

СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ СВЕРХМОЩНЫХ КОМПЬЮТЕРОВ

Хребтова М.Г.¹

¹ Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики», факультет технологического менеджмента и инноваций, (197101, Россия, Санкт-Петербург, пр. Кронверкский, д.49), e-mail: ftmi@mail.ifmo.ru

В развитии цифровой техники только глупец не видит революционные изменения. Постоянно наращивается быстродействие и память персональных компьютеров. Процессоры созданные в России «Байкал», «Эльбрус» с поддержкой оперативной памяти DDR4 составляют прямую конкуренцию таким гигантам как Intel и AMD. В основе создания сверхмощных компьютеров содержится многоядерность и использование параллельных вычислительных систем. При этом с точки зрения использования программного обеспечения грань между персоналками и большими машинами стирается. Первые суперкомпьютеры применялись в основном для обеспечения обороны государств: расчетов для ядерных реакторов, ядерного оружия. Затем, в ходе внедрения и развития моделирования в других областях, они стали широко использоваться для решения различных научных задач. В настоящее время суперкомпьютеры применяются во всех сферах, в которых производится анализ и обработка огромных объемов данных. С 1993 года вычислительные машины с наибольшей производительностью публикуются в мировом рейтинге Top500, который обновляется каждые полгода. Если в начале 2009 года в России не было ни одного такого компьютера, то 2019 году в этот рейтинг вошли 2 суперЭВМ из России. В работе затрагиваются вопросы использования, программного обеспечения, перспектив развития суперкомпьютеров.

Ключевые слова: компьютер, суперЭВМ, TOP500, программное обеспечение.

STATE OF THE ART AND PROSPECTS FOR ULTRA-POWERFUL COMPUTERS

Hrebtova M.G.¹

¹ Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Education "St. Petersburg National Research University of Information Technologies, Mechanics and Optics," Faculty of Technological Management and Innovation, (197101, Russia, St. Petersburg, Ave. Kronverksky, 49), e-mail: ftmi@mail.ifmo.ru

In the development of digital technology only a fool does not see revolutionary changes. The speed and memory of personal computers are constantly increasing. The processors created in Russia "Baikal," Elbrus "with support of RAM, are directly DDR4 to such giants as Intel and AMD. Ultra-powerful computers are built around multi-core and parallel computing. At the same time, from the point of view of software use, the line between the personnel and large machines is erased. The first supercomputers were used mainly to provide defense of states: calculations for nuclear reactors, nuclear weapons. Then, during the implementation and development of modelling in other areas, they became widely used for various scientific tasks. Supercomputers are now used in all areas where vast amounts of data are analyzed and processed. Since 1993, the most productive computing machines have been published in the world rating Tor500, which is updated every six months. If in early 2009 in Russia there was no such computer, 2019 this rating included 2 supercomputers from Russia. The work deals with issues of use, software, prospects of supercomputers development.

Keywords: computer, super computer, TOP500, software.

Введение

В современном мире время является одним из наиболее важных ресурсов. Зачастую оно более ценно, чем деньги или любые другие факторы. Поэтому перед производителями компьютеров постоянно стоит задача повышения их производительности, то есть сокращение времени выполнения компьютером его задач.

В 1963 году американский инженер Сеймур Крэй (Seymour Cray) разработал вычислительную машину под названием CDC 6600, объединившую в себе несколько процессоров. Позже он разработал другие машины – CDC 7600, Cray-1, Cray-2, Cray-3 и Cray-4. Так появились сверхмощные компьютеры (которые также называют суперкомпьютерами, суперЭВМ, сверхвычислителями), которые могут производить вычисления за наиболее короткие промежутки времени, о чем и говорит приставка «супер». Их стали применять для правительственных, научных и промышленных проектов.

Сейчас сверхмощные компьютеры используются в тех сферах, где необходимо проводить большое количество сложных вычислений, анализировать большие объемы данных и решать различные задачи путем моделирования. Это обусловлено тем, что многие исследования, эксперименты и испытания невозможно провести в действительности по ряду причин: из-за размеров изучаемых объектов, слишком короткого или долгого времени протекания процессов, высокой стоимости проведения, рисков для жизни людей и окружающей среды.

В настоящее время моделирование является одним из основных двигателей науки и производства. Оно не только существенно ускоряет разработку отдельного проекта, но и позволяет получить новые знания об объектах и процессах, а также улучшить их качество или снизить себестоимость.

