



Введение

В то время, когда появились первые компьютеры, у разработчиков появилась проблема - производительность вычислительной системы. За время развития компьютерной индустрии производительность процессора стремительно возрастала. Но так как появляются все более новые и усложнённые программные обеспечения, повышается рост числа пользователей и расширяются сферы приложения вычислительных систем, то соответственно к мощности используемой техники предъявляют новые требования, что и привело к появлению суперкомпьютеров. Что же представляют собой суперкомпьютеры и какова их роль в жизни человека? Суперкомпьютер - это мощная ЭВМ с производительностью свыше 10 MFLOPS(миллионов операций с плавающей запятой в секунду). То есть супер-ЭВМ - это вычислительная система, которая позволяет производить сложные расчеты за более короткие промежутки времени. Каждая компьютерная система состоит из 3-х основных частей: центрального процессора, то есть счетного устройства, блока памяти и вторичной системы хранения информации (к примеру, в виде дисков или лент). Но главную роль играют не только технические параметры каждого из этих элементов, но и пропускная способность каналов, связывающих их друг с другом и с терминалами потребителей. Одна из заповедей «Крей Рисерч» гласит: «Быстродействие всей системы не превышает скорости самой медленнодействующей ее части». Важным показателем производительности компьютера является степень его быстродействия. Она измеряется, так называемыми, флопсами. Флопс - это внесистемная единица, которая используется для измерения производительности компьютеров. Она показывает, сколько операций с плавающей запятой в секунду выполняет данная вычислительная система. То есть за основу берется подсчет: сколько наиболее сложных расчетов машина может выполнить за один миг. А для чего вообще нужны суперЭВМ? Повышение уровня человеческих знаний всегда опиралось на опыт и теорию. Однако теперь ученые сталкиваются с тем, что многие испытания стали практически невозможными – в некоторых случаях из-за своих масштабов, в других – дороговизны или опасности для здоровья и жизни людей. Именно тут нашли применение суперкомпьютерам. Они позволяют экспериментировать с электронными моделями реальной действительности и становятся опорой современной науки и производства. 1. Суперкомпьютер - что же это? Термин

«суперкомпьютер» существует так же долго, как и само представление о компьютере. Но само понятие вошло в использование только в 1975 году, когда Сеймур Крей построил аппарат Cray-1. Современный персональный компьютер раз в 500 превосходит по быстродействию Cray-1. Приставка супер- за это время устранилась, и сейчас многие избегают понятия «суперкомпьютер». На сегодняшний момент суперкомпьютерами принято называть компьютеры с огромной вычислительной мощностью, предназначенные для высокопроизводительных вычислений. Фирма Cray Research в 2000 г. создала супер-ЭВМ производительностью 1 TFLOPS = 1 000 000 MFLOPS. Создать такую высокопроизводительную ЭВМ по современной технологии на одном микропроцессоре невозможно, т.к. есть ограничение, обусловленное конечным значением скорости распространения электромагнитных волн (300 000 км/с), т.к. время распространения сигнала на расстояние несколько миллиметров (линейный размер стороны МП) при быстродействии 100 млрд. оп/с становится соизмеримым с временем выполнения одной операции. Поэтому супер-ЭВМ создаются в виде высокопараллельных многопроцессорных вычислительных систем (МПВС). Высокопараллельные МПВС имеют несколько разновидностей: Магистральные (конвейерные) МПВС, в которых процессоры одновременно выполняют разные операции над последовательным потоком обрабатываемых данных; по принятой классификации такие МПВС относятся к системам с многократным потоком данных (МКОД или MISD-Multiple Instruction Single Data); Векторные МПВС, в которых все процессоры одновременно выполняют одну команду над различными данными - однократный поток команд с многократным потоком данных (ОКМД или SIMD-Single Instruction Multiple Data). Матричные МПВС, в которых МП одновременно выполняют разные операции над несколькими последовательными потоками обрабатываемых данных - многократный поток команд с многократным потоком данных. Условные структуры однопроцессорной и многопроцессорных вычислительных систем показаны на рис. 1. В супер-ЭВМ используются все три варианта архитектуры МПВС: Структура MIMD в классическом ее варианте (например, в суперЭВМ BSP фирмы Burroughs); Параллельно-конвейерная модификация, иначе говоря, MMISD, т.е. многопроцессорная MISD-архитектура (например, в суперкомпьютере «Эльбрус 3»); Параллельно-векторная модификация, или MSIMD, т.е. многопроцессорная SIMD-архитектура (например в суперкомпьютере Cray 2).

