

УДК 004.382.2

УНИВЕРСАЛЬНАЯ ВЫСОКОПРОИЗВОДИТЕЛЬНАЯ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ПЛАТФОРМА «АНГАРА»

© Авторы, 2014

© ЗАО «Издательство «Радиотехника», 2014

А.И. Слущкин – к.т.н., науч. руководитель, ОАО «НИЦЭВТ»

E-mail: slutskin@nicevt.ru

А.С. Симонов – к.т.н., начальник отделения, ОАО «НИЦЭВТ»

E-mail: simonov@nicevt.ru

Д.В. Казаков – инженер-программист, ОАО «НИЦЭВТ»

E-mail: dmitry.kazakov@nicevt.ru

Приведены результаты разработки и основные технические характеристики высокопроизводительной вычислительной платформы.

Ключевые слова: суперкомпьютер, вычислительная платформа, коммуникационная сеть, программное обеспечение.

This article describes the results of development and the basic specifications high-performance computing platforms.

Keywords: supercomputer, computing platform, communication network, software.

Введение

Развитие суперкомпьютерных технологий является необходимым для сохранения государственной независимости и экономической конкурентоспособности страны. Применение суперкомпьютерных систем является неотъемлемой частью процесса 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 учитывать следующие важные аспекты:

- 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) экосистему 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.

Вычислительная платформа «Ангара»

ОАО «НИЦЭВТ» разработал отечественную вычислительную платформу «Ангара» (рис. 1), в которой используются наиболее производительные модели микропроцессоров (AMD Bulldozer/Piledriver) и коммуникационная сеть собственной разработки. Основными компонентами вычислительной платформы являются: маршрутизатор коммуникационной сети EC 8430 «Ангара»; 4 процессора AMD Opteron семейства 6300; 16 модулей памяти DDR3-1866 (PC3-14900); системная логика на базе чипсетов SR5690 и SP5100; контроллер сети Gigabit Ethernet (2 порта); 4 порта SATA 2.0.

Печатная плата вычислительной платформы состоит из 18 слоев с габаритными размерами 520×399,5 мм. Она изготовлена в производственном комплексе ОАО «НИЦЭВТ».

