

# РАЗВИТИЕ СУПЕРКОМПЬЮТЕРНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ И ВЫСОКОПРОИЗВОДИТЕЛЬНЫХ ВЫЧИСЛЕНИЙ В САМАРСКОМ ГОСУДАРСТВЕННОМ АЭРОКОСМИЧЕСКОМ УНИВЕРСИТЕТЕ

В.С. Кузьмичев, В.А. Фурсов

## 1. Высокопроизводительные вычислительные ресурсы СГАУ

Поддержание высокой вычислительной культуры при проведении научных исследований и в учебном процессе является одной из приоритетных задач Самарского государственного аэрокосмического университета (СГАУ). В последние годы в СГАУ все большее внимание уделяется внедрению суперкомпьютерных технологий и высокопроизводительных вычислений. В частности, эта работа в последние годы активизировалась на факультетах конструирования летательных аппаратов и двигателей летательных аппаратов. Важной особенностью настоящего этапа является все больший интерес промышленности к использованию высокопроизводительных вычислительных систем для проектирования и отработки конкурентоспособных образцов новой техники.

Начало созданию и развитию центра высокопроизводительной обработки информации и инфотелекоммуникационной региональной Интернет-сети образования в Самарском регионе было положено в 1996 году. Затем это развитие прошло ряд этапов, важнейшими из которых являются следующие. 1999 г. – первый кластер (4 Pentium II, сеть Fast Ethernet, 8 процессоров, 2Gb ОП) с пиковой производительностью 3,4 GFLOPS4; 2000 г. – создание 10 процессорного кластера, включающего 5 SMP-машин (2 узла – Alpha 21264 и 3 узла – PENTIUM III, сеть Myrinet) с пиковой производительностью 8,9 GFLOPS; 2002 г. – состав кластера расширен до 24 процессоров, пиковая производительность доведена до 20,5 Gflop/s.

В настоящее время распределенная сеть высокопроизводительных вычислительных ресурсов СГАУ включает следующие три основных компонента:

1. Учебный кластер на базе класса параллельных вычислений.
2. Кластер для научных исследований Hewlet Packard.
3. Суперкомпьютер «Сергей Королев».

Общая схема вычислительных ресурсов в ГРИД-СГАУ приведена на рисунке 1.

Суммарная пиковая производительность кластеров составляет более 11,5 TFlop/s, общая дисковая память – 98 ТВ. Далее приводится краткая характеристика каждого из указанных выше кластеров.

### 1.1. Учебный кластер на базе класса параллельных вычислений.

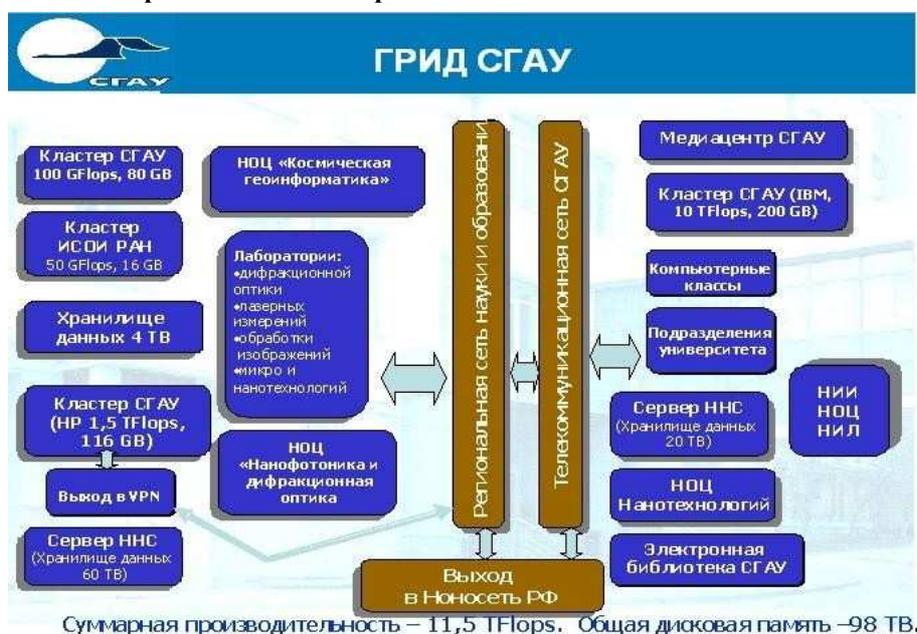


Рис. 1 – Схема взаимодействия кластеров в ГРИД СГАУ

Идея создания кластера появилась в 2006 году в связи с возрастающей потребностью в высокопроизводительных вычислительных ресурсах студентов, аспирантов и сотрудников университета, занимающихся научной деятельностью. В частности, его создание в значительной степени было инициировано исследованиями телекоммуникационной компоненты грид-системы СГАУ. В качестве базы для создания кластера использовался класс параллельных вычислений, созданный ранее в медиацентре СГАУ. Кластер

включает десять высокопроизводительных рабочих станций Dell Precision 690. Каждый компьютер оснащен четырехядерным процессором Intel Xeon 5355 (2,66ГГц, 8Гб оперативной памяти) и гигабитным сетевым контроллером.