Самую большую эффективность показала архитектура MSIMD, поэтому в современных суперкомпьютерах используется именно эта архитектура (например, в суперкомпьютерах фирм Cray, Fujitsu, NEC, Hitachi и др.) Характеристики

производительности Супер-ЭВМ За 50 лет производительность компьютеров выросла более, чем в 700 000 000 раз. При этом выигрыш в быстродействии, связанный с уменьшением времени такта с 2 микросекунд до 1.8 наносекунд, составляет лишь около 1000 раз. Использование новых решений в архитектуре компьютеров. Главное место среди них занимает принцип параллельной обработки данных, воплощающий идею одновременного (параллельного) выполнения нескольких действий. Параллельная обработка данных, воплощая идею одновременного выполнения нескольких действий, имеет две разновидности: конвейерность и параллельность. Параллельная обработка. В случае, когда устройство выполняет одну операцию за единицу времени, то тысячу операций оно выполнит за тысячу единиц. Если предположить, что есть пять таких же независимых устройств, способных работать одновременно, то ту же тысячу операций система из пяти устройств может выполнить уже не за тысячу, а за двести единиц времени. Аналогично система из N устройств ту же работу выполнит за $1000/N$ единиц времени. Подобные аналогии можно найти и в жизни: если одна труба наполняет бассейн за 10 часов, то 10 таких же труб - за 1 час. Принцип параллельности в действии! Конвейерная обработка. Целое множество мелких операций (таких как сравнение порядков, выравнивание порядков, сложение мантисс, нормализация и т.п.) процессоры первых компьютеров выполняли для каждой пары аргументов последовательно одна за одной до тех пор, пока не приходили к окончательному результату, и лишь после этого переходили к обработке следующей пары слагаемых. Все самые первые компьютеры (EDSAC, EDVAC, UNIVAC) имели разрядно-последовательную память, из которой слова считывались последовательно бит за битом. Первым коммерчески доступным компьютером, использующим разрядно-параллельную память (на CRT) и разрядно-параллельную арифметику, стал IBM 701, а наибольшую популярность получила модель IBM 704 (продано 150 экз.), в которой, помимо сказанного, была впервые применена память на ферритовых сердечниках и аппаратное арифметико-логическое устройство с плавающей точкой. Иерархия памяти. Иерархия памяти прямого отношения к параллелизму не имеет, но, тем не менее, относится к тем особенностям архитектуры компьютеров, которые имеют огромное значение для повышения их производительности (сглаживание разницы между временем выборки из памяти и скоростью работы процессора). Основные уровни: регистры, кэш-память, оперативная память, дисковая память. Время выборки по уровням памяти от дисковой памяти к регистрам уменьшается, стоимость в пересчете на 1 слово (байт) растет. В настоящее время, подобная иерархия поддерживается даже на персональных компьютерах. В настоящее время используются: Векторно-конвейерные компьютеры. Функциональные конвейерные устройства и набор

векторных команд Массивно-параллельные компьютеры с распределенной памятью. Параллельные компьютеры с общей памятью. Вся оперативная память таких компьютеров разделяется несколькими одинаковыми процессорами

Использование параллельных вычислительных систем 2. Сферы применения суперкомпьютеров

Для каких же целей нужна столь дорогостоящая и сверхмощная техника? Классической областью применения супер-ЭВМ всегда были научные исследования. То есть это те сферы, где для решения задачи применяется численное моделирование; там, где требуется огромный объём сложных вычислений, обработка огромного количества данных в реальном времени, или где решение задачи может быть найдено простым перебором множества значений большого количества исходных параметров. Сначала супер-ЭВМ применялись только для оборонных задач: расчёты по ядерному и термоядерному оружию, ядерным реакторам. Позже, по ходу совершенствования математического аппарата численного моделирования и развития знаний в других сферах науки, супер-ЭВМ стали применяться и в обычных расчётах, основывая и создавая новые научные дисциплины, например, численный прогноз погоды, вычислительная биология и медицина, вычислительная химия, вычислительная гидродинамика, вычислительная лингвистика и т.п.

