

Оценка потенциала использования платформы Эльбрус для высокопроизводительных вычислений *

Е.О. Тютляева¹, С.С. Колюхов¹, А.А. Московский¹, И.О. Одинцов¹
ЗАО "РСК Технологии"¹

На вычислительном узле с четырьмя процессорами МЦСТ Эльбрус-4С (общее количество вычислительных ядер – 16) и оперативной памятью DRAM DDR3 с общим объемом 48 GB проведены популярные тесты для высокопроизводительных систем (NPB, NPCC, NPCCG) с различными параметрами. Для двух тестов выполнена трассировка процесса вычисления и последующий анализ схем MPI-коммуникаций, дана оценка количества выполненных инструкций и коммуникационных операций и др. Выполнена оценка масштабируемости геолого-геофизических приложений на платформе Эльбрус на примере модуля глубинной сейсмической миграции. Проведен анализ результатов, указывающий на необходимость проводить архитектурно-зависимую оптимизацию программных кодов. Оценка масштабируемости демонстрирует на ряде тестов сублинейное ускорение.

Ключевые слова: оценка производительности, тестирование высокопроизводительных систем, Эльбрус, оценка масштабируемости

1. Введение

Целью данной работы являлось проведение предварительной оценки потенциала платформы Эльбрус [1] для построения высокопроизводительной системы для научных вычислений, в частности, в области обработки данных сейсморазведки и гидродинамики.

Самым простым способом оценить производительность вычислений конкретного вычислительного оборудования является проведение серии тестовых запусков с использованием наборов специальных программ. В данной работе были выбраны наборы тестов, отражающие потенциал использования системы для решения научных задач. Анализ результатов тестовых запусков с различными конфигурациями и параметрами может позволить сделать выводы о возможных способах повышения производительности вычислительной системы и позволить провести сравнение с другими системами.

Измерение времени выполнения программы по существу является предварительной оценкой производительности вычислений. Дальнейшее изучение поведения приложений на конкретном вычислительном оборудовании включает измерение других метрик производительности. Применяемый для этого метод трассировки позволяет охарактеризовать динамическое поведение приложений. В рамках данной работы мы провели трассировку двух вычислительных приложений с достаточно показательной структурой.

Наконец, программное обеспечение, используемое в разных областях науки и техники, очень существенно различается по своим характеристикам. В связи с чем производительность прикладного ПО не может быть охарактеризована только набором тестов. В данной работе мы оценили масштабируемость реального модуля глубинной сейсмической миграции на платформе Эльбрус. На основе проведенных экспериментов сделаны выводы о возможности построения высокопроизводительного комплекса на данной платформе.

*Работа выполнена в рамках Научно-технической программы Союзного государства "СКИФ-Недра" при финансовой поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации.

Благодарим сотрудников МЦСТ/ИНЭУМ, в особенности Мурада Искендер-оглы Нейман-заде, Александра Владимировича Брегера и Сергея Михайловича Зотова за консультации по архитектуре.

2. Характеристики вычислительного узла

Функциональные характеристики вычислительного узла, который использовался для проведения тестов, представлены в таблице 1.

Таблица 1: Характеристики вычислительного узла

Наименование характеристики	Значение характеристики
Процессоры	4×Эльбрус-4С (Архитектура e2k (VLIW); 800 МГц, 4 ядра, теоретическая пиковая производительность 25,6 Гфлопс с двойной точностью)
Всего	16 вычислительных ядер, 102.4 Гфлопс теоретической вычислительной мощности
Оперативная память	12 × Micron DDR3 4Гб, 1600 МГц. Всего 48 Гб
Энергопотребление вычислительной системы	300 Вт (во время работы теста HPL Linpack)

3. Стандартные тесты

Существует множество наборов тестовых программ, которые позволяют выявлять взаимосвязи между различными параметрами вычислительного оборудования и системного ПО, с одной стороны, и производительностью сложных программных комплексов (прикладного ПО), с другой стороны. Наборы тестовых программ создаются для конкретных моделей программирования и реализуются с использованием специализированных библиотек, поэтому на первом шаге изучения производительности требуется тщательный отбор тестовых приложений, который послужил бы основой для дальнейшего более детального исследования этой проблемы.

Для анализа потенциала использования платформы Эльбрус в высокопроизводительных вычислениях мы выбрали распространенные наборы тестов для высокопроизводительных систем.

При проведении всех описанных ниже наборов тестов использовались архитектурно-зависимые оптимизационные флаги. Для осуществления межпроцессорных коммуникаций использовался mpich-3.1.4.