Сфера применения моделирования и анализа больших данных постоянно расширяется, что делает производство и разработку новых сверхмощных компьютеров перспективным направлением в промышленности.

2. Определение понятия сверхмощный компьютер

Суперкомпьютер – это специализированная вычислительная машина, значительно превосходящая по своим техническим параметрам и скорости вычислений большинство существующих в мире компьютеров [1].

Такой компьютер представляет собой многопроцессорную систему, состоящую из десятков тысяч вычислительных узлов. Эти узлы могут содержать одинаковые

микропроцессоры, но часто суперкомпьютер является гибридным, то есть объединяет в узлах центрального процессора (ЦП) традиц. архитектуры, графические или другие ускорители (специализированные графические сопроцессоры, увеличивающие эффективность видеосистемы; их применение освобождает ЦП от большого объема операций с видеоданными). Вычислительные узлы связаны между собой сверхскоростными соединениями, которые называются сетью межсоединений (обеспечивают пересылку сообщений и обмен данными в суперкомпьютерах), характеризуются топологией и пропускной способностью (объемом данных, которые сеть способна передавать между узлами за одну секунду) [2].

Термин «суперкомпьютер» имеет другие определения, и зачастую он понимается неправильно. Так, например, согласно шутливому определению американских ученых Гордона Белла (Gordon Bell) и Дона Нельсона (Donald Nelson), суперкомпьютер – это такой компьютер, который весит больше 1 тонны. Вес сверхмощного компьютера действительно превышает 1 тонну, но не является определяющим фактором. Главным признаком выступает высокая производительность вычислительной машины.

3. Производительность сверхмощного компьютера

3.1. Увеличение мощности

Производительность компьютеров выражается в FLOPS - FLoating-point Operations Per Second – единица измерения, которая показывает, какое количество операций вычислительная система исполняет за 1 секунду.

Производительность первых компьютерных кластеров (групп компьютеров, объединенных высокоскоростными каналами связи) измерялась в килофлопс: созданный в 1946 году ЭНИАК – 0.5 килофлопс, БЭСМ-2 (1957 год) – 10 килофлопс, IBM 709 (1957) – 5 килофлопс.

Первый суперкомпьютер, созданный Сеймуром Крэйем в 1963 году CDC 6600 имел производительность 1 миллион флопс (1 мегафлопс). В том же году московским научно-исследовательским институтом дальней радиосвязи (НИИ ДАР) были созданы суперЭВМ Т340-А и К340-А – 2.4 мегафлопс.

Сверхмощный компьютер производительностью свыше 1 миллиарда флопс был создан японской компанией NEC в 1983 году. Производительность NEC SX-2 – 1.3 гигафлопс (1 300 000 000 флопс).

В 1996 году был создан ASCI Red – 1 терафлопс (1 триллион флопс). Для сравнения,

процессор персонального компьютера Intel Pentium, который был выпущен с том же году, имел производительность 75 мегафлопс, что приблизительно в 13 000 раз меньше, чем производительность ASCI Red.

Первые сверхмощные компьютеры с производительностью свыше 1 квадрильона флопс появились в 2008 году: Cray Jaguar – 1.059 петафлопс и IBM Roadrunner – 1.042 петафлопс. Для ПК в том же году компанией Intel был выпущен процессор Core 2 Quad производительностью 40 гигафлопсов, что в 26 500 раз меньше Cray Jaguar и в 26 000 раз меньше IBM Roadrunner. В 2009 году компания AMD выпустила процессор Phenom II производительностью 54.4 гигафлопс.

Один из последних суперкомпьютеров Summit (2018) имеет производительность 148.6 петафлопс.

3.2. Top 500

С 1993 года вычислительные машины с наибольшей производительностью публикуются в мировом рейтинге Top500, который обновляется каждые полгода. В июне 2019 года в этот рейтинг вошли 219 суперкомпьютеров из Китая, 116 из США, 29 из Японии, 19 из Франции, 18 из Великобритании. В числе прочих 2 суперЭВМ из России – «Ломоносов-2», который находится в Московском Государственном Университете (занимает 93 место) и СуперЭВМ Росгидромета, который занимает 365 место.

В настоящее время самым мощным в мире суперкомпьютером является Summit (США). На втором месте американский сверхмощный компьютер Sierra, на третьем - китайский Sunway TaihuLight.