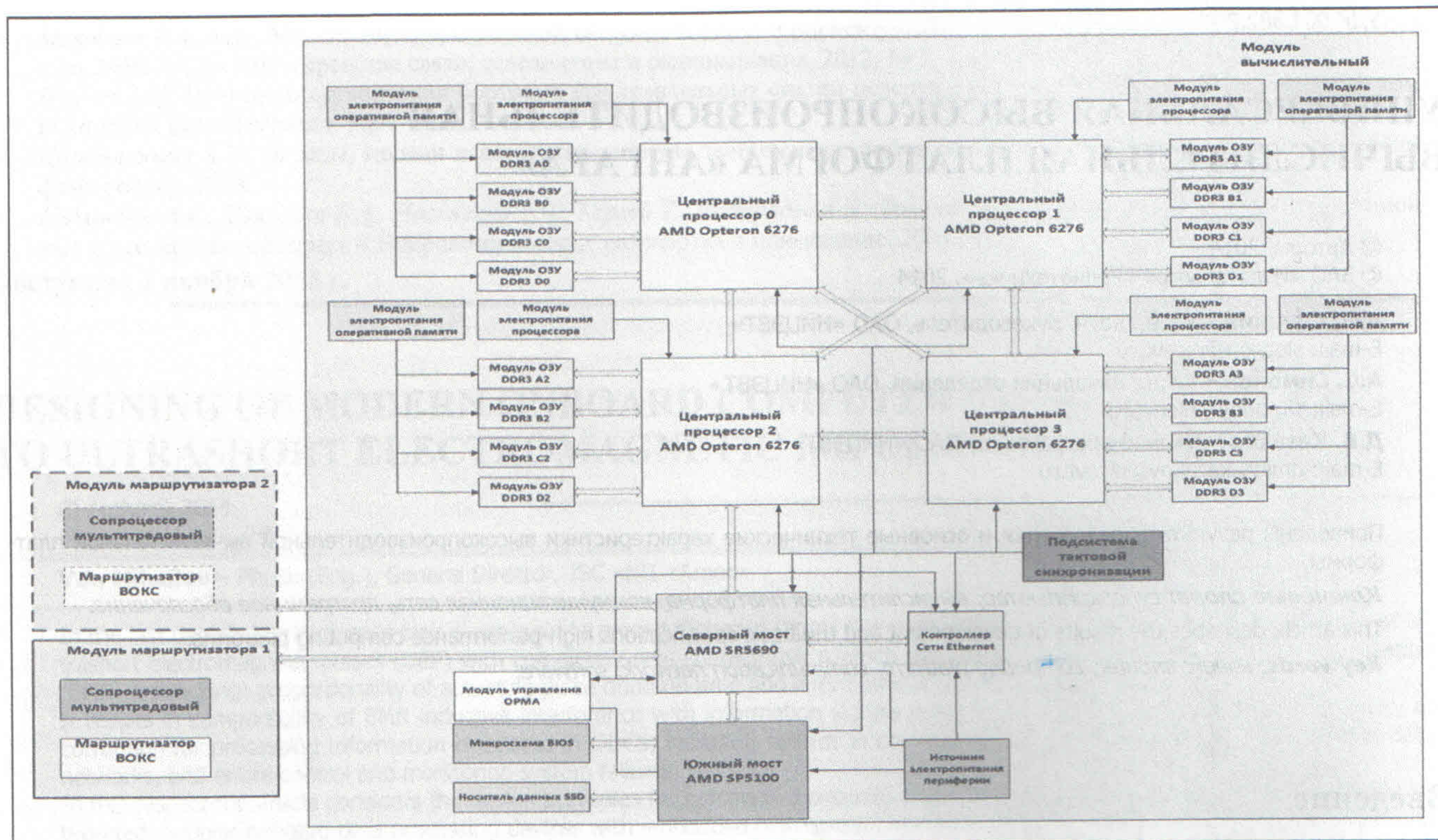


Рис. 1. Структура вычислительной платформы «Ангара»

Пиковая производительность вычислительной платформы «Ангара» составляет 640 Гфлопс при применении процессоров AMD Opteron 6380. 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 512 Гбайт с максимальной пропускной способностью на один процессор – до 58 Гбайт/с. Энергопотребление вычислительной платформы составляет не более 650 Вт.

Коммуникационная сеть на базе маршрутизатора EC8430 представляет собой 4-D Тор, связи которой выходят через высокочастотный разъем на Backplane. Пропускная способность одного линка коммуникационной сети составляет 75 Гбит/с.

BIOS вычислительной платформы разработан 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 и т.д.).

Система охлаждения вычислительной платформы представляет собой комбинированную систему. Теплонагруженные элементы платформы, такие как процессор и СБИС маршрутизатора, охлаждаются водой, а остальные элементы – продувкой воздуха. 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.

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

Опытные образцы платформы «Ангара» уже изготовлены и прошли тестирование (рис. 2). Завершаются 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.