3.1. НРСС

НРСС [2] — один из самых популярных наборов тестовых программ для изучения высокопроизводительных систем, включает в себя High Performance Linpack (HPL) — тест, по результатам которого строится мировой рейтинг ТОП-500. Кроме того, набор НРСС включает тесты, нацеленные на измерение работы подсистемы памяти. Тест НРСС был полностью проведен на целевой системе. Особый интерес представлял тест HPL, отражающий скорость выполнения задач линейной алгебры. Пиковый результат, который был получен на тесте HPL при вычислениях с двойной точностью, представлен в таблице 2. Тест HPL проводился с включенным справочником и с использованием специализированной алгебраической

Таблица 2: Пиковый результат теста HPL (High Performance Linpack)

Размер задачи (N)	Размер блока (NB)	Сетка процессов PxQ	Время вычислений, сек	Производительность, ГФлопс
36000	176	2x8	378.66	82.15

библиотеки eml, оптимизированной под архитектуру e2k. Современные научные задачи в области сейсморазведки и гидродинамики напрямую связаны с обработкой больших массивов данных, поэтому тестирование подсистемы памяти являлось одним из приоритетных направлений. Были получены следующие результаты для теста StarSTREAM, измеряющего установившуюся пропускную способность памяти при работе с очень большими массивами данных 3:

Таблица 3: Результат теста STREAM

Функция	1 поток, Гб/сек	2 потока, Гб/сек	4 потока, Гб/сек	8 потоков, Гб/сек	16 потоков, Гб/сек
Copy	14.020	8.528	3.990	3.995	3.884
Scale:	14.273	8.824	4.245	4.235	4.177
Add:	15.412	8.799	4.078	4.063	3.976
Triad:	15.865	9.229	4.315	4.313	4.168

3.2. HPCG

Тест HPCG предложен в 2013 году Д. Донгаррой в качестве замены тесту HPL. Он позволяет измерить производительность вычислений, для которых паттерны работы процессоров и доступа к обрабатываемым данным соответствуют более широкому классу реальных задач по сравнению с тестом HPL.

Производительность вычислений в тесте HPCG на системе Эльбрус линейно увеличивается при увеличении количества MPI-процессов с 1 до 4х. Максимум производительности достигается при самом симметричном и равномерном расположении потоков: 1 вычислительный поток на 1 вычислительное ядро. Но в целом скорость вычислений на этом тесте не раскрывает весь потенциал платформы, т.к. в этом тесте решается задача на разреженной матрице. Для таких задач рекомендуется ручная архитектурно-зависимая оптимизация, что может повысить производительность на несколько порядков. В связи с этим МЦСТ планирует разработать специализированную параллельную версию.

3.3. NAS Parallel Benchmark

Набор NAS Parallel Benchmark (NPB) [4] включает в себя пять kernel-тестов и три компактных приложения, состоящие из нескольких вычислительно интенсивных блоков, последовательность выполнения которых имитирует работу приложений, реально используемых в вычислительной гидро- и аэродинамике. Хотя этот набор приложений не является типичным для всех областей науки и техники, тем не менее, он охватывает довольно широкий круг проблем, связанных с изучением производительности вычислительных систем.

Некоторые наблюдения по поведению вычислений на тестах из набора NAS представлены ниже:

- Лучшие результаты по метрике GFLOPs на данном наборе тестов получены для теста VT (Тест решает синтетическую систему нелинейных дифференциальных уравнений в частных производных (трехмерная система уравнений Навье-Стокса для сжимаемой жидкости или газа), используя блочную трехдиагональную схему с методом переменных направлений);
- Для MPI-версий большинства программ наблюдается хорошая масштабируемость при увеличении числа использованных ядер с 1 до 16-ти. Для всех версий тестов (MPI, OMP) и классов заданий (B, C) в тесте IS был получен сублинейный рост производительности вычислений;
- На архитектуре Эльбрус оба алгоритма VT и LU показывают схожее значение производительности вычислений. При увеличении размера тестового задания производительность для версий тестов VT и LU незначительно увеличивается.