4. Программное обеспечение сверхмощного компьютера

Самыми распространенными программными средствами сверхмощных компьютеров являются API (Application Programming Interface, программный интерфейс приложения – описание способов взаимодействия компьютерных программ) на основе MPI (Message Passing Interface, интерфейс передачи сообщения – интерфейс, позволяющий передавать информацию от одного процессора к другому) и PVM (Parallel Virtual Machine, виртуальная параллельная машина – пакет программ, который позволяет объединить компьютеры в единый вычислительный ресурс), а также openMosix, который позволяет создать суперкомпьютер из персональных компьютеров и базовых станций.

Для подключения новых узлов в состав кластера используют технологию ZeroConf (Zero Configuration Networking – это технология, которая объединяет компьютеры в единую

рабочую сеть без специальных серверов).

В настоящее время в процессорах, которые производятся для персональных компьютеров, используются параллельные вычислительные системы, они являются многоядерными, причем их производители стремятся к увеличению количества ядер. По этим причинам стираются основные различия, которые существовали между программным обеспечением персонального компьютера и программным обеспечением сверхмощного компьютера.

Исключительно суперкомпьютерным программным обеспечением сегодня можно назвать лишь специализированные программные средства для управления и мониторинга конкретных типов компьютеров, а также уникальные программные среды, создаваемые в вычислительных центрах под «собственные», уникальные конфигурации суперкомпьютерных систем [1].

5. Применение сверхмощных компьютеров

Первые суперкомпьютеры применялись в основном для обеспечения обороны государств: они проводили расчеты для ядерных реакторов, ядерного оружия. Затем, в ходе внедрения и развития моделирования в других областях, они стали широко использоваться для решения различных научных задач.

В настоящее время суперкомпьютеры применяются во всех сферах, в которых производится анализ и обработка огромных объемов данных. Такими вычислительными машинами пользуются многие компании, которые занимаются созданием инновационных технологий.

5.1. Суперкомпьютер в решении математических проблем

Сверхмощные компьютеры используются для статистических расчетов во всех сферах науки и производства. Также они используются в криптографии (науке, которая изучает способы обеспечения компьютерной безопасности). Так, например, они используются компаниями для поиска уязвимых мест в своих программах и компьютерных системах, которые могут стать мишенью киберпреступников, с целью их дальнейшего устранения для обеспечения безопасности данных.

СуперЭВМ могут использоваться для таких математических задач, решение которых состоит в переборе большего количества данных. Так, например, задача «суммы трех кубов», которая была поставлена в 1954 году: может ли каждое натуральное число от 1 до 100 быть представлено как сумма кубов трех целых чисел? К 2019 году остались неопределенными

два наиболее сложных числа: 33 и 42. Алгоритм для решения данной задачи на суперкомпьютере был написан математиком из Университета Бристоля Эндрю Букером, решение для числа 33 было найдено за 3 недели, для числа 42 – за более чем миллион часов. Решением для числа 42 оказались 17-значные числа (данные числа: -80.538.738.812.075.974, 80.435.758.145.817.515 и 12.602.123.297.335.631).

5.2. Суперкомпьютер в решении задач наук о Земле

Современные сверхмощные компьютеры используются метеорологическими службами для создания точных прогнозов погоды. Они также работают с данными геологической разведки для нахождения новых месторождений полезных ископаемых, таких как нефть и природный газ.

Суперкомпьютеры могут предсказывать землетрясения и извержения вулканов, анализируя процессы, которые происходят в земной коре, а также предсказывать наводнения и другие природные бедствия. В этой сфере они играют важнейшую роль, так как от скорости вычислений зависят жизни и здоровье людей.

5.3. Суперкомпьютер в физике

В наши дни наука является одной из основных сфер использования сверхмощных компьютеров. Они моделируют процессы, которые протекают в различных веществах и их соединениях, тем самым существенно упрощая, ускоряя и удешевляя научные исследования и эксперименты.

Они используются, например, для проектирования и развития ядерного и атомного оружия. СуперЭВМ позволяют моделировать испытания этого оружия, проведение которых в действительности несет опасность для здоровья и жизней людей, животных, а также экологии планеты.

Сверхмощные компьютеры в настоящее время также используются учеными для моделирования процессов, которые происходят в ускорителях заряженных частиц. Подобные устройства стоят настолько дорого, что многие государства, в том числе крупные, не могут себе их позволить.