3. Применение суперкомпьютеров

Для кого разрабатываются сверхмощные и сверхумные машины и где они используются? Суперкомпьютеры используются учеными при решении задач квантовой физики и механики. В военной промышленности с помощью суперкомпьютеров разрабатывают новые тактические и стратегические позиции. Супер-ЭВМ помогают осуществлять различные исследования по повышению эффективности готовой боевой техники и по ее модернизации. Также с помощью них разрабатываются новейшие виды оружия и средств защиты. Исследование ядерных процессов, моделирование цепной реакции и ядерного взрыва дают ученым богатый материал для исследования этих удивительных, но опасных явлений. Изучение молекулярной структуры белка помогает сделать немало важных и ценных для человечества открытий, определить причины и механизмы генетически обусловленных заболеваний. Такая работа под силу только суперкомпьютерам. Виртуальные модели кровеносной системы человека исследуются врачами и биологами для того, чтобы получить эффективные способы борьбы с заболеваниями сердца и сосудов. Но эти мощные вычислительные машины нужны не только для проведения серьезных научных исследований, результаты которых принесут человечеству плоды только в будущем. Прикладное применение суперкомпьютеров можно обнаружить во многих сферах нашей жизни. Применение супер-ЭВМ в биологии и медицине. Современные медицинские исследования, новейшие разработки и научные открытия стали возможны именно благодаря супер-ЭВМ, которые

позволяют проводить своевременную диагностику, с большим процентом вероятности прогнозировать ход болезни и реакцию организма на лечение. Суперкомпьютеры позволяют моделировать процессы, происходящие в жизненно важных органах для того, чтобы понять основной принцип их работы и эффективно бороться с патологиями. В биологии суперкомпьютеры, микрочипы и электронные микроскопы используются для изучения процессов, которые происходят на клеточном уровне. Это дает большие возможности для серьезнейших научных открытий, способных изменить современную науку. В медицине и биологии суперкомпьютеры больше нужны именно для исследовательской работы, хотя, некоторые крупные клиники могут позволить себе использовать такие машины и для решения прикладных задач: диагностики и лечения. Применение суперкомпьютеров в космическом пространстве. Помощь суперкомпьютеров нужна не только для фиксирования данных на борту космических станций и обеспечения эффективности работы этих грандиозных сооружений. Эта мощнейшая техника позволяет проектировать новые орбитальные и межпланетные станции, выстраивать данные оптимальной траектории движения станций, изучать процессы, которые влияют на геомагнитный фон Земли, отслеживать и предугадывать всплески солнечной активности и выявлять их закономерности. При разработке новых моделей космических станций и искусственных спутников, суперкомпьютеры проводят серьезную работу по моделированию и прогнозированию всех возможных ситуаций, обеспечивая, таким образом, безопасность полета. Применение суперкомпьютеров в прогнозировании погоды. С помощью суперкомпьютеров стало возможно очень точно предсказывать погоду. Цифровая обработка данных, полученных на метеорологических станциях, производится в кратчайшие сроки, что дает шанс заглянуть в будущее и предупредить людей о возможных погодных неприятностях. Эта работа суперкомпьютеров тесно связана с прогнозами стихийных бедствий, которые способны спасти жизнь многих людей. Супер-ЭВМ в промышленности. Благодаря суперкомпьютерам наша жизнь становится более комфортабельной и безопасной, так как именно эти машины помогают разрабатывать новые модели автомобилей и самолетов. Исследование аэродинамических свойств, устойчивости, маневренности, способы сочетать эти качества в оптимальной пропорции могут только суперкомпьютеры. Суперкомпьютеры в России Супер-ЭВМ - это национальное достояние, и их разработка и производство несомненно должны быть одним из приоритетов государственной технической политики стран, которые являются мировыми лидерами в области техники и науки. США и Япония являются практически единственными странами, разрабатывающими и производящими суперкомпьютеры в больших масштабах. Свои супер-ЭВМ были созданы в Индии и