Особенный интерес для нас представляли тесты FT, MG и LU, в связи с тем, что по структуре программы, характеризующейся набором применяемых вычислительных методов и алгоритмов, а также взаимной зависимостью различных вычислительных блоков, эти тесты частично отражают типовые методы решения задач из области динамики флюидов и сейсмологии. Результаты тестирования приведены в таблице 4

Таблица 4: Результаты тестов FT, MG и LU из набора NPB, MPI-версия

Тест	Класс сложности	1 процесс, ГФлопс	2 процесса, ГФлопс	4 процесса, ГФлопс	8 процессов, ГФлопс	16 процессов, ГФлопс
FT	B	0.886	1.816	3.588	6.621	10.525
FT	C	-	1.748	3.447	6.402	10.366
MG	B	1.663	3.388	6.506	10.487	16.04
MG	C	-	3.958	7.617	12.25	13.751
LU	B	1.621	3.107	6.295	11.179	19.784
LU	C	-	3.162	6.321	11.390	20.872

Таким образом, несмотря на разную структуру проведенных тестов в большинстве случаев мы наблюдали хорошую масштабируемость. Для многих тестовых наборов увеличение размера задания влияло на производительность незначительно, что свидетельствует о равномерном распределении нагрузки и хорошем потенциале для дальнейшего увеличения размерностей задач при потенциальном увеличении количества узлов на тестовом стенде.

3.4. Тестирование преобразований Фурье

Преобразование Фурье является одним из самых распространенных функциональных преобразований, используемых в различных алгоритмах обработки данных и моделирования, в частности на этом преобразовании базируется множество алгоритмов интерпретации данных сейсморазведки. Мы провели сравнительное тестирование производительности вычислений при выполнении преобразования Фурье, чтобы оценить, как влияют оптимизации на производительность на тесте FT из набора NPВ.

Тестирование "до оптимизации" проводилось с единственным ключом оптимизации - O3 независимым от архитектуры. На вычислительной машине был отключен справочник (дополнительный модуль, хранящий информацию о местоположении кэш-строк [5]). Для тестирования "после оптимизации" был включен справочник, и использовались следующие флаги компиляции:

```
FFLAGS = -O3 -fwhole -mcpu=elbrus-4c -fcache-opt -ffast -ffast-math
```

Сравнительные результаты приведены в таблице 5.

Таблица 5: Влияние оптимизации на результаты теста FT-MPI из набора NPВ

Конфигурация	Тест	1 процесс, ГФлопс	2 процесса, ГФлопс	4 процесса, ГФлопс	8 процессов, ГФлопс	16 процессов, ГФлопс
До оптимизации	FT(B)	0.515	0.809	1.439	2.589	3.600
После оптимизации	FT(B)	0.886	1.816	3.588	6.621	10.525
Ускорение	-	1,720	2,245	2,493	2,557	2,924

Исходные коды вычислительного теста остались неизменными, но при этом удалось достичь практически 3-х кратного увеличения результатов.

Следующим шагом для получения максимально эффективного результата является использование специализированных библиотек. Для процессоров Эльбрус существует специализированная под особенности архитектуры библиотека для проведения преобразований Фурье.

В таблицах 6, 7 представлены результаты тестирования преобразований на одном вычислительном ядре процессора Эльбрус-4С при использовании специализированной оптимизированной библиотеки.

Следует учитывать, что базовая операция алгоритма преобразования Фурье (так называемая «бабочка») занимает 8 вещественных каналов, в которых запускаются комбинированные операции: $10\text{ fp} \Leftrightarrow 8\text{ fmuladd}$, поэтому теоретическая производительность составляет 8 ГФлопс на ядро.

Примеч: В таблице есть строки, где практическая производительность выше теоретической. Данный эффект возможен благодаря сокращению количества арифметических операций при обработке первых слоев (умножение на -1.0 в реальности не производится, но при расчете теоретической производительности учитывается как настоящее умножение).

Обозначения тип1-to-тип2 (N-bit) в таблице соответствуют форматам входных и результирующих данных указанной разрядности.

Таблица 6: Прямые преобразования Фурье

Тест	Производительность, ГФлопс		Теор./практ. %
	Теоретич.	Практич.	
Complex-to-Complex (16-bit)	8	6.723	84
Complex-to-Complex (32-bit)	8	6.9	86
Complex-to-Complex (64-bit)	4	4.08	97.56
Real-to-Perm (16-bit)	8	5.67	70.9
Real-to-Perm (32-bit)	8	6.299	78.7
Real-to-Perm (64-bit)	4	3.33	83.3

Таблица 7: Обратные преобразования Фурье

Тест	Производительность, ГФлопс		Теор./практ. %
	Теоретич.	Практич.	
Complex-to-Complex (16-bit)	8	6.723	84
Complex-to-Complex (32-bit)	8	8	100
Complex-to-Complex (64-bit)	4	3.98	99.5
Real-to-Perm (16-bit)	8	5.16	64.5
Real-to-Perm (32-bit)	8	6.67	83.3
Real-to-Perm (64-bit)	4	3.47	86.9

