

ОБЗОР И АНАЛИЗ СОВРЕМЕННЫХ СУПЕРКОМПЬЮТЕРОВ

А.А. АТАЕВ

*Кубанский государственный технологический университет,
350072, Российская Федерация, г. Краснодар, ул. Московская, 2*

Статья посвящена достижениям в области ЭВМ, а именно современным суперкомпьютерам. За последние несколько лет ЭВМ достигли большего развития. Созданы одни из самых универсальных вычислительных машин. Спектр научных и практических задач, решаемых на таких компьютерах, может быть очень велик. Таким образом, в данной статье представлен обзор и анализ наиболее мощных суперкомпьютеров мира. Широко раскрыто само понятие суперкомпьютер, отмечены основные его параметры, выделены направления развития высокопроизводительной техники, приведены характеристики самых мощных суперкомпьютеров в мире.

Ключевые слова: ЭВМ, суперкомпьютер, быстродействие, производительность, мощность

Очень много людей ассоциируют слово «компьютер» с персональным компьютером (ПК), которым оснащены в настоящее время все офисы и который каждый имеет у себя дома. Но важно понимать, что компьютерный мир выходит далеко за пределы ПК и существуют гораздо более мощные и сложные вычислительные системы, недоступные обычным пользователям.

Подобные компьютеры для многих так и остаются чем-то неизведанным, потому что суперкомпьютеры отличаются огромными размерами и способны с невероятной скоростью решать сверх сложные задачи, которые тяжело даже представить человеку. Однако даже некоторые поисковые системы в Интернете являются одними из приложений суперкомпьютерных технологий.

Что же такое суперкомпьютер? Предполагалось, считать, что это машина вес которой превышает 1 тонну или устройство сводящее проблему

вычислений к проблеме ввода/вывода. Но на самом деле, суперкомпьютер представляет собой вычислительную машину, которая по своим техническим характеристикам многократно превосходит большинство компьютеров [1 – 6].

В любом компьютере все основные параметры взаимосвязаны. Трудно себе представить универсальный компьютер, имеющий высокое быстродействие и мизерную оперативную память либо огромную оперативную память и небольшой объем дисков. Таким образом, суперкомпьютер имеет не только максимальную производительность, но и максимальный объем оперативной и дисковой памяти в совокупности со специализированным программным обеспечением, с помощью которого суперкомпьютер можно эффективно использовать [1 – 3]. И на самом деле существует целый ряд жизненно важных проблем, которые просто невозможно решать без использования суперкомпьютерных технологий. К ним относится и предсказание погоды, и сейсморазведка, нефтяная и газовая промышленность, проектировании электронных устройств, фармакологии, синтезе новых материалов и многих других отраслях.

Итак, мы видим, что без суперкомпьютеров сегодня действительно не обойтись. Осталось прояснить еще один вопрос: почему они считают так быстро? Это может быть связано, во-первых, с развитием элементной базы и, во-вторых, с использованием новых решений в архитектуре компьютеров.

В настоящее время в мире идет развитие высокопроизводительной вычислительной техники по четырем основным направлениям: векторно-конвейерные компьютеры, массивно-параллельные компьютеры с распределенной памятью, параллельные компьютеры с общей памятью и кластерные.

Векторно-конвейерные компьютеры отличаются наличием конвейерных функциональных устройств и набора векторных команд. В отличие от обычных команд векторные оперируют целыми массивами независимых данных. Характерный представитель данного направления –

семейство векторно-конвейерных компьютеров CRAY, куда входят, например, CRAY EL, CRAY J90, CRAY T90 [4 – 6].

В идеи построения массивно-параллельных компьютеров с распределенной памятью лежит идея серийных микропроцессоров, соединяющихся с помощью сетевого оборудования. При этом, если необходима более высокая производительность, то можно добавить процессоры, а если ограничены финансы или заранее известна требуемая вычислительная мощность, то легко подобрать оптимальную конфигурацию. К этому же классу можно отнести и простые сети компьютеров, которые сегодня все чаще рассматриваются как дешевая альтернатива крайне дорогим суперкомпьютерам. К массивно-параллельным можно отнести компьютеры IntelParagon, ASCI RED, IBM SP1, Parsytec, в какой-то степени IBM SP2 и CRAY T3D/T3E.

