

# ЭКСАФЛОПНЫЕ СУПЕРЭВМ. КОНТУРЫ АРХИТЕКТУРЫ EXASCALE SUPERCOMPUTERS. ARCHITECTURAL OUTLINES

С.А. Степаненко, В.В. Южаков  
S.A. Stepanenko, V.V. Yuzhakov

(Российский федеральный ядерный центр Всероссийский  
научно-исследовательский институт экспериментальной физики, Саров)

Исследуются архитектурные аспекты вычислительных систем эксафлопной производительности.

Получены оценки параметров вычислительной среды и коммуникационной среды. Показаны необходимость и возможности применения архитектурных средств масштабирования эффективности.

Architectural aspects of exascale computing systems are explored.

Assessments of the performance of computing systems and communication environment are made. Necessity and potential of architectural efficiency scaling solutions are demonstrated.

*Ключевые слова:* системы эксафлопной производительности, архитектура/  
exascale computing systems, architecture.

## ТЕЗИСЫ

Этапы эволюции вычислительных систем можно охарактеризовать применяемыми дисциплинами вычислений и реализующими их архитектурами.

Для достижения производительности  $10^9$  оп/с достаточно оказалось SISD дисциплины и однопроцессорной архитектуры, достижение  $10^{12} - 10^{15}$  оп/с потребовало MIMD дисциплины и мультипроцессорных архитектур с разделенной памятью.

Достижение  $10^{18}$  оп/с – эксафлопс – потребует применения MIMD и SIMD дисциплин вычислений, реализуемых гибридными системами. Процессорные элементы в них содержат универсальные процессоры – MIMD компонента и арифметические ускорители – SIMD компонента.

Применение SIMD компонент позволяет гибридной системе достигнуть при определенных условиях производительности  $10^{18}$  оп/с, потребляя 10-20 МВт; в тех же условиях для MIMD системы потребуется не менее 100 МВт. При этом количество ядер универсальных процессоров и ускорителей составит соответственно  $\sim 10^7$  и  $10^8$  штук.

Эффективное задействование гибридных систем требует создания принципиально нового прикладного программного обеспечения и средств архитектурного масштабирования эффективности, реализованных для различных уровней параллелизма - процессорного элемента, вычислительного модуля (объединяющего элементы) и т.д.

В этой работе рассматриваются следующие средства архитектурного масштабирования эффективности:

- реконфигурация структуры процессорных элементов, состоящая в вариации количества MIMD и задействованных с ними SIMD ядер [1];
- декомпозиция процессов на подпроцессы в соответствии с особенностями вычислителей и размещение подпроцессов с учетом направлений обменов информацией между ними с целью минимизации длительностей обменов [2];
- топологическое резервирование, обеспечивающее выполнение заданного вычислительного процесса с заданной вероятностью на заданном количестве процессоров [3].

Приводятся оценки ускорения вычислений гибридными системами и значений параметров надежности, достигаемых применением указанных средств.

Перечисленные средства предусматривают реконфигурацию (адаптацию) связей между вычислительными устройствами в соответствии с особенностями исполняемого процесса. Эта реконфигурация выполняется на уровне MIMD и SIMD ядер и последующих уровнях параллелизма. Она позволяет в рамках имеющегося в системе множества вычислителей динамически реализовывать специализированную вычислительную среду для решения заданной задачи. Тем самым обеспечивается эффективное задействование вычислительных ресурсов и соответствующее ускорение вычислительного процесса.

#### Список использованных источников

[1] Степаненко С.А. Оценки ускорения вычислений гибридными системами. Пленарные доклады Пятой международной конференции <Параллельные вычисления и задачи управления> РАСО 2010 Москва 26-28 октября 2010г. М.: Учреждение Российской академии наук. Институт проблем управления им. В.А.Трапезникова РАН стр.61-71, ISBN 978-5-91450-062-4.

[2] Brian Barrett, Richard Barrett, James Brandt, etc. Report of Experiments and Evidence for ASC L2 Milestone 4467 - Demonstration of a Legacy Application's Path to Exascale. SANDIA REPORT. SAND2012-1750 Unlimited Release Printed March 2012.

[3] Степаненко С.А. Топологическое резервирование мультипроцессорных сред выделенными элементами. Труды РФЯЦ-ВНИИЭФ №10, 2005 г. с. 50-60.

## Сведения об авторах

- ФИО: Степаненко Сергей Александрович
- Название организации: Российский федеральный ядерный центр — Всероссийский научно-исследовательский институт экспериментальной физики. Институт теоретической и математической физики (РФЯЦ-ВНИИЭФ ИТМФ)
- Должность: начальник отдела РФЯЦ-ВНИИЭФ
- Год окончания учебного заведения: 1974 г., Таганрогский Радиотехнический Институт
- Ученая степень и ученое звание: доктор физико-математических наук
- Количество печатных работ и монографий: более 30
- Область научных интересов: архитектура вычислительных систем
- Телефон: (83130) 45354
- E-mail: ssa@vniief.ru

Name: Stepanenko Sergey Aleksandrovich

Position: head of division, RFNC-VNIIEF

Institution: Russian Federal Nuclear Center – All-Russian Research Institute of Experimental Physics. Institute of theoretical and mathematical physics (RFNC-VNIIEF, ITMP).

1974, Institute of radio engineering of Taganrog

Academic degree: Science Doctor in physics and mathematics

Quantity of published works and monograph: more 30

Area of research: Architecture of computing systems

Telephone: (83130) 45354

E-mail: ssa@vniief.ru

- ФИО: Южаков Василий Васильевич
- Название организации: Российский федеральный ядерный центр — Всероссийский научно-исследовательский институт экспериментальной физики. Институт теоретической и математической физики (РФЯЦ-ВНИИЭФ ИТМФ)
- Должность: заместитель начальника отдела РФЯЦ-ВНИИЭФ
- Год окончания учебного заведения: 1984 г., Владимирский Политехнический Институт
- Ученая степень и ученое звание: нет
- Количество печатных работ и монографий: 3
- Область научных интересов: суперкомпьютеры и их применение
- Телефон: (83130) 27966
- E-mail: v.v.yuzhakov@vniief.ru

Name: Yuzhakov Vasiliy Vasil'evich

Position: deputy head of division, RFNC-VNIIEF

Institution: Russian Federal Nuclear Center – All-Russian Research Institute of Experimental Physics. Institute of theoretical and mathematical physics (RFNC-VNIIEF, ITMP).

1984, Polytechnic Institute of Vladimir

Academic degree: no

Quantity of published works and monograph: 3

Area of research: Supercomputer and their application

Telephone: (83130) 27966

E-mail: [v.v.yuzhakov@vniief.ru](mailto:v.v.yuzhakov@vniief.ru)