

ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫЙ СЕРВЕР С ВЫСОКОПЛОТНОЙ КОМПОНОВКОЙ

*М. А. Чернов, Э. Г. Байков, С. А. Левкин, Е. В. Меньшиков, А. О. Гришин,
Д. С. Максимов, А. К. Лабутин, С. А. Царев*

ФГУП «РФЯЦ-ВНИИЭФ», г. Саров Нижегородской обл.

Введение

Вычислительная техника развивается во всем мире очень быстро. Цифровые инновации, такие как супер-вычисления являются необходимой частью современной науки. В настоящее время остаётся потребность в больших вычислительных мощностях для моделирования, воспроизведения и решения сложных научно-исследовательских задач.

Одним из способов получения более высокой производительности и эффективности вычислений – использование более плотного размещения и увеличение количества вычислительных узлов.

Цель работы по созданию сервера – более плотное размещение вычислительных модулей, чем у серийно выпускаемых серверов.

Существующие на данный момент компоновки вычислительных серверов, которые можно было бы использовать для создания мультипроцессорных комплексов, приводят к проблеме – низкая плотность размещения вычислительного оборудования. Необходимы дополнительные стойки и увеличение площадей вычислительных залов.

Для достижения поставленной цели было принято решение – разработать вычислительный сервер с максимальным возможным размещением модулей. Проектирование проводилось с учётом требования промышленного стандарта 19-дюймов для вычислительных стоек. Были рассмотрены варианты, обеспечивающие максимальную плотность оборудования на единицу высоты.

По итогам проделанной работы решение реализовано в разработке новой компоновки вычислительных модулей. Благодаря вертикальному размещению их в плоскости удалось повысить их плотность размещения. Высота 4U. Сервер несёт в себе

16 модулей – по восемь в каждой зоне (спереди и сзади). Вычислительные узлы расположены друг за другом. С фронтальной стороны расположена панель управления с индикацией и кнопками включения. С тыльной стороны блоки питания.

Работы по созданию сервера с плотной компоновкой заключались в проектировании конструктива сервера, электрических принципиальных схем обеспечивающих питание и охлаждение. Выполнена разработка конструкторской документации на конструктивные элементы и печатные платы сервера. В ходе работы была проведена сборка макета сервера с плотной компоновкой и его экспериментальные исследования. Произведен выбор оптимальных компонентов системы электропитания сервера с заданными габаритами и выходной мощностью произведен выбор компонентов охлаждения сервера для обеспечения требуемого температурного режима. Произведен выбор электронных компонент и разъемов печатных плат.

Состав сервера с плотной компоновкой

В настоящее время существует большой класс задач, требующих высокой концентрации вычислительных средств. Мощность вычислительного центра можно сделать больше, увеличив количество и плотность размещения вычислительных модулей.

На рис. 1 показан внешний вид сервера видно, что он рассчитан на установку в 19" стойку, имеет глубину 1040 мм, по высоте занимает 4U (177 мм). На боковых сторонах корпуса расположены направляющие для установки в шкаф. [1] С двух сторон (спереди и сзади) сервера установлено по восемь вычислительных узлов. Узлы сервера построены на базе материнской платы K1SPi (см. рис. 2).



Рис. 1. Внешний вид сервера с плотной компоновкой

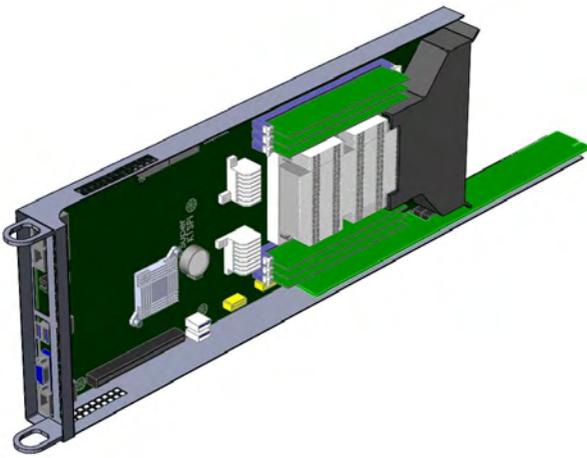


Рис. 2. Вычислительный узел на базе материнской платы K1Spi

Каждый узел имеет один процессор Intel Xeon Phi с максимальной потребляемой мощностью 230 Вт, со встроенной MSDRAM – памятью объемом 16 Гб, базирующийся на сокете LGA 3647 [2]. В каждом узле возможна установка до шести модулей памяти RDIMM DDR4-2400 ECC. Все вычислительные узлы сервера имеют встроенные порты LAN1 и LAN2 Gigabit Ethernet.

Технические характеристики вычислительных модулей, реализованных на сервере с плотной компоновкой, представлены в табл. 1.