С их помощью изучаются такие физические процессы, как гидродинамика, аэродинамика. Суперкомпьютеры используют для создания новых материалов, которые будут обладать заданными свойствами, а также для изучения поведения веществ в различных состояниях.

5.4. Суперкомпьютер как искусственная нейронная сеть

В 2018 году был запущен сверхмощный компьютер Spiking Neural Network Architecture (SpiNNaker), который работает аналогично головному мозгу человека, моделируя поведение нейронов.

Как заявил один из идеологов проекта, профессор вычислительной техники Стив Фурбер, «SpiNNaker полностью меняет способ работы обычных компьютеров. По сути, мы создали машину, которая работает скорее как мозг, чем как традиционный компьютер, что чрезвычайно интересно. Конечной целью нашего проекта всегда было использование миллиарда ядер в одном компьютере, который моделировал бы работу мозга и сегодня мы достигли этой цели. И это просто фантастика» [3].

5.5. Суперкомпьютер в промышленности

В современном мире постоянно расширяется круг компаний, которые используют в своем производстве сверхмощные компьютеры. Так, например, фирма «Ford» применяет суперЭВМ для проведения краш-тестов своих автомобилей. Данное решение позволяет сократить время проведения тестирования в десятки раз и обходится менее, чем в 5 000 долларов, тогда как проведения краш-теста настоящего автомобиля стоит сотни тысяч долларов.

«Ford» используют суперкомпьютер также для проектирования двигателей, систем безопасности и других частей своих автомобилей.

Сверхмощные компьютеры используются авиастроительными и ракетостроительными компаниями для проектирования, тестирования и совершенствования самолетов, вертолетов, ракет и другой военной и гражданской авиационной техники, а также управления этой техникой.

5.6. Суперкомпьютер в медицине

В медицине используются суперкомпьютеры Watson компании IBM. Данные вычислительные машины проходят обучение, после чего они используются в больницах США для диагностики пациентов.

Согласно информации от представителей компании IBM, с суперкомпьютером Watson начали работать медики из Центра раковых заболеваний Мэна (Maine Center for Cancer Medicine) и группы Westmed Medical Group. Ученые занимаются разработкой приложения, которое будет основано на когнитивных способностях системы Watson-а, которое может выступить в качестве диагноста раковых заболеваний и которое может выдать рекомендации относительно методов лечения данного заболевания. В качестве исходных данных медики загружают в память суперкомпьютера более 600 тысяч

медицинских заключений и диагнозов, 2 миллиона страниц текстов, взятых из 42 медицинских журналов и результатов клинических испытаний в области исследования онкологических заболеваний. Благодаря своей высокой вычислительной мощности Watson может "просеять" с помощью своих алгоритмов 1.5 миллиона записей из историй болезни различных пациентов и выяснить наиболее подходящие методы лечения в каждом конкретном случае, основываясь на данных из историй успешной борьбы с подобными заболеваниями [4].

Сверхмощные компьютеры также используются в фармацевтике и фармакологии для изучения влияния лекарственных средств на людей и животных и разработки новых эффективных препаратов.

6. Перспективы развития сверхмощного компьютера

6.1. Увеличение производительности

Одной из основных тенденций развития сверхмощных компьютеров является стремительное увеличение их производительности. Порог в 1 петафлопс был пройден в 2008 году. Следующим этапом станет производительность 1 эксафлопс (1 000 000 000 000 000 000 флопс).

Суперкомпьютер совместными усилиями создают компании Intel и Cray. Запущен он будет в 2021 году в Аргоннской национальной лаборатории — исследовательском центре, который проводит фундаментальные исследования в области физики и биологии. Производительность Aurora превысит 1 эксафлопс. Для большей наглядности — такой компьютер будет способен выполнять 10¹⁸, или же миллион триллионов операций в секунду [5].

6.2. Энергосбережение

Настолько высокие мощности требуют затрат огромного количества энергии. Кроме того, компьютерные кластеры нуждаются в постоянном охлаждении, на что также расходуется много энергии. Более половины потребляемой сверхмощными компьютерами энергии расходуется именно на системы охлаждения. Перед производителями суперкомпьютеров стоит задача совершенствования данных систем с целью сохранения экологии планеты, ведь потребление большого количества энергии оказывает разрушительное воздействие на атмосферу (ее загрязнение, повышенное потребление

кислорода), а также гидросферу и литосферу (загрязнение почвы и воды, повышенное потребление водных ресурсов и полезных ископаемых, изменение природных ландшафтов).