Кластер работает на базе операционной системы Linux с системой управления xCAT. Используется свободно распространяемое программное обеспечение с открытым исходным кодом. Производительность кластера, полученная на тесте Linpack, составляет около 100 GFlop/s.

Кластер используется в учебном процессе при обучении студентов параллельному программированию и для получения начальных навыков работы с высокопроизводительными системами. На кластере установлен пакет прикладных программ ANSYS, используемый студентами и аспирантами для расчетов, связанных с исследованиями в области аэрокосмических технологий.

### 1.2. Кластер Hewlett Packard

Начальная комплектация кластера предоставлена в пользование университету компанией Hewlett Packard в рамках программы "Университетский кластер". Затем состав оборудования кластера был расширен за счет собственных средств СГАУ.

Окончательная конфигурация кластерной системы создана в конструктиве HP BLc3000 Twr CTO Enclosure на базе 7 двоядных блейд-серверов HP ProLiant 2xBL220c. В качестве вычислительных узлов и 1-го сервера используются HP ProLiant, в качестве управляющего узла – BL260c. Пиковая производительность кластера около 1.5 ТФлопс. Общий вид кластера приведен на рисунке 2.

Кластерная система HP построена на базе операционной системы Linux и программного обеспечения промежуточного слоя OSCAR. В рамках программы "Университетский кластер" на базе поставляемых кластерных систем в нескольких университетах России построен вычислительный грид-сегмент с использованием технологии Globus Toolkit 4.2.

Кластер используется для решения задач моделирования и проектирования наноструктур, нелинейного оптического моделирования, распределенной обработки и хранения файлов изображений сверхвысокого разрешения.

### 1.3. Суперкомпьютер «Сергей Королев»

Суперкомпьютер создан при поддержке правительства Самарской области в рамках следующих программных мероприятий:

- Программа развития национального исследовательского университета.
- Программа «Академические инициативы» компании IBM.

Суперкомпьютер установлен в межвузовском медиацентре.

Основные характеристики суперкомпьютера: платформа IBM BladeCenter, 112 блейд-серверов IBM BladeCenter HS22. Каждый сервер имеет по два четырехядерных процессора Intel Xeon 5560 с частотой ядра 2,8ГГц. Общий объем оперативной памяти 1,3Тб. Система хранения данных объемом 10Тб. Для межпроцессорного взаимодействия распределенных приложений используется технология QDR InfiniBand (оборудование QLogic) с пропускной способностью до 40 Гбит/с. Связь с системой хранения данных кластера осуществляется по технологии QDR Infiniband. Для сетевой загрузки операционной системы на блейд-сервера, передачи управляющих сообщений, статистических данных, а так же для мониторинга работы узлов кластера используется управляющая сеть Gigabit Ethernet.

В качестве операционной системы на кластере установлена ОС Linux Red Hat Enterprise Server 5.4. Установлена также система пакетной обработки заданий и разделения ресурсов суперкомпьютера между пользователями IBM Loadleveler, переданная университету в рамках программы «Академические



Рис. 2 Вычислительный кластер HP

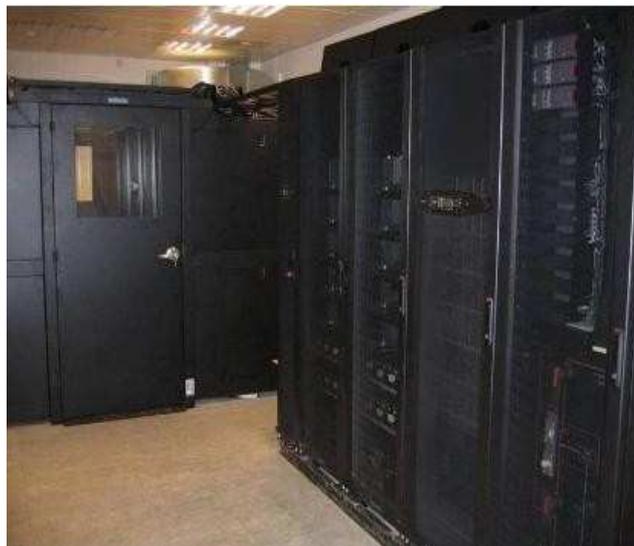


Рис. 3 - Суперкомпьютер «Сергей Королев»

инициативы». Кластер управляется с помощью системы с открытым исходным кодом xCAT. Пиковая производительность кластера составляет около 10 Tflop/s.