Приведенные в таблицах результаты отражают производительность вычислений на одном ядре. Для маленьких размеров данных (<2Мб - размер локального L2-кэша) эти результаты линейно масштабируются. Т.е. есть основания, например, для прямого преобразования Фурье для данных Real-to-Perm (32-bit) ожидать производительности, равной $6.299 \cdot 4 = 25,196$ ГФлопс при использовании всех четырех ядер процессора Эльрус-4С. При увеличении размеров данных и числа процессоров накладные расходы, связанные с транспортировкой данных отразятся на производительности, но тем не менее есть основания полагать, что в вычислительной платформе заложен значительный потенциал для оптимизаций.

4. Изучение особенностей работы параллельных приложений на архитектуре Эльбрус с помощью метода трассировки

Трассировка позволяет отслеживать последовательность программно-аппаратных событий, произошедших во время выполнения программы. В данной работе для проведения интерактивного качественного анализа поведения приложений применялась программа Paraver [6], которая использует для работы предварительно записанные трассы.

4.1. FT

Тест FT выполняет решение трехмерного уравнения в частных производных с использованием быстрого преобразования Фурье.

Для MPI-версии наблюдается линейный рост производительности вычислений при увеличении числа MPI-процессов с 1 до 16, поэтому оценить оптимальное число процессов для теста FT в данном случае не представляется возможным.

При моделировании использовалась MPI-версия теста, класс сложности C.

Таблица 8: Соотношение периодов вычислений и простоя для теста FT, класс сложности C

Количество процессов	Время простоя	Время активной работы
2	11.39	88.61
4	5.80	94.20
8	8.99	91.01
16	11.95	88.05

Периоды простоя и активной работы симметрично распределены по вычислительным процессам на протяжении всего времени выполнения и соответствуют времени, требуемому на синхронизацию коммуникаций (рис. 1).

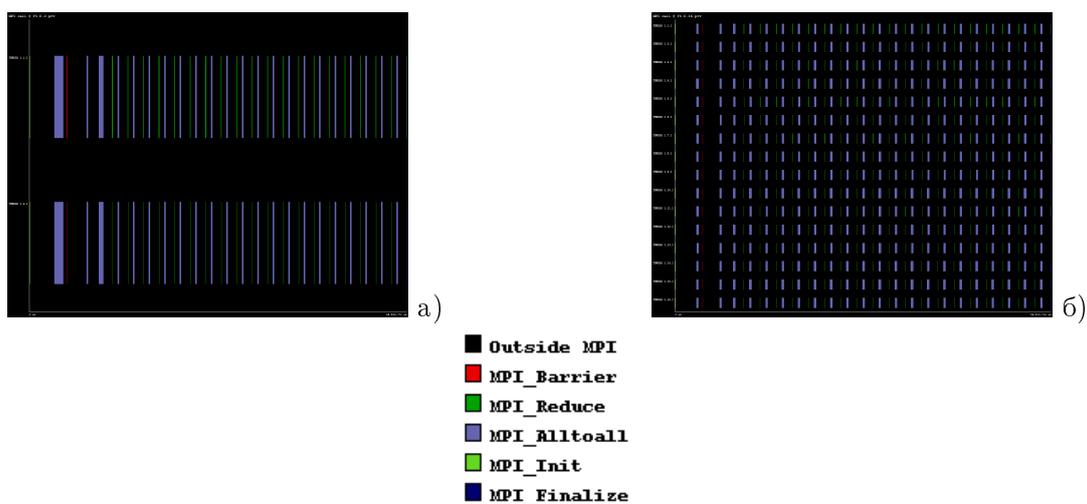


Рис. 1: Распределение периодов MPI-активности по трассе выполнения тестового приложения FT класс C; а) 2 MPI-процесса, б) 16 MPI-процессов

В связи с архитектурными особенностями для системы Эльбрус было измерено среднее количество исполненных Широких команд за такт (VLIW instructions per cycle) (вместо традиционного IPC – Instructions per Cycle). Распределение значений метрики VLIW IPC (рис. 2) довольно симметрично, что свидетельствует о хорошей сбалансированности как вычислительной нагрузки, так и коммуникационной составляющей всего процесса вычисления. Кроме того, по смещению цветовой гаммы к светло-голубым и зеленым (менее загруженным) оттенкам и исчезновению темно-синих участков (отражающих наиболее вычислительно-интенсивные участки записанной трассы), можно судить, что нагрузка выравнивается с увеличением количества задействованных ядер.