В параллельных компьютерах с общей памятью вся оперативная память разделяется несколькими одинаковыми процессорами, обращающимися к общей дисковой памяти. Проблем с обменом данными между процессорами и синхронизацией их работы практически не возникает. Вместе с тем главный недостаток такой архитектуры состоит в том, что по чисто техническим причинам число процессоров, имеющих доступ к общей памяти, нельзя сделать большим. В данное направление суперкомпьютеров входят многие современные SMP-компьютеры (Symmetric Multi Processing).

Кластерные компьютеры представляют собой комбинации предыдущих трех. Из нескольких процессоров, традиционных или векторно-конвейерных, и общей для них памяти формируется вычислительный узел. Если мощности одного узла недостаточно, создается кластер из нескольких узлов, объединенных высокоскоростными каналами. По такому принципу построены CRAY SV1, HP Exemplar, SunStarFire, NEC SX-5, последние модели IBM SP2 и другие. В настоящее время именно это направление считается наиболее перспективным.

Два раза в год специалисты из Национальной лаборатории имени Лоуренса в Беркли и Университета Теннесси составляют список Top-500 самых мощных вычислительных установок.

В качестве ключевого критерия в этом рейтинге используется характеристика, которая уже давно считается одной из наиболее объективных в оценке мощности суперкомпьютеров – флопс, или число операций с плавающей точкой в секунду.

Рассмотрим 10 самых мощных суперкомпьютеров мира и выясним для решения каких задач требуется столь грандиозная вычислительная мощность.

Cray CS-Storm имеет производительность 3,57 петафлопс, теоретический максимум производительности 6,13 петафлопс и мощность 1,4 МВт.

Как и практически все современные суперкомпьютеры, включая каждый из представленных в данной статье, CS-Storm состоит из множества процессоров, объединенных в единую вычислительную сеть по принципу массово-параллельной архитектуры. В реальности эта система представляет собой множество стоек («шкафов») с электроникой (узлами, состоящими из многоядерных процессоров), которые образуют целые коридоры.

Cray CS-Storm – это целая серия суперкомпьютерных кластеров, однако один из них все же выделяется на фоне остальных. В частности, это загадочный *CS-Storm*, который использует правительство США для неизвестных целей и в неизвестном месте [4 – 6].

На сайте производителя, впрочем, сказано, что кластеры CS-Storm подходят для высокопроизводительных вычислений в области кибербезопасности, геопрограммной разведки, распознавания образов, обработки сейсмических данных, рендеринга и машинного обучения. Где-то в этом ряду, вероятно, и обосновалось применение правительственного *CS-Storm*.

Vulcan – BlueGene/Q имеет производительность 4,29 петафлопс, теоретический максимум производительности 5,03 петафлопс и мощность 1,9 МВт.

«*Вулкан*» разработан американской компанией IBM, относится к семейству BlueGene и находится в Ливерморской национальной лаборатории имени Э. Лоуренса. Принадлежащий Министерству энергетики США суперкомпьютер состоит из 24 стоек. Функционировать кластер начал в 2013 году [4 – 6].

В отличие уже упомянутого *CS-Storm*, сфера применения «*Вулкана*» хорошо известна – это различные научные исследования, в том числе в области энергетики, вроде моделирования природных явлений и анализа большого количества данных.

Различные научные группы и компании могут получить доступ к суперкомпьютеру по заявке, которую нужно отправить в Центр инноваций в области высокопроизводительных вычислений (HPC Innovation Centre), базирующийся в той же Ливерморской национальной лаборатории.

Juqueen – BlueGene/Q имеет производительность 5 петафлопс, теоретический максимум производительности 5,87 петафлопс и мощность: 2,3 МВт.

С момента запуска в 2012 году *Juqueen* является вторым по мощности суперкомпьютером в Европе и первым – в Германии [4 – 6]. Как и «*Вулкан*», этот суперкомпьютерный кластер разработан компанией *IBM* в рамках проекта *BlueGene*, причем относится к тому же поколению *Q*.

Находится суперкомпьютер в одном из крупнейших исследовательских центров Европы в Юлихе. Используется соответственно – для высокопроизводительных вычислений в различных научных исследованиях.

Stampede – Power Edge C8220 имеет производительность 5,16 петафлопс, теоретический максимум производительности: 8,52 петафлопс и мощность 4,5 МВт.

Находящийся в Техасе *Stampede* является единственным в первой десятке Top-500 кластером, который был разработан американской компанией *Dell*. Суперкомпьютер состоит из 160 стоек [4 – 6].

Этот суперкомпьютер является мощнейшим в мире среди тех, которые применяются исключительно в исследовательских целях. Доступ к мощностям *Stampede* открыт научным группам. Используется кластер в самом широком спектре научных областей – от точнейшей томографии человеческого мозга и предсказания землетрясений до выявления паттернов в музыке и языковых конструкциях.