Китае. Но все-таки большинство развитых стран, в том числе и ряд государств Восточной Европы, предпочитают использовать суперкомпьютеры, произведенные в США и Японии. Положение с разработками суперкомпьютеров в России, очевидно, оставляет желать лучшего. Работы над отечественными супер-ЭВМ в последние годы велись сразу в нескольких организациях. Под управлением академика В.А. Мельникова была разработана векторная супер-ЭВМ "Электроника СС-100" с архитектурой, напоминающей Сгау-1. В Институте точной механики и вычислительной техники проводятся работы по созданию суперкомпьютеров "Эльбрус-3". Этот компьютер может иметь до 16 процессоров с тактовой частотой 10 нс. По оценкам разработчиков, на тестах LINPACK при $N = 100$ быстродействие процессора составит 200 MFLOPS, при $N = 1000$ - 370 MFLOPS. Другая разработка, выполненная в этом институте, - Модульный Конвейерный Процессор (МКП), в котором используется оригинальная векторная архитектура, но по быстродействию он, вероятно, должен уступать "Эльбрус-3". Другим центром работ над отечественными суперкомпьютерами является известный своими работами по созданию единой системы ЭВМ Научно-исследовательский Центр Электронной Вычислительной Техники. Там был выполнен ряд интересных разработок: различные модели векторных супер-ЭВМ ЕС 1191 на ECL-технологии и идут работы над новым суперкомпьютером "АМУР", в котором используется КМОП-технология. Ряд организаций во главе с ИПМ РАН ведут работы по созданию MPP-компьютера MVC-100, в процессорных элементах которого используются микропроцессоры i860XP, а для организации коммуникаций применяются транспьютеры T805. Хотя в наличии имеются опытные образцы некоторых из вышеупомянутых отечественных компьютеров, но ни один из них промышленно не производится. В большинстве инсталляций суперкомпьютеров используется, вероятно, продукция фирмы Convex. В нескольких организациях эксплуатируются старые модели минисуперкомпьютеров серий C1xx, C2xx, которые по производительности уже уступают современным рабочим станциям. В Санкт-Петербурге в системе Госкомвуза инсталлирована минисупер-ЭВМ Convex серии C3800, в Москве в ИПМ РАН недавно установлена суперкомпьютерная система SPP 1000/CD. Имеются планы инсталляции и других суперкомпьютеров (например, SGI POWER CHALLENGE) в ряде институтов РАН. Между тем отсутствие возможностей применения супер-ЭВМ сдерживает развитие отечественной науки и делает принципиально невозможным успешное развитие целых направлений научных исследований. Приобретение одного-двух, даже очень мощных, суперкомпьютеров не поможет решить данную проблему. И дело не только в стоимости их приобретения и затрат на поддержание работоспособности. Существует еще целый ряд причин (например, доставка информации по компьютерной сети), препятствующих

эффективному использованию супер-ЭВМ. Более целесообразным представляется подход, предложенный российским Фондом фундаментальных исследований. Разработанная "Программа создания комплексных сетей связи и баз данных фундаментальной науки и образования" на 1995-1998 гг. предусматривает организацию целого ряда региональных и предметно-ориентированных суперкомпьютерных центров. В таких центрах могут быть инсталлированы, например, относительно дешевые минисуперкомпьютеры, имеющие лучшее отношение стоимость/производительность. Собственно говоря, достаточно только обратиться к списку TOP500, чтобы обнаружить явную тенденцию к вытеснению больших (и дорогих) супер-ЭВМ относительно недорогими суперкомпьютерами, которым уже сейчас под силу решение львиной доли потенциальных задач. Что касается отечественных супер-ЭВМ, то без необходимой государственной поддержки проектов по их разработке не приходится рассчитывать на создание промышленных образцов в ближайшие 1-2 года, и вряд ли такие компьютеры смогут составить основу парка супер-ЭВМ в создающихся сегодня отечественных суперкомпьютерных центрах.

4. TOP-500 - это проект по составлению рейтинга и описаний пятиста самых мощных общественно известных компьютерных систем мира. Проект был запущен в 1993 г. и публикует актуальный список суперкомпьютеров дважды в год (в июне и ноябре). Этот проект направлен на обеспечение надежной основы для выявления и отслеживания тенденций в области высокопроизводительных вычислений. Основой для рейтинга являются результаты исполнения теста LINPACK (HPL), решающего большие СЛАУ (системы линейных алгебраических уравнений). Самые мощные суперкомпьютеры мира 2014 представлены в списке TOP500, который публикуется дважды в год. Четвертый раз подряд его возглавляет китайский гигант "Тяньхэ-2". Национальный университет оборонных технологий КНР располагает вычислительными мощностями в 33,86 петафлопса в секунду, количество ядер процессора составляет 3,120 млн. (Десятка самых мощнейших суперкомпьютеров мира за 2014 год показаны в табл. 1).