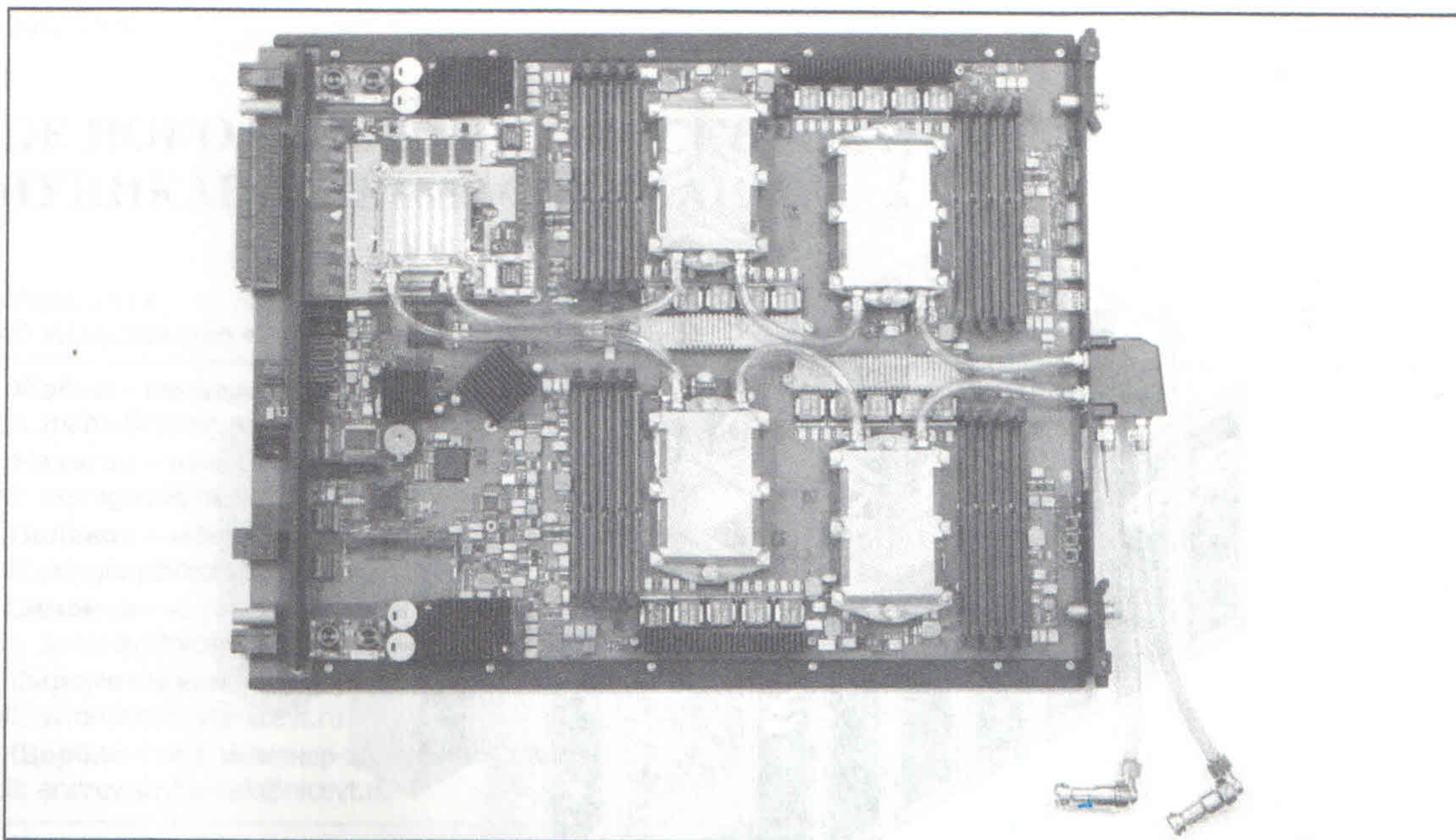


Рис. 2. Опытный образец универсальной вычислительной платформы, разработанной в ОАО «НИЦЭВТ»

Суперкомпьютерная система «Ангара»

На основе полученных в ОАО «НИЦЭВТ» результатов разрабатывается высокопроизводительная суперкомпьютерная система транспетафлопсной 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 элементов 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;

«А» 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. 3. Для вычислительной системы из 32 стоек потребляемая мощность – 1,5 МВт, занимаемая площадь – 75 м², пиковая производительность – 1,3 Пфлопс.