Piz Daint – Cray XC30 имеет производительность: 6,27 петафлопс, теоретический максимум производительности: 7,78 петафлопс, мощность 2,3 МВт.

Швейцарский национальный суперкомпьютерный центр (CSCS) может похвастаться мощнейшим суперкомпьютером в Европе. *Piz Daint*, названный так в честь альпийской горы, был разработан компанией *Cray* и принадлежит к семейству *XC30*, в рамках которого является наиболее производительным [4 – 6].

Piz Daint применяется для различных исследовательских целей вроде компьютерного моделирования в области физики высоких энергий.

Mira – BlueGene/Q имеет производительность 8,56 петафлопс, теоретический максимум производительности 10,06 петафлопс и мощность 3,9 МВт.

Суперкомпьютер «*Mira*» был разработан компанией *IBM* в рамках проекта *BlueGene* в 2012 году. Отделение высокопроизводительных вычислений Аргонской национальной лаборатории, в котором располагается кластер, было создано при помощи государственного финансирования. Считается, что рост интереса к суперкомпьютерным технологиям со стороны Вашингтона в конце 2000-х и начале 2010-х годов объясняется соперничеством в этой области с Китаем [4 – 6].

Расположенный на 48 стойках *Mira* используется в научных целях. К примеру, суперкомпьютер применяется для климатического и сейсмического моделирования, что позволяет получать более точные данные по предсказанию землетрясений и изменений климата.

K Computer имеет производительность 10,51 петафлопс, теоретический максимум производительности 11,28 петафлопс и мощность 12,6 МВт.

Разработанный компанией *Fujitsu* и расположенный в Институте физико-химических исследований в городе Кобе *K Computer* является единственным японским суперкомпьютером, присутствующим в первой десятке Top-500 [4 – 6].

В свое время (июнь 2011) этот кластер занял в рейтинге первую позицию, на один год став самым производительным компьютером в мире. А в ноябре 2011 года *K Computer* стал первым в истории, которому удалось достичь мощности выше 10 петафлопс.

Суперкомпьютер используется в ряде исследовательских задач. К примеру, для прогнозирования природных бедствий (что актуально для Японии из-за повышенной сейсмической активности региона и высокой уязвимости страны в случае цунами) и компьютерного моделирования в области медицины.

Sequoia – BlueGene/Q имеет производительность 17,17 петафлопс, теоретический максимум производительности 20,13 петафлопс и мощность 7,8 МВт.

Мощнейший из четверки суперкомпьютеров семейства *BlueGene/Q*, попавших в первую десятку рейтинга, расположен в США в Ливерморской национальной лаборатории. *IBM* разработали *Sequoia* для Национальной администрации ядерной безопасности (NNSA), которой требовался высокопроизводительный компьютер для вполне конкретной цели – моделирования ядерных взрывов [4 – 6].

Стоит упомянуть, что реальные ядерные испытания запрещены еще с 1963 года, и компьютерная симуляция является одним из наиболее приемлемых вариантов для продолжения исследований в этой области.

Однако мощности суперкомпьютера использовались для решения и других, куда более благородных задач. К примеру, кластеру удалось поставить рекорды производительности в космологическом моделировании, а также при создании электрофизиологической модели человеческого сердца.

Titan – Cray XK7 имеет производительность 17,59 петафлопс, теоретический максимум производительности 27,11 петафлопс и мощность 8,2 МВт.

Наиболее производительный из когда-либо созданных на Западе суперкомпьютеров, а также самый мощный компьютерный кластер под маркой компании ***Cray*** находится в США в Национальной лаборатории Окридж. Несмотря на то, что находящийся в распоряжении американского Министерства энергетики суперкомпьютер официально доступен для любых научных исследований, в октябре 2012 года, когда ***Titan*** был запущен, количество заявок превысило всякие пределы [4 – 6].

Из-за этого в Оукриджской лаборатории была созвана специальная комиссия, которая из 50 заявок отобрала лишь 6 наиболее «передовых» проектов. Среди них, к примеру, моделирование поведения нейтронов в самом сердце ядерного реактора, а также прогнозирование глобальных климатических изменений на ближайшие 1-5 лет.

Несмотря на свою вычислительную мощь и впечатляющие габариты (404 квадратных метра), ***Titan*** недолго продержался на пьедестале. Уже через полгода после триумфа в ноябре 2012 года гордость американцев в области высокопроизводительных вычислений неожиданно потеснил выходец с Востока, беспрецедентно обогнав предыдущих лидеров рейтинга.

