

А.И. Слущкин, А.С. Симонов, Д.В. Казаков, К.А. Аладышев
ОАО «Научно-исследовательский центр электронной вычислительной техники»,
Москва, Россия

Суперкомпьютерная система «Ангара» на основе отечественной вычислительной платформы

В докладе описываются результаты разработки отечественной высокопроизводительной вычислительной платформы как основы перспективной суперкомпьютерной системы «Ангара» транспетафлопсной производительности.

1. Введение.

Развитие суперкомпьютерных технологий является необходимым для сохранения государственной независимости и экономической конкурентоспособности. Применение суперкомпьютерных систем является неотъемлемой частью в процессе создания высокотехнологичной, инновационной и конкурентоспособной продукции в различных отраслях экономики. Использование суперкомпьютеров позволяет существенно сократить затраты на разработку новых видов продукции за счет проведения имитационного моделирования и виртуального прототипирования.

При разработке суперкомпьютерных систем необходимо уделять внимание следующим важным аспектам:

1. Методы и алгоритмы параллельного решения прикладных задач (промышленные и инженерные приложения, исследования погоды, климата, фундаментальная наука, медицина, стратегические задачи).

2. Высокопроизводительное аппаратное обеспечение (процессоры, высокоскоростная память, коммуникационная сеть, подсистема хранения данных, инфраструктура энергообеспечения и охлаждения).

3. Экосистема программного обеспечения (языки и библиотеки параллельного программирования, библиотеки численных методов, компиляторы, системы отладки, профилирования, визуализации параллельных приложений, системное программное обеспечение).

Только одновременная работа по всем трём направлениям позволит добиться эффективного использования и применения суперкомпьютерных систем.

В настоящее время в ОАО «Научно-исследовательский центр электронной вычислительной техники» (ОАО «НИЦЭВТ») ведется разработка наиболее важных (ключевых) аппаратных компонентов и программного обеспечения суперкомпьютерных систем транспетафлопсной производительности.

2. Вычислительная платформа.

ОАО «НИЦЭВТ» разработал отечественную вычислительную платформу «Ангара», в которой используются наиболее производительные модели микропроцессоров (AMD Bulldozer/Piledriver) и коммуникационная сеть собственной разработки. Основные компоненты платформы: маршрутизатор коммуникационной сети EC 8430 «Ангара», 4 сокета AMD G34, 16 модулей памяти DDR3, северный и южный мосты, сервисная сеть Ethernet. Печатная плата вычислительной платформы состоит из 22 слоев с габаритными размерами 520 x 411,5 мм.

Пиковая производительность вычислительной платформы «Ангара» составляет 640 Гфлопс при применении процессоров AMD Opteron 6380. Среди достоинств серии процессоров AMD Opteron 6300 можно упомянуть поддержку технологии виртуализации AMD Virtualization (AMD-V) и работу с четырьмя каналами памяти на частоте до 1866 МГц. Связи между процессорами организованы по системной шине Hypertransport 3.1 с пропускной способностью на линк 102,4 Гбит/с. Объем оперативной памяти, который может быть установлен на вычислительной платформе, составляет до 512 Гбайт с максимальной пропускной способностью на один сокет 58 Гбайт/с. Энергопотребление вычислительной платформы составляет не более 650 Вт.