В перспективе, добавление вычислительных ядер должно привести к дальнейшему масштабированию приложения.

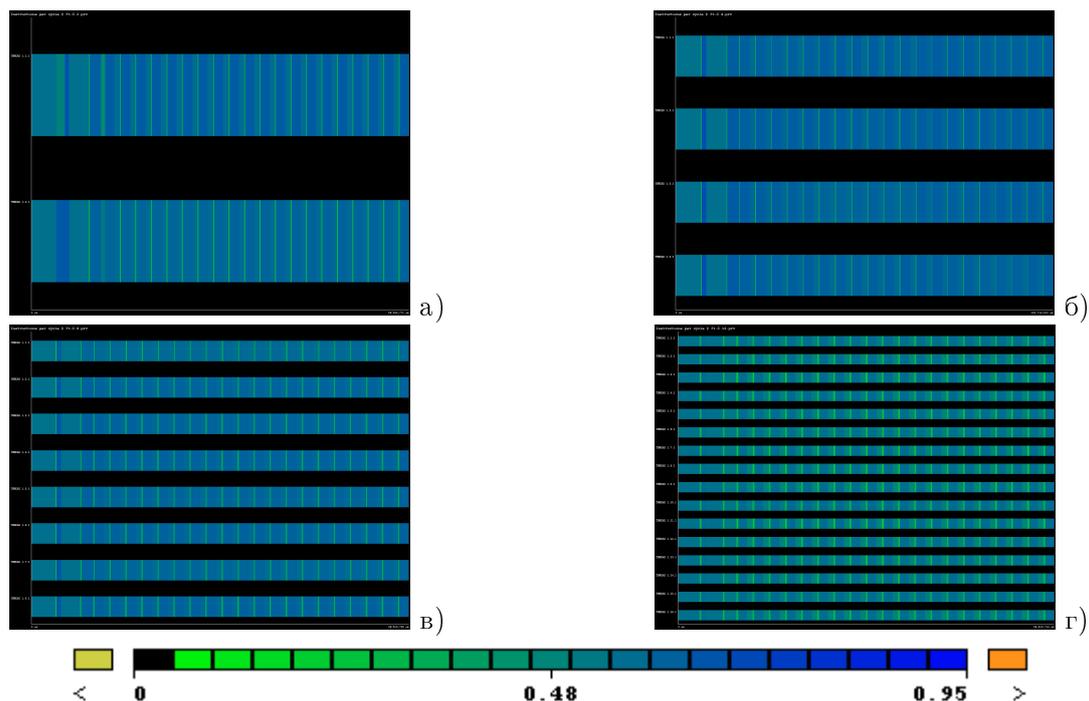


Рис. 2: Распределение метрики VLIW IPC по трассе выполнения тестового приложения FT класс C: а) 2 MPI-процесса, б) 4 MPI-процесса, в) 8 MPI-процессов, г) 16 MPI-процессов

4.2. MG

Тест MG – многоуровневая решётка (simple multigrid test). Этот тест требует хорошо структурированной организации передачи сообщений в вычислительной сети и тестирует передачу данных между узлами, как на большие, так и на маленькие расстояния, в связи с чем изучение поведения данного теста на архитектуре Эльбрус особенно интересно для оценки потенциала. При моделировании использовалась MPI-версия теста, класс сложности В. На основе трасс, представленных на графике, 3 трудно выделить различные группы MPI-процессов. Распределение периодов вычислений и вызовов различных MPI-функций для всех процессов приблизительно схоже и является более или менее равномерным.

Доминирующими среди MPI-функций являются вызовы функций, связанных с пересылкой данных, ожиданием данных и результатов вычислений, синхронизации.

Выполнение теста MG на двух узлах имеет следующий паттерн распределения вычислительной и коммуникационной нагрузки - первый процесс в основном выполняет вычисления тогда как процесс с номером 2 дополнительно за счет снижения вычислительной нагрузки осуществляет синхронизацию выполнения (отмечено красным и сиреним цветом

на рисунке 3). С увеличением количества рабочих процессов до четырех распределение нагрузки и коммуникаций выравнивается, что свидетельствует о хорошем потенциале для распараллеливания.