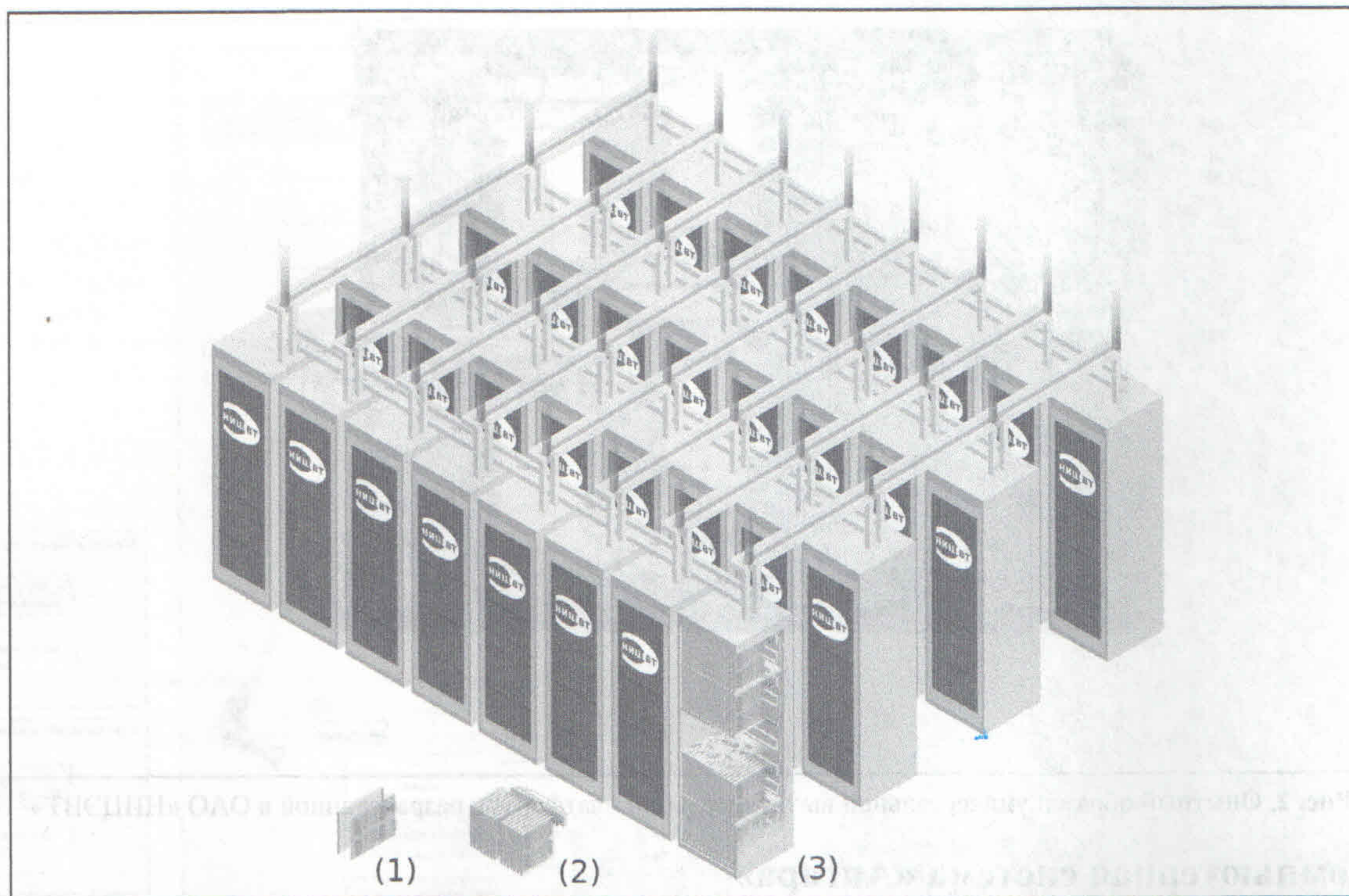


Рис. 3. Схема построения суперкомпьютерной системы «Ангара»: (1) – вычислительная платформа; (2) – шасси; (3) – стойка

- Создание высокопроизводительной вычислительной платформы «Ангара» – одно из направлений разработки суперкомпьютерных программ.

Литература

1. Слуцкий А.И., Симонов А.С., Леонова А.Е. Состояние разработок и перспективы развития суперкомпьютерных систем в ОАО «НИЦЭВТ» // Материалы Четвертой международной науч. конф. «Суперкомпьютерные системы и их применение» (SSA'2012). ОИПИ НАН РБ. Минск. 23–25 октября 2012 г.
2. Симонов А.С., Слуцкий А.И., Макагон Д.В., Сыромятников Е.Л., Жабин И.А., Фролов А.С., Щербак А.Н. Опыт разработки отечественной высокоскоростной коммуникационной сети для суперкомпьютеров // Материалы Третьего Московского суперкомпьютерного форума (Россия, Москва, ВВЦ, 01 ноября 2012 г.).

Поступила 1 ноября 2013 г.

UNIVERSAL HIGH-PERFORMANCE COMPUTING PLATFORM «ANGARA»

© Authors, 2014
© Radiotekhnika, 2014

A.I. Slutskin – Ph.D. (Eng.), JSC «NICEVT»
A.S. Simonov – Ph.D. (Eng.), JSC «NICEVT»
D.V. Kazakov – Software Engineer, JSC «NICEVT»

This year JSC «NICEVT» has finished the development of a high-performance computing platform «Angara» comprised of commodity x86-64 processors and NICEVT's custom high-speed interconnect based on EC8430 ASIC.

This work is an essential part of a high-performance trans-petaflops supercomputer development project which is currently underway in JSC «NICEVT». The whole project includes also the development of cooling and power supply subsystems, along with a software stack for supercomputer monitoring, management and administration.

References

1. Sluczkin A.I., Simonov A.S., Leonova A.E. Sostoyanie razrabotok i perspektivy' razvitiya superkomp'yuterny'x sistem v ОАО «NICEVT» // Materialy' Chetvertoj mezhdunarodnoj nauch. konf. «Superkomp'yuterny'e sistemy' i ix primeneniye» (SSA'2012). OIPI NAN RB. Minsk. 23–25 oktyabrya 2012 g.
2. Simonov A.S., Sluczkin A.I., Makagon D.V., Sy'romyatnikov E.L., Zhabin I.A., Frolov A.S., Shherbak A.N. Opy't razrabotki otechestvennoj vy'sokoskorostnoj kommunikaczionnoj seti dlya superkomp'yutеров // Materialy' Tret'ego Moskovskogo superkomp'yuternogo foruma (Rossiya, Moskva, VVC, 01 noyabrya 2012 g.).