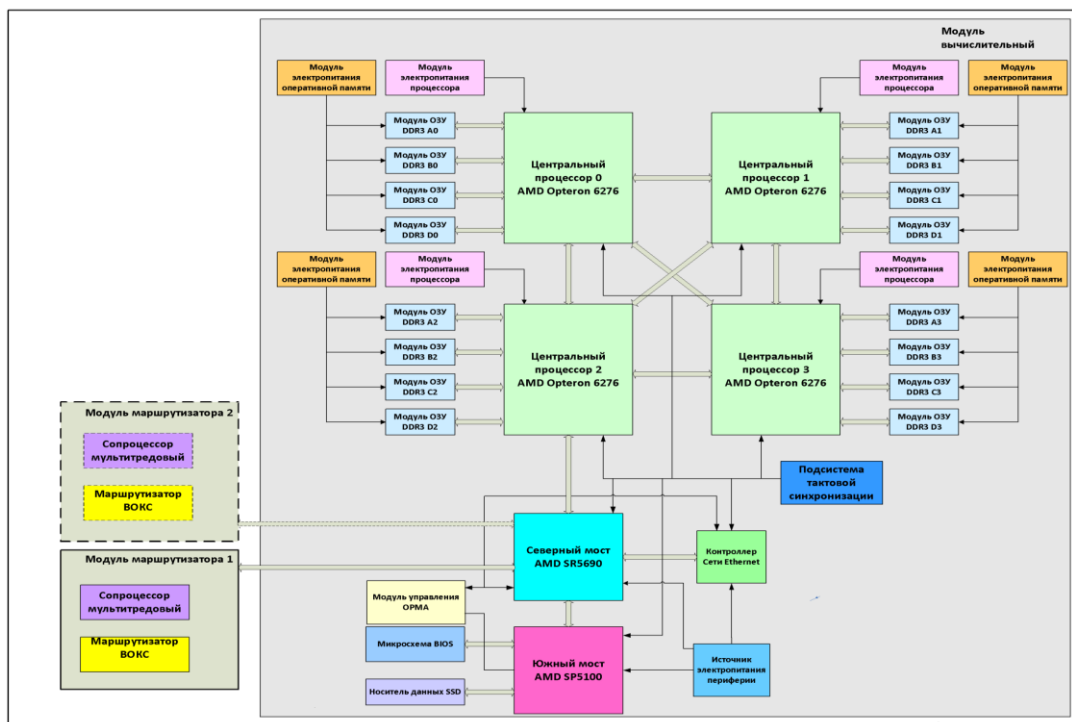


Рис. 1. Блок-схема вычислительной платформы «Ангара».

BIOS вычислительной платформы создан на основе исходного кода проектов Coreboot и SeaBIOS. К преимуществам написанного BIOS можно отнести относительно быстрое время инициализации и возможность встраивания средств доверенной загрузки. К настоящему моменту в BIOS организована поддержка всех основных компонентов внешнего и встроенного оборудования. Проверено функционирование самых современных серверных ОС (Windows Server 2012, RHEL Server 6.3, SLES 11).

Система охлаждения вычислительной платформы представляет собой комбинированную систему. Теплонагруженные элементы платформы, такие как процессор и СБИС маршрутизатора, охлаждаются водой, а остальные элементы продувкой воздуха (рис. 2). В качестве охлаждающей жидкости применяется дистиллированная вода с антигрибковыми присадками. Подключение жидкостной системы охлаждения вычислительной платформы к жидкостному коллектору шасси производится с помощью бескапельных быстроразъемных соединителей.

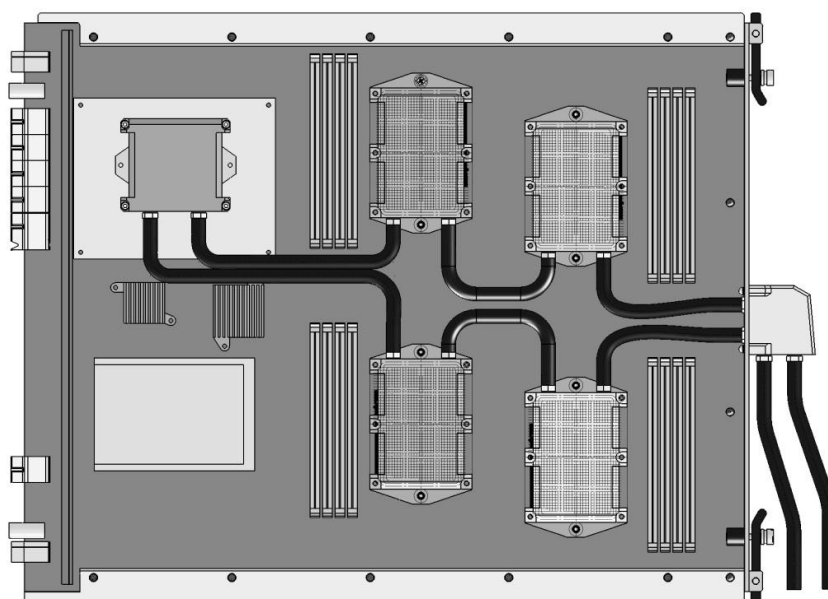


Рис. 2. Жидкостная система охлаждения вычислительной платформы

Испытания жидкостной системы охлаждения показали что, она эффективно справляется с охлаждением теплогрузенных элементов платформы. При максимальной загрузке процессоров перепад температуры составляет не более 3 градусов.

Опытные образцы платформы «Ангара» уже изготовлены и прошли тестирование (рис. 3). Во втором квартале 2013 г. завершатся мероприятия по подготовке к серийному производству вычислительной платформы «Ангара». Появится возможность для комплектования разработанными изделиями (коммуникационной сетью и вычислительной платформой) собираемых в России суперкомпьютеров и мощных кластерных установок.

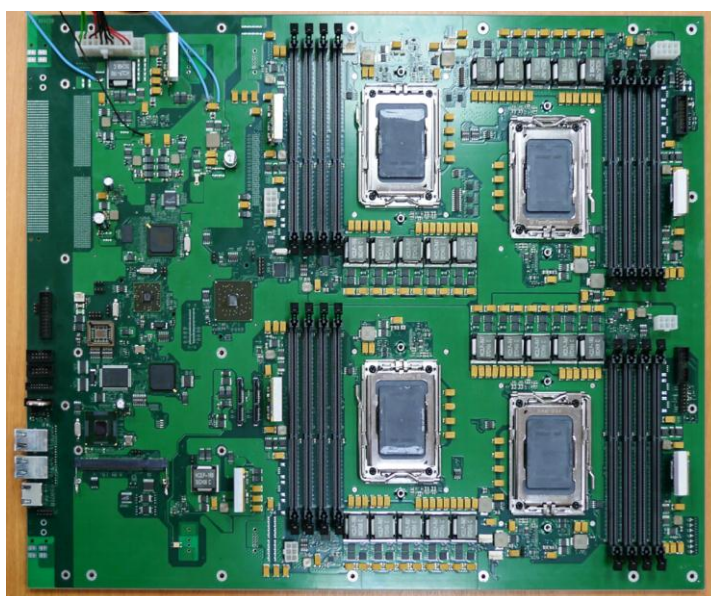


Рис. 3. Опытный образец отечественной четырёхсокетной вычислительной платформы, разработанной в ОАО «НИЦЭВТ».