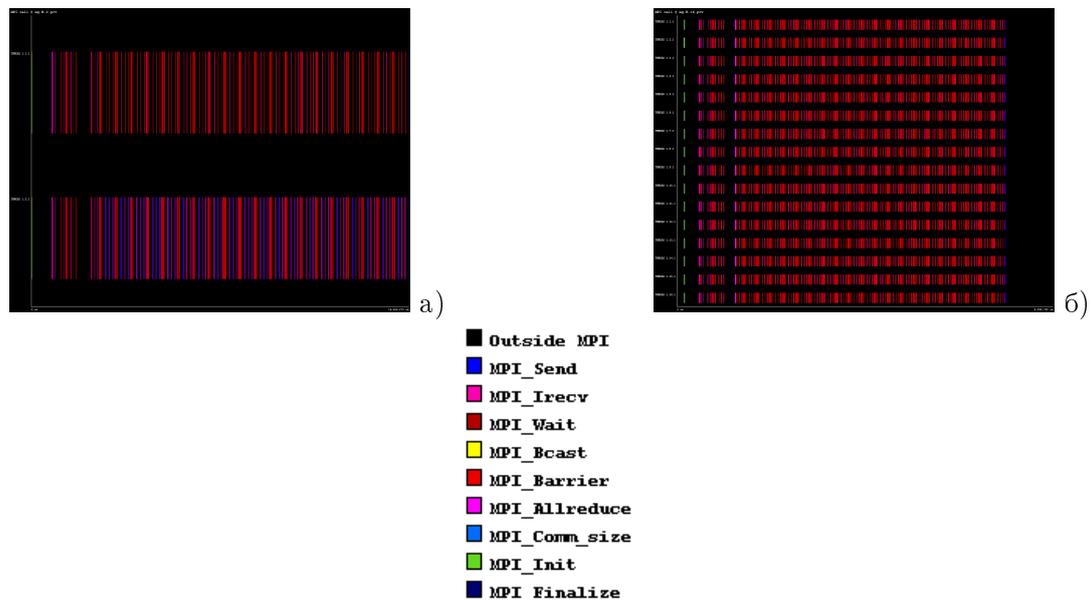


Рис. 3: Распределение периодов MPI-активности по трассе выполнения тестового приложения MG класс В; а) 2 MPI-процесса, б) 16 MPI-процессов

В отличие от тестового приложения FT для теста MG можно заметить существенное различие между нагрузкой на первый и второй процесс в случае а). С увеличением количества процессов вычислительная нагрузка выравнивается, что свидетельствует о хорошем потенциале для масштабирования на данной архитектуре и объясняет повышение эффективности на 16 ядрах.

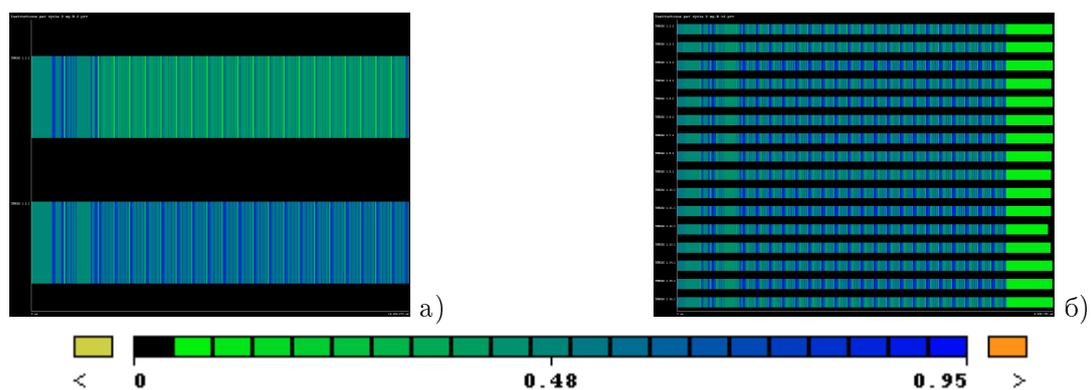


Рис. 4: Распределение метрики VLIW IPC по трассе выполнения тестового приложения MG класс В: а) 2 MPI-процесса, б) 16 MPI-процессов

5. Программа wemig2dpmi

Программа WEMIG2DMPI, входящая в программный комплекс GEOLAB [7], является реализацией ОПВ-ОПП (отдельная сейсмограмма общего пункта возбуждения, характеризуемых общим пунктом приема, или, в западной терминологии, double square root - DSR) глубинной сейсмической миграции до суммирования для профильных (2D) данных при по-

мощи обращенного продолжения волнового поля в частотной/пространственно-частотной области и формирования глубинного изображения как значения амплитуды поля на заданном уровне в “нулевой” момент времени.

Данный вычислительный модуль был также собран и запущен на архитектуре Эльбрус. График зависимости времени выполнения от количества задействованных процессоров (см. рис. 5) демонстрирует отличную масштабируемость сейсмического модуля на архитектуре Эльбрус. При количестве процессоров, превышающих количество вычислительных ядер на тестовом стенде, наблюдается снижение производительности.