Intel Xeon Phi x200 – загрузочный хост-процессор, который поддерживает массовый параллелизм и векторизацию самых ресурсоемких высокопроизводительных вычислительных приложений. Интегрированная энергоэффективная архитектура предлагает значительно более высокую вычислительную мощность на единицу потребленной энергии по сравнению с аналогичными платформами.

На рис. 3 показан внутренний состав сервера. Для наглядности внешний корпус показан прозрачным. Для большей наглядности не показана группа из четырех правых вычислительных узлов. Из ри-

сунка также видно, что для электропитания компонент сервера используются четыре блока питания, а для охлаждения восемь вентиляторов. Блоки питания через разъемы соединены с платами распределения питания. Узлы соединяются между собой и управляются через две, вертикально стоящие платы объединения питания.

Таблица 1

Технические характеристики одного вычислительного модуля

Техническая характеристика (материнская плата)	Значение
Количество процессоров: – 1, шт.	1
Чипсет:	Intel PCH C612
Процессор: – частота, ГГц – количество ядер, шт.	Intel Xeon Phi x200 до 2,6 до 72
Оперативная память: – объем на сервер, Гбайт	RDIMM DDR4-2400 ECC До 384 Гб
Интерфейсы	2 PCI-Express 3.0 x16
Графический контроллер:	ASpeed 2400 BMC VGA/2D
Потребляемая мощность не более, Вт	300

В состав сервера с плотной компоновкой входят следующие компоненты, которые представлены в табл. 2.

Таблица 2

Состав сервера с плотной компоновкой

Наименование	Количество
Корпус сервера	1
Вычислительный узел	16
Блок питания	4
Плата питания объединительная	2
Плата соединительная	16
Вентилятор охлаждения	8

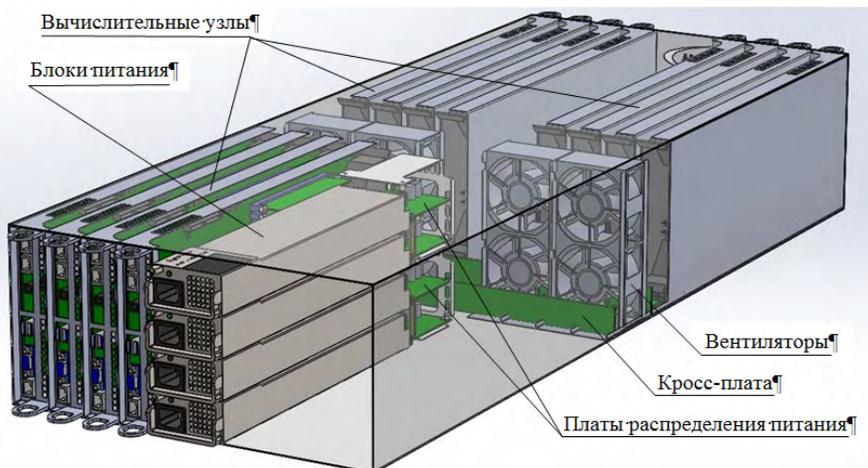


Рис. 3. Внутренний состав сервера с плотной компоновкой

Комплект спроектированных и изготовленных плат

Печатная плата СПК-1-ВР выполнена в соответствии со спецификацией, сборочным чертежом и схемой электрической принципиальной. Общий вид платы питания объединительной представлен на рис. 4.

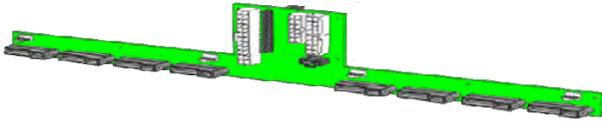


Рис. 4. Плата питания объединительная СПК-1-ВР

Плата питания объединительная обеспечивает распределение питания (12 В, 200А) на вычислительные модули сервера и вентиляторы системы охлаждения, передает управляющие сигналы на плату управления, разработана и интегрирована собственная система управления работой вентиляторов на основе микроконтроллера. Для управления режимами работы вентиляторов используются сигналы с частотой 25 кГц и максимальной амплитудой – 12 В, вырабатываемые контроллером АТmega8535.

Для непосредственного соединения материнской платы вычислительного модуля с платной питания объединительной была спроектирована и изготовлена соединительная плата СПК-1-СН. Внешний вид платы изображен на рис. 5. Конструктив корпуса сервера сделан таким образом, что соединительная плата устанавливается в разъемы XS1-XS8 по направляющим, что обеспечивает горячую замену вычислительного узла в составе сервера, для текущего ремонта вычислительного узла нет необходимости полного выключения блейд-сервера.

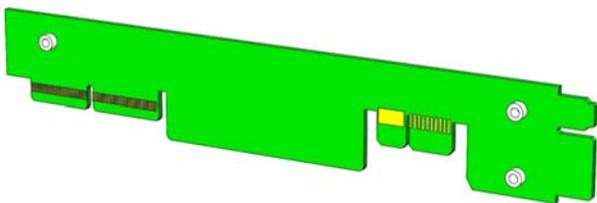


Рис. 5. Плата соединительная

Блок индикации и управлением включением реализован на отдельной печатной плате изображенной на рис. 6, которая расположен на фронтальной стороне сервера и имеет кнопки включения вычислительных узлов и индикаторы их работы.