Россия по данным на ноябрь 2014 года занимает 9 место по количеству эксплуатируемых компьютерных систем (9 суперкомпьютеров в списке). Лидирует по этому показателю США - 231 систем. США постепенно сдают позиции в рейтинге. Количество суперкомпьютеров в Штатах уменьшается: в ноябре 2013 г. их было 265, в июне 2014 г. - 233, а теперь - 231. В Европе число суперкомпьютеров увеличилось до 130 против 116 в прошлом июне. В Азии при этом суперсистем стало меньше: 120 вместо 132. Китай остается одним из лидеров в регионе, хотя среди участников списка китайских компьютеров теперь 61 против 76 в июне этого года. Япония нарастила количество суперкомпьютеров с 30 до 32. По прогнозам аналитиков, первый суперкомпьютер с производительностью 1 эксафлопс появится

ориентировочно в 2018-2019 гг. В книге "Теневая фабрика" Джеймса Бэмфорда утверждается, что Пентагон попытается создать компьютер мощностью 1 эксафлопс к 2018 г., а убедила власти США в этой необходимости АНБ. К 2018-2020 гг. планируется увеличить мощность компьютера Саровского ядерного центра до 1 эксафлопса. Индия пытается обогнать всех и сразу. Индийский научный институт и Индийская организация космических исследований попробуют собрать кластер мощностью 132,8 эксафлопс к 2017 г. Если стране это удастся, ее суперкомпьютер будет в 100 раз мощнее всех других проектируемых сегодня. Проект оценили в \$2 млрд, и государство уже выделило эти деньги. Заключение В наше время в суперкомпьютерном мире наблюдается новая волна, которая вызвана как успехами в области микропроцессорных технологий, так и появлением нового круга задач, выходящих за рамки традиционных научно-исследовательских лабораторий. Налицо мгновенное развитие в производительности микропроцессоров RISC-архитектуры, растущее заметно быстрее, чем производительность векторных процессоров. Тем не менее, вероятно, будет продолжаться развитие векторных супер-ЭВМ, по крайней мере от Cray Research. Вероятно, оно начинает сдерживаться из-за требований совместимости со старыми моделями. Успешно развиваются системы на базе Mpp-архитектур, в том числе с распределенной памятью. Возникновение новых высокопроизводительных микропроцессоров, использующих недорогую КМОП-технология, что значительно увеличивает конкурентоспособность данных систем. Ведь ранее супер компьютеры были вроде элитарного штучного инструмента, который был доступен в основном ученым из засекреченных ядерных центров и криптоаналитикам спецслужб. Но развитие аппаратных и программных средств сверхвысокой производительности позволило освоить промышленный выпуск этих машин, а число их пользователей в настоящее время достигает десятков тысяч. Фактически, в наше время все общество переживает подлинный бум суперкомпьютерных проектов, результатами которых активно пользуются не только такие традиционные потребители высоких технологий, как автомобильная, аэрокосмическая, радиоэлектронная и судостроительная отрасли промышленности, но и важнейшие области современных научных знаний. Бурное развитие супер-ЭВМ стало откликом на потребность человечества в машинах, моделирующих процессы в реальном времени и выполняющих ряд других сложных задач. Суперкомпьютеры всегда являлись воплощением новейших научно-технических достижений и задавали темп и тенденции развития других видов машин. Пока рост производительности суперкомпьютеров отвечает увеличению сложности проблем, предстоящих перед человеком. Но можно заметить, что современная концепция развития вычислительных средств направлена на количественное улучшение характеристик.

Процесс разработки в некоторой степени можно назвать «выживанием» максимума из уже созданного. Это предполагает то, что современный этап развития вычислительной техники уже вошел в состояние относительной стабильности и каких-либо качественных изменений в пределах современной концепции едва ли придется ожидать. Очевидно, что за этапом стабильности, который может продлиться определенное время, проследует «смутный период», когда уровень возможностей суперкомпьютеров уже не сможет идти в ногу с потребностями человечества. Эта проблема породит необходимость в переходе на качественный новый уровень вычислительной техники. В современном мире суперкомпьютерные технологии стали стратегической областью. И без нее неосуществимо дальнейшее развитие экономики. Мощность национальных супер-ЭВМ сейчас так же важна, как мощность электростанций или количество боеголовок. Суперкомпьютер стал показателем технического уровня государства.