## 2. Решаемые задачи

Основные задачи, для решения которых используются суперкомпьютерные ресурсы СГАУ (рисунок 4):

- Разработка параллельных методов моделирования и оптимизации нанопотонных структур.
- Создание виртуальных моделей авиационных двигателей и летательных аппаратов на основе CAE/CAD/CAM/PLM – технологий.
- Разработка параллельных методов обработки крупноформатных изображений для систем дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ).
- Реализация наукоемких web-сервисов на базе распределенной вычислительной инфраструктуры.
- Подготовка специалистов в области суперкомпьютерных технологий и высокопроизводительных вычислений.



Рис. 4. Примеры прикладных задач

В рамках направления «Разработка параллельных методов моделирования и оптимизации нанопотонных структур» разрабатываются параллельные приложения для расчета дифракционных элементов, формирующих заданные распределения полей, а также для их моделирования с целью выявления влияния технологических погрешностей изготовления элементов. Для моделирования элементов нанопотоники используются разностные уравнения Максвелла.

Создание виртуальных моделей авиационных двигателей и летательных аппаратов на основе CAE/CAD/CAM/PLM – технологий является одним из приоритетных направлений развития Самарского государственного аэрокосмического университета в области образования и науки. Созданный суперкомпьютерный центр позволяет создать интегрированную информационную среду для разработки конкурентоспособных изделий, в частности, создания виртуальных моделей газотурбинных и ракетных двигателей, летательных аппаратов, автомобилей и других наукоемких образцов техники.

С использованием передовых информационных CAE/CAD/CAM/PDM/PLM – технологий решаются задачи компьютерного моделирования и информационной поддержки изделий («виртуальный летательный аппарат» и «виртуальный двигатель»). Другие важные направления – это разработка опережающих производственных и космических геоинформационных технологий; проведение научных исследований и подготовка кадров; подготовка специалистов по CALS/ИПИ-технологиям (самолётостроение, ракетостроение и космические аппараты); подготовка специалистов по CALS/ИПИ-технологиям (двигателестроение – ГТД, ЖРД, агрегаты и системы).

Разработка параллельных методов обработки крупноформатных изображений для систем дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) ведется в интересах созданного на базе СГАУ Поволжского центра

космической геоинформатики. Одна из важнейших задач, решаемых в рамках этого направления – динамическая организация обработки и хранения больших массивов данных, получаемых в процессе ДЗЗ.

Подготовка специалистов в области суперкомпьютерных технологий и высокопроизводительных вычислений в СГАУ является одним из ведущих направлений деятельности. Курсы «Параллельные вычисления» и «Параллельное программирование» поставлены и ведутся в СГАУ для специальностей «Прикладная математика и информатика» (010501), и «Прикладная математика и физика» (010600) с 2000–го года. Кроме того, в течение ряда лет проводятся занятия на факультете повышения квалификации преподавателей по направлению: «Суперкомпьютерные технологии и высокопроизводительные вычисления».

### **3. Сотрудничество с IT компаниями**

Имеет место устойчивый спрос на выпускников СГАУ со стороны ряда компаний IT-бизнеса (потенциальных работодателей). Компании проявляют также готовность принимать участие в процессе подготовки специалистов. Для реализации этих предложений в СГАУ был создан Корпоративный институт информационных систем (КИИС).

В рамках КИИС созданы и функционируют учебно-исследовательские лаборатории: «Инфокоммуникационные технологии» (совместно с компанией NetCracker Technologies); «Перспективные информационные технологии» (совместно с компанией EPAM Systems); «Автоматизированные системы реального времени» (совместно с группой компаний «СМС-Автоматизация»); «Интеллектуальные системы безопасности» (совместно с консорциумом «Интегра-С»). Учебный процесс в этих лабораториях ориентирован на получение обучающимися практических навыков в области современных информационных технологий и работы в команде конкретной компании, что обеспечивает подготовку специалистов, способных разрабатывать конкурентоспособную научно-техническую продукцию и эффективно управлять всеми циклами продвижения разработок на рынок.

В 2006 году в СГАУ создана Академия информационных технологий (IT–Академия СГАУ) при сотрудничестве с ведущими мировыми компаниями Microsoft, Cisco и Hewlett Packard. На базе IT–Академии предлагается целый спектр курсов, включая как курсы для начинающих, так и для продвинутых пользователей. С июля 2007 года СГАУ участвует в академической программе MSDN Academic Alliance компании Microsoft. В рамках этой программы образовательный процесс обеспечивается современными программными продуктами и технологиями Microsoft (операционными системами, серверными продуктами, средствами разработки, технической поддержкой, доступом к информационным ресурсам, возможностью получения исходных кодов и своевременных обновлений ряда продуктов, участием в передовом академическом сообществе).

В 2007-2008 годах при финансовой поддержке компании Hewlett Packard (HP) создан научно-образовательный центр технологий HP (НОЦ HP), оснащенный современным компьютерным оборудованием и средствами цифровой печати. В рамках существующего соглашения между HP и СГАУ в НОЦ HP СГАУ проводятся учебные занятия и тренинги по программам, согласованным с компанией HP. Сотрудничество с ведущими IT-компаниями нацелено на создание динамичной среды для развития и внедрения IT-технологий в учебный процесс и научные исследования.