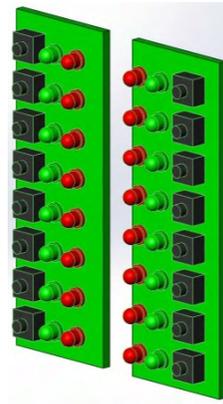


Рис. 6. Блок индикации
и управления включением

Тестирования сервера плотной компоновкой

Эксперимент проводился на шестнадцати узлах сервера. На данных узлах был запущен тест Intel Optimized LINPACK Benchmark [3], который приводит к большой счётной нагрузке, а следовательно и нагреву компонент материнской платы. Для загрузки операционной системы и запуска теста была организована сеть с использованием коммутаторов Ethernet и МП/Со. Измерения температуры окружающего воздуха и воздушного потока на входе и выходе из сервера проводились при помощи метеометра МЭС-200А.

Зоны измерения температуры по отношению к серверу показаны на рис. 7 и 8 (это участки очерчены красной линией), также на этих рисунках обозначена нумерация вычислительных узлов. Выбор зоны измерения температуры на выходе обусловлен наиболее интенсивным и нагретым воздушным потоком.

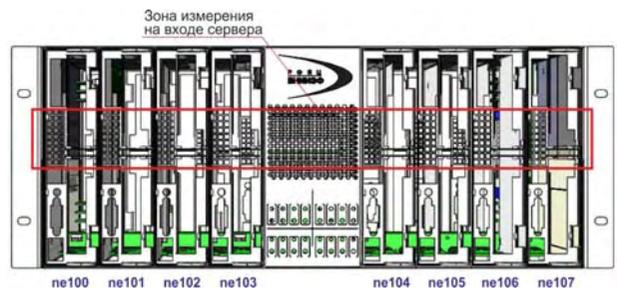


Рис. 7. Зона измерения температуры воздушного потока на входе в сервер

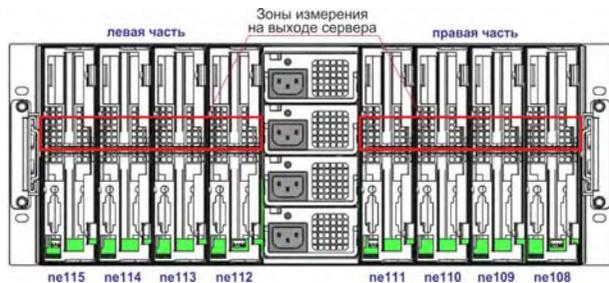


Рис. 8. Зоны измерения температуры воздушного потока на выходе из сервера

Средняя скорость воздушного потока на выходе из сервера составила 8,3 м/с

Результаты тестирования представлены в табл. 3 и 4.

Таблица 3

Результаты второго тестирования

Время теста, М:С	$t_{\text{на выходе из сервера}}^{\circ\text{C}}$	
	Левая часть сервера	Правая часть сервера
0:14	23,2	27,2
0:21	29,5	30
1:04	31,9	33,5
1:22	33,8	36,6
1:38	34,9	37,5
2:11	36	37,5
2:26	36,7	38
3:04	37,6	38,2
3:31	38	38,6
4:07	38,5	37,1
4:22	38,7	37,1
4:50	38,8	36,5
5:05	39,1	35,7
5:17	40	36,1
6:02	39,8	35,2
6:20	39,2	34
6:37	39,1	32,9

Максимальная температура на процессорах

Процессор	max. t°	Процессор	max. t°
ne100	60	ne108	63
ne101	55	ne109	57
ne102	56	ne110	69
ne103	62	ne111	63
ne104	69	ne112	76
ne105	66	ne113	67
ne106	63	ne114	62
ne107	64	ne115	68

Заключение

Представлены результаты разработки вычислительного сервера с высокоплотной компоновкой и описаны его технические характеристики. В работе приводится описание конструктивных элементов, разработанных печатных плат, основных компонент системы электропитания, охлаждения и управления сервера с высокоплотной компоновкой разработанных с использованием численного моделирования воздушных потоков системы охлаждения сервера. Выполнена оценка пиковой производительности тестового образца сервера в сравнение с аналогами. Представлен обзор изготовленного тестового образца сервера высокоплотной компоновкой.

Литература

1. Телекоммуникационная стойка [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://en.wikipedia.com/wiki/Rack_unit.html
2. Материнская плата K1Spi [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://www.supermicro.com/products/motherboard/Xeon_Phi/K1SPi.cfm.
3. Intel® Optimized LINPACK Benchmark for Linux* OS [Electronic resource] Mode of Режим доступа: <https://software.intel.com/sites/products/documentation/hpc/mkl/>.