На основании ускорения вычислений с увеличением задействованных ядер можно предполагать, что для приложений с аналогичной структурой на высокопроизводительной установке можно добиться высокой эффективности ускорения вычислений. Тем не менее, для получения высоких результатов производительности необходимо провести архитектурно-зависимую оптимизацию программного кода, с применением специализированных библиотек.

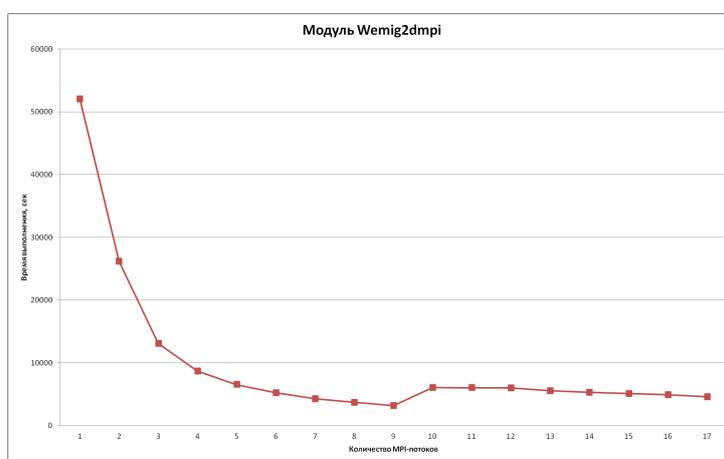


Рис. 5: Зависимость времени выполнения от количества процессов для геологического модуля Wemig2DMPI

6. Особенности архитектуры

Семейство микропроцессоров Эльбрус принадлежит классу архитектур VLIW. Основным характеризующим свойством VLIW является явно выражаемый в системе команд параллелизм исполнения элементарных операций. В машинном коде/ассемблере несколько операций организуются в Широкую Команду, всегда исполняемую в одном процессорном такте.

Такой подход упрощает разработку микропроцессора по сравнению с классом архитектур superscalar (особенно out-of-order), но перекладывает решение задачи обнаружения параллелизма на уровне инструкций на оптимизирующий компилятор (либо на разработчиков, пишущих непосредственно на ассемблере, который довольно сложен). Эффективность исполнения кода в терминах IPC (Instructions per Cycle) для Эльбрус (и любых VLIW с явной спекулятивностью) определяется для одного сеанса работы некоторого приложения следующим образом:

$$IPC(program) = \sum_{WI \in program} \frac{[\sum_{oper \in WI} prob(oper)] * C_{exec}(WI)}{Cycles(program)} \quad (1)$$

где WI – Широкая команда; $C_{exec}(WI)$ – количество исполнений Широких команд во время сеанса; $Cycles(program)$ – общее число тактов работы приложения; $prob(oper)$

– "полезность исполнения" операции – сложная числовая характеристика, обозначающая степень востребованности результата спекулятивной операции; близка по смыслу к вероятности траекторий исполнения, проходящих через текущую WI, на которых находилась операция перед спекулятивным забросом; для неспекулятивных операций $\text{prob}(\text{oper})=1.0$.

Таким образом, эффективная производительность зависит от

- наполненности ШК операциями
- высокой вероятности операций в ШК
- наличия блокировок исполнения, увеличивающих $\text{Cycles}(\text{program})$

Задача обеспечения всех положительных факторов, влияющих на производительность, возложена на оптимизирующий компилятор, но также часто может требовать дополнительных усилий от разработчиков для получения лучших результатов. Комбинируя усилия оптимизирующего компилятора и разработчика программы, на процессорах архитектуры класса VLIW можно достигать высокой производительности на широком классе алгоритмов.

7. Выводы

В данной работе мы исследовали поведение самых различных тестовых наборов, в т.ч. имитирующих работу реальных приложений. Приложения с различной структурой продемонстрировали хорошую масштабируемость. Представлены результаты, позволяющие провести сравнение с современными процессорами и системами.

Результаты трассировки и изучения структуры работы приложений, в т.ч. со сложной коммуникационной структурой позволяют наблюдать эффективную загрузженность процессоров на протяжении работы программы и тенденцию к выравниванию нагрузки при увеличении числа использованных вычислительных ядер.