Для решения этой проблемы инженеры разрабатывают вычислительные машины больших площадей, для того чтобы процессоры могли охлаждаться воздухом естественным путем. Создаются водяные системы охлаждения, представляющие собой сети трубок, по которым вода поступает к элементам суперЭВМ. Наиболее часто жидкость охлаждается перед подачей в систему. В 2010 году компания IBM разработала инновационную систему, в которой для охлаждения процессоров и других элементов вычислительных машин используется вода высокой температуры.

Разработка инновационных систем охлаждения является одним из наиболее перспективных направлений развития сверхмощных компьютеров в наше время, так как одной из самых острых глобальных проблем является проблема сохранения экологии и загрязнения окружающей среды.

6.3. Системы прогнозирования погоды

Сверхмощные компьютеры уже используются для изучения климата земли, прогнозирования погоды, а также прогнозирования последствий наводнений, землетрясений и других природных явлений. Предполагается, что с появлением более мощных компьютеров, они смогут составлять точные прогнозы погоды и природных бедствий на две и более недели вперед.

Развитие данного направления даст возможность точно рассчитывать эффективность проведения различных мероприятий и выбирать лучшие решения, например, в сфере сельского хозяйства.

6.4. Оборона государства

В настоящее время Национальное управление ядерной безопасности и Министерство энергетики США планируют предоставить военному суперкомпьютеру El Capitan, который проектируется компанией Cray, контроль над ядерным потенциалом государства с целью усиления безопасности.

Как говорится в официальном пресс-релизе, работа El Capitan будет заключаться в том, чтобы выполнять основные функции для контроля за ядерным запасом страны, отслеживать безопасность и эффективность хранения ядерного оружия, а также разрабатывать меры, необходимые для решения возможных возникающих угроз национальной безопасности, таких как нераспространение ядерного оружия и борьба с терроризмом. Также немаловажным фактором является, по словам заместителя директора

Национального управления ядерной безопасности Лизы Гордон-Хагерти, возможность «быть более гибкими в вопросах баланса в рамках программы ядерного сдерживания» [6].

Заключение

Компьютерные кластеры прошли путь от систем объединенных одноядерных процессоров производительностью менее 1 килофлопс до современных сверхмощных компьютеров, которые способны выполнять сотни квадрильонов операций в секунду. Они нашли применение практически во всех сферах деятельности человека, от решения математических задач до создания искусственного интеллекта, диагностики заболеваний и лечения онкологии.

Суперкомпьютеры в наши дни являются двигателем науки, который существенно упрощает проведение исследований, испытаний, поиск новых закономерностей и внутренних связей. Будущее научных открытий и совершенствование производства во многом зависит применения таких сверхмощных вычислительных машин.

Список литературы

1. Суперкомпьютер. Статья. 15.11.2016.// [Электронный ресурс]. Код доступа: <https://ru.wikipedia.org>. Дата обращения: 01.11.2019.
2. Э. М. Пройдаков. СуперЭВМ. Статья. // [Электронный ресурс]. Код доступа: <https://bigenc.ru>. Дата обращения: 01.11.2019.
3. В. Кузнецов. Впервые запущен самый мощный суперкомпьютер, имитирующий работу человеческого мозга. Статья. 04.11.2018.// [Электронный ресурс]. Код доступа: <https://hi-news.ru>. Дата обращения: 03.11.2019.
4. Медики обращаются к возможностям суперкомпьютера Watson для поиска методов диагностики и борьбы с раком. Статья. 11.02.2013.// [Электронный ресурс]. Код доступа: <https://www.dailytechinfo.org>. Дата обращения: 03.11.2019.
5. П. Гершберг. В США создают секретный суперкомпьютер. Статья.// 21.03.2019. [Электронный ресурс]. Код доступа: <https://hi-tech.mail.ru>. Дата обращения: 03.11.2019.
6. В. Кузнецов. США хотят позволить суперкомпьютеру управлять ядерным потенциалом страны. Статья. 15.08.2019. // [Электронный ресурс]. Код доступа: <https://hi-news.ru>. Дата обращения: 08.11.2019.