc.	T3E1200	892,00	US Army HPC Research Center at NCS	США	2000	1084	1300
21	17 Нет	Fujitsu	VPP5000/100	886,00	ECMWF	Велико- Британия	2000	100	960
22	18	Hitachi	SR8000/128	873,00	University of Tokyo	Япония	1999	128	1024
23	19	IBM	SP Power3 375 MHz 16 way	837,00	Maui High-Performance Computing Center (MHPPCC)	США	2001	812	1218
24	20	Cray Inc.	T3E900	815,00	Government	США	1997	1324	1191
25	21	IBM	SP Power3 375 MHz	795,00	Charles Schwab	США	2000	768	1152
26	22	Hitachi	SR8000-G1/64	790,70	Institute for Materials Research/Tohoku University	Япония	2001	64	921
27	Нет	IBM	SP Power3 375 MHz	741,00	North Carolina Supercomputing Center (NCSC)	США	2000	720	1080
28	23	Fujitsu	VPP5000/80	730,00	University of Tsukuba	Япония	2001	80	768
29	Нет	IBM	SP Power3 375 MHz	723,00	Oak Ridge National Laboratory	США	2000	704	1056
30	Нет	Self-made	CPlant/Ross Cluster	706,70	Sandia National Laboratories	США	2001	1369	1275
31	24	Compaq	AlphaServer SC ES45/1 GHz	706,00	Australian Partnership for Advanced Computing (APAC)	Австралия	2001	480	960
32	25	Hitachi	SR8000-E1/80	691,30	Japan Meteorological Agency	Япония	2000	80	768
33	26	SGI	ORIGIN 2000 250 MHz	690,90	Los Alamos National Laboratory/ACL	США	1999	2048	1024
34	Нет	IBM	Titan Cluster Itanium 800 MHz	677,90	NCSA	США	2001	320	1024
35	27	Cray Inc.	T3E900	675,00	Naval Oceanographic Office (NAVOCEANO)	США	1999	1084	975
36	28	Cray Inc.	T3E1200	671,00	CSAR at the University of Manchester	Велико- Британия	2000	812	974
37	29	Cray Inc.	T3E1200	671,00	Deutscher Wetterdienst	Германия	1999	812	974
38	Нет	Cray Inc.	T3E1200	671,00	ERDC MSRC	США	2001	812	974
39	Нет	NEC	Magi Cluster PIII 933 MHz	654,00	CBRC – Tsukuba Advanced Computing Center – TACC/AIST	Япония	2001	1040	970
40	Нет	RWCP	SCore IIIe/PIII 933 MHz	618,30	Real World Computing (RWCP)/ Tsukuba Research Center	Япония	2001	1024	955
41	30	IBM	Netfinity Cluster PIII 1 GHz	594,00	NCSA	США	2001	1024	1024
42	32	Hitachi	SR8000-F1/60	577,00	University of Tokyo/Institute for Solid State Physics	Япония	2000	60	720
43	33	Fujitsu	VPP5000/64	563,00	Kyushu University	Япония	2000	64	614
44	34	IBM	SP Power3 375 MHz	553,00	Wright-Patterson Air Force Base/DoD ASC	США	2000	528	792
45	35	Cray Inc.	T3E900	552,00	United Kingdom Meteorological Office	Велико- Британия	1997	876	788
...									
499	294	IBM	SP PC604e 332 MHz	95,40	ThyssenKrupp Information Systems	Германия	2000	226	149
500	Нет	Cray Inc.	T3E1200	94,30	Environmental Protection Agency	США	2001	116	139