Проведен анализ принципов работы архитектуры, позволяющий лучше понять сильные стороны и узкие места. Дана оценка влияния мероприятий по оптимизации на производительность программы. Показано, что в вычислительной платформе заложен значительный потенциал, который может позволить добиться перспективных результатов при проведении тщательной оптимизации и использовании специализированных библиотек. В продолжении работы мы планируем провести архитектурно-зависимую оптимизацию программы обработки данных сейсмической разведки и оценить результаты.

В перспективе, добавление вычислительных ядер должно привести к дальнейшему масштабированию приложения. Проведенный анализ свидетельствует о хорошем потенциале для дальнейшего увеличения размерностей задач при потенциальном увеличении количества узлов на тестовом стенде.

Литература

1. Микропроцессор Эльбрус-4С [Электронный ресурс] / Техническая спецификация // Режим доступа: <http://www.mcst.ru/mikroprocessor-elbrus4s> - 20.05.2016;
2. Luszczek, P. et al. The HPC Challenge (HPC) benchmark suite [Текст.] / P. Luszczek, et al. // Proceedings of the 2006 ACM/IEEE conference on Supercomputing - 2006 - ACM, New York, USA - Article No. 213 - 105 p.
3. Heroux, M.A., Dongarra, J.J., Toward a New Metric for Ranking High Performance Computing Systems [Текст.]: Технический доклад / M.A. Heroux, J.J. Dongarra // Technical Report, University of Tennessee, 2013 – 12 p
4. Bailey, D. et al. The NAS Parallel Benchmarks [Текст.]: Технический доклад / D. Bailey et al. // Moffett Field, NASA Ames Research Center, 1994 - 79 p.;

5. Петров И.А., Шерстнёв А.Е. [Текст.] Реализация справочника для аппаратной поддержки когерентности в вычислительном комплексе на базе микропроцессора "Эльбрус-2S". / Вопросы радиоэлектроники, сер. ЭВТ, 2011, вып. 3
6. Paraver, Performance Analysis Tools: Details and Intelligence; URL: <http://www.bsc.es/computer-sciences/performance-tools/paraver>, access date: 01.06.2016
7. Технология и программное обеспечение GEOLAB [Электронный ресурс] <http://geolab-it.ru/ru/technology-ru.html>

The Elbrus Platform Feasibility Assessment for High-Performance Computations

S.S. Konuhov¹, E.O. Tyutlyaeva¹, I.O. Odintsov¹, A.A. Moskovsky¹
ZAO RSC Technologies¹

This paper examines the feasibility of using the Elbrus platform for development an high-performance cluster. We report results of most representative HPC benchmarks (NPB, HPCC, HPCG) and present the analysis of data. The test bench node equipped with four MCST Elbrus-4C processors and DRAM DDR3 with total capacity 48 Gb. Furthermore, paper demonstrates performance analyzes based on traces for FT and MG tests from NPB benchmark set using Paraver tool. Performance analytics modules extracts MPI communications schemes as well as some internal performance counters, like number of instructions per cycle, MIPS etc. Moreover, paper describes scalability investigation of geological applications by downhole seismic migration example. Based on the reasoning, the Elbrus platform feasibility assessment for high-performance computations done. Benchmark results shows, that the code customization to enable platform-specific optimizations required for the best performance. Nevertheless, the scalability analysis demonstrates, that most tests are linearly scalable within a certain system size range.

Keywords: HPC Benchmarking, The Elbrus Platform, Scalability analysis

References

1. The Elbrus CPU technical specification // Access: <http://www.mcst.ru/mikroprocessor-elbrus4s> - 20.05.2016;
2. Luszczek, P. et al. The HPC Challenge (HPCC) benchmark suite / P. Luszczek, et al. // Proceedings of the 2006 ACM/IEEE conference on Supercomputing - 2006 - ACM, New York, USA - Article No. 213 - 105 p.
3. Heroux, M.A., Dongarra, J.J., Toward a New Metric for Ranking High Performance Computing Systems / M.A. Heroux, J.J. Dongarra // Technical Report, University of Tennessee, 2013 – 12 p
4. Bailey, D. et al. The NAS Parallel Benchmarks [Текст]: Technical report / D. Bailey et al. // Moffett Field, NASA Ames Research Center, 1994 - 79 p.;
5. Petrov I., Sherstnev A., Realization of a directory for hardware support of coherence in the computer system on the basis of microprocessor "Elbrus-2S" / Questions of radio-electronics, 2011, Issue 3;
6. Paraver, Performance Analysis Tools: Details and Intelligence; URL: <http://www.bsc.es/computer-sciences/performance-tools/paraver>, access date: 01.06.2016
7. Technology and the GEOLAB Software access: <http://geolab-it.ru/ru/technology-ru.html>