3. Суперкомпьютерная система «Ангара».

На базе полученных результатов разрабатывается высокопроизводительная суперкомпьютерная система транспетафлопной производительности на базе отечественной вычислительной платформы и отечественной коммуникационной сети с топологией 4D-тор, включающая технологию создания инфраструктуры суперкомпьютерной системы (подсистемы питания, охлаждения, размещения в стойках и т. д.), а также программный комплекс управления, диагностики и мониторинга узлов системы.

Одним из требований при разработке конструкции серверной стойки суперкомпьютерных систем является достижение максимально возможной плотности компоновки электронных компонентов при оптимальном соотношении «производительность/стоимость». Высокая плотность компоновки в конечном итоге позволяет существенно снизить затраты на производство и эксплуатацию вычислительного центра за счет сокращения суммарной площади помещений и организации охлаждения.

Для достижения поставленной цели должны быть решены следующие задачи:

- разработка **методологии эксплуатации вычислительной системы;**
- разработка необходимых **конструкторских решений** для объединения вычислительных узлов на базе 16-ядерных микропроцессоров AMD Opteron 6200 (6300) и встроенных адаптеров коммуникационной сети с топологией 4D-тор в единую вычислительную систему;
- разработка **комплекса системного программного обеспечения**: операционной системы на базе модифицированного ядра Linux; драйверов; библиотек нижнего уровня; средств параллельного программирования MPI, Shmem, UPC, CAF, Charm++; средств поддержки визуализации, отладки и профилирования параллельных программ; средств эффективной работы множества вычислительных узлов с данными, расположенными в системе хранения данных;
- разработка **комплекса программ для обеспечения выполнения задач** на вычислительной системе: инфраструктура управления узлами вычислительной системы, инфраструктура мониторинга состояния и диагностики неполадок узлов вычислительной системы, инфраструктура запуска и планирования выполнения программ на вычислительной системе, комплекс программ по автоматизации развёртывания узлов кластера, инфраструктура поддержки отказоустойчивости кластера;
- разработка **комплекса программных средств для разработки прикладных программ** для проведения научно-инженерных расчетов (библиотеки ScaLAPACK, SNAP, FFTW, PETSc, инженерные пакеты FlowVision, OpenFOAM и др.) для поддержки выработанных ранее вариантов использования.

Схема построения отечественной суперкомпьютерной системы «Ангара» отображена на рис. 4. Для вычислительной системы из 32 стоек потребляемая мощность – 1,5 МВт, занимаемая площадь – 75 м², пиковая производительность – 1,3 Пфлопс.

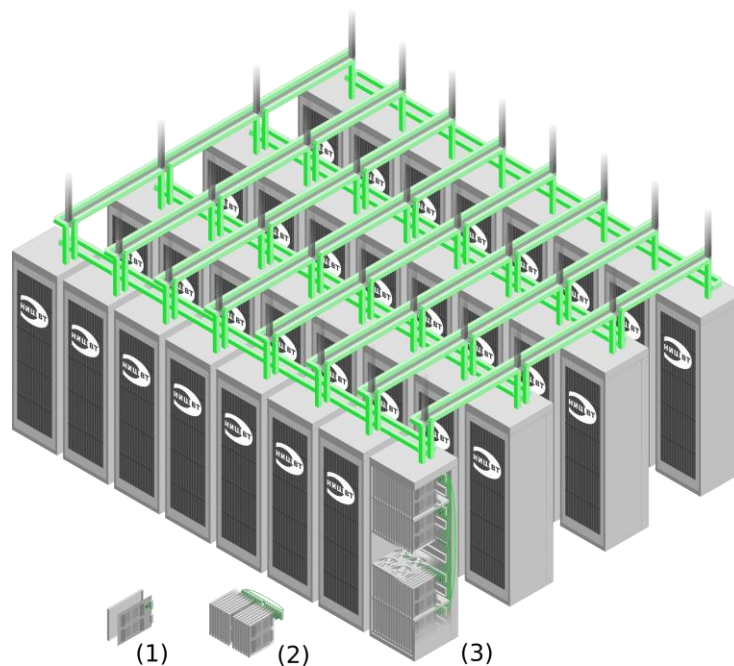


Рис. 4. Схема построения суперкомпьютерной системы «Ангара»:
(1) – вычислительная платформа;
(2) – шасси;
(3) – стойка.