Tianhe-2 / Млечный путь-2 имеет производительность 33,86 петафлопс, теоретический максимум производительности 54,9 петафлопс и мощность 17,6 МВт.

С момента своего первого запуска «*Тяньхэ-2*», или «*Млечный-путь-2*», вот уже около двух лет является лидером Top-500 [4 – 6]. Этот монстр почти в два раза превосходит по производительности №2 в рейтинге – суперкомпьютер *TITAN*.

Разработанный Оборонным научно-техническим университетом Народно-освободительной армии КНР и компанией *Inspur* «*Тяньхэ-2*» состоит из 16 тысяч узлов с общим количеством ядер в 3,12 миллиона. Оперативная память всей это колоссальной конструкции, занимающей 720 квадратных метров, составляет 1,4 петабайт, а запоминающего устройства – 12,4 петабайт.

«*Млечный путь-2*» был сконструирован по инициативе китайского правительства, поэтому нет ничего удивительного в том, что его беспрецедентная мощь служит, судя по всему, нуждам государства. Официально было заявлено, что суперкомпьютер занимается различными моделированиями, анализом огромного количества данных, а также обеспечением государственной безопасности Китая.

Учитывая секретность, свойственную военным проектам КНР, остается лишь догадываться, какое именно применение время от времени получает «*Млечный путь-2*» в руках китайской армии.

Таким образом, суперкомпьютеры имеют большую вычислительную мощность и используются для решения огромного спектра научных и практических задач [4 – 6].

ЛИТЕРАТУРА

1. Попова О.Б. База данных раздела «Вычислительные системы» курса лекций «Вычислительные системы, сети и телекоммуникации» // Программы для ЭВМ. Базы данных. Топологии интегральных микросхем. 2015. №9. С. 88.
2. Попова О.Б. База данных раздела «Телекоммуникации» курса лекций «Вычислительные системы, сети и телекоммуникации» // Программы для ЭВМ. Базы данных. Топологии интегральных микросхем. 2015. №9. С. 72.
3. Попова О.Б. База данных раздела «Сети» курса лекций «Вычислительные системы, сети и телекоммуникации» // Программы для ЭВМ. Базы данных. Топологии интегральных микросхем. 2015. №9. С. 87.
4. NAKEDSCIENCE [Электронный ресурс], 2016. – <http://naked-science.ru>.

5. НАУКА И ЖИЗНЬ[Электронный ресурс], 2016. – <http://nkj.ru>.
6. Hi-News.ru[Электронный ресурс], 2016. – <http://hi-news.ru>.

REFERENCES

1. Popova O.B. Baza dannyh razdela «Vychislitel'nye sistemy» kursa lekcij «Vychislitel'nye sistemy, seti i telekommunikacii» // Programmy dlja JeVM. Bazy dannyh. Topologii integral'nyh mikroshem. 2015. №9. S. 88.
2. Popova O.B. Baza dannyh razdela «Telekommunikacii» kursa lekcij «Vychislitel'nye sistemy, seti i telekommunikacii» // Programmy dlja JeVM. Bazy dannyh. Topologii integral'nyh mikroshem. 2015. №9. S. 72.
3. Popova O.B. Baza dannyh razdela «Seti» kursa lekcij «Vychislitel'nye sistemy, seti i telekommunikacii» // Programmy dlja JeVM. Bazy dannyh. Topologii integral'nyh mikroshem. 2015. №9. S. 87.
4. NAKEDSCIENCCE [Jelektronnyj resurs], 2016. – <http://naked-science.ru>.
5. НАУКА I ZhIZN" [Jelektronnyj resurs], 2016. – <http://nkj.ru>.
6. Hi-News.ru[Jelektronnyj resurs], 2016. – <http://hi-news.ru>.

REVIEW AND ANALYSIS MODERN SEPERCOMPUTER

A.A. ATAEV

Kuban state technological university,

350072, Russian Federation, Krasnodar, st. Moscow, 2;

The article is devoted to advances in computers, namely modern supercomputers. Over the past few years, computers have achieved greater development. It created one of the most versatile computers. The spectrum of scientific and practical problems to be solved on a computer such can be very large. Thus, this article provides an overview and analysis of the most powerful supercomputers in the world. Widely disclosed term supercomputer itself, marked its basic parameters, highlighted areas of high technology, shows the characteristics of the most powerful supercomputers in the world.

Key words: Mainframe, supercomputer, performance, performance, power