

Андрей Парфёнов

Отечественная гетерогенная вычислительная платформа нового поколения

Одно из решений задачи повышения вычислительной производительности связано с применением платформ с гетерогенной архитектурой, позволяющих более эффективно задействовать вычислительные ресурсы процессоров, графических ускорителей и программируемых логических интегральных схем. Представленная в статье отечественная вычислительная платформа нового поколения способна одновременно задействовать модули с различными архитектурами в различных конфигурациях. В статье приведён пример решения задачи формирования диаграмм направленности гидроакустических антенн с помощью вычислительной системы, построенной на базе разработанной платформы.

РОССИЙСКАЯ ГЕТЕРОГЕННАЯ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ПЛАТФОРМА – ДОСТОЙНЫЙ ОТВЕТ ОТЕЧЕСТВЕННОЙ РАДИОЭЛЕКТРОННОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

В России создана новая современная вычислительная платформа с гетерогенной архитектурой (далее – платформа, или ГВП), являющаяся результатом кропотливого труда коллектива АО «НИИВК им. М.А. Карцева», а также специалистов целого ряда высокотехнологических предприятий радиоэлектронной отрасли.

Целью проекта являлось создание гибкого, удобного, универсального инструмента, на базе которого можно было бы строить проблемно-ориентированные аппаратно-программные комплексы для проведения широкого спектра высокопроизводительных вычислений при решении задач в таких научно-технических областях, как радиолокация, гидроакустика, геология, метеорология, обработка естественных языков, изображений, автоматизация технологических процессов, построение информационно-управляющих систем, финансы и целый ряд других областей.

ОСОБЕННОСТИ И ПРЕИМУЩЕСТВА ГВП

Применение платформы в широком спектре приложений обеспечивается за счёт возможности одновременного использования и совместной работы в её составе процессоров наиболее распространённых архитектур, к которым относятся центральные процессоры (CPU), графические ускорители (GPU), программируемые логические интегральные схемы (ПЛИС), процессоры отечественных разработок архитектуры «Эльбрус», MIPS «Байкал». Отечественная вычислительная платформа позволяет создавать масштабируемые многопроцессорные системы, оптимальным образом конфигурируемые для конкретных прикладных задач. В состав комплекта базовых модулей платформы также входят интерфейсные модули, модули памяти, коммутации, вторичного электропитания.

Немаловажную роль играет то, насколько платформа компактна, имеет ли она достаточную производительность, показатели надёжности, совместимость с другими техническими средствами, стандартные конструктивные решения, наборы интерфейсов связи,

КПД, эффективную систему теплоотвода.

Большинство из перечисленных характеристик успешно реализованы в созданной платформе.

Платформа построена на базе открытой спецификации CompactPCI Serial, разработанной международным консорциумом, состоящим на сегодняшний день более чем из 300 компаний, которые совместно разрабатывают открытые спецификации для телекоммуникационных и промышленных вычислительных систем. Спецификация CompactPCI Serial, получившая широкое распространение, в том числе и в России, обладает целым рядом преимуществ:

- унифицированная и стандартизированная несущая конструкция;
- развитая система резервирования;
- поддержка режима «горячей» замены модулей;
- повышенная устойчивость к внешним воздействующим факторам (климатическим и механическим);
- эффективная система охлаждения;
- инвариантность;
- кросс-платформенная обратная совместимость.



Рис. 1. Исполнение платформы с вентиляторным охлаждением для установки в 19" стандартную стойку



Рис. 2. Исполнение платформы с кондуктивным отводом тепла

Все перечисленные преимущества позволяют достигать высоких технических, эксплуатационных и экономических характеристик, обеспечивая конкурентоспособность итогового продукта.

Первая спецификация CompactPCI была выпущена в 1999 году и за эти годы претерпела ряд преобразований, в результате чего была существенно увеличена пропускная способность по всем типам каналов обмена данными.

Так, в созданной платформе благодаря техническим решениям, основанным на применении шины PCI Express в качестве основной шины передачи данных между модулями платформы, суммарная максимальная пропускная способность внутри блока может достигать 640 Гбит/с.

Существенным преимуществом разработанной технологии по отношению к зарубежным аналогам является её применение в качестве доверенной платформы, с точки зрения минимизации рисков технологической зависимости, информационной безопасности, гарантированной технической поддержки в течение всего срока эксплуатации.

ГВП позволяет строить аппаратно-программные комплексы производительностью до 5 Тфлопс, в том числе благодаря использованию оригинальных алгоритмов параллельно-конвейерной обработки данных при создании специализированного прикладного программного обеспечения. Стоимость 1 Тфлопс при этом в 2...4 раза ниже, чем у альтернативных платформ (StarVX, VPX Continuum HPEC и др.).

ГВП имеет возможность масштабирования вычислительной производительности за счёт объединения нескольких изделий. Так, например, система из шести объединённых блоков позволяет обеспечить максимальную пиковую производительность до 15...18 Тфлопс (без резервирования) и до 9 Тфлопс (с резервированием). Об-



Рис. 3. Исполнение платформы с гибридным отводом тепла

мен данных между блоками осуществляется с помощью интерфейсов PCI Express (до 32 Гбит/с) и 10 Gigabit Ethernet.

Платформа поддерживает зарубежные и отечественные операционные системы Linux Debian, Linux Ubuntu, Astra Linux 1.3 Смоленск, MCBC 5.0.

При этом платформа удовлетворяет требованиям стойкости к широкому диапазону параметров внешних воздействующих факторов, электромагнитной совместимости и радиоэлектронной защиты.

ГВП разработана в нескольких исполнениях, расширяющих возможности её применения как в стационарных отапливаемых помещениях при создании центров обработки данных, автоматизированных систем сбора данных и управления (рис. 1), так и в жёстких условиях эксплуатации, характерных для аппаратуры, применяемой на подвижных объектах специального назначения, включая современные пилотируемые и беспилотные транспортные средства, автономные робототехнические комплексы и др. (рис. 2). Также для задач, где требуется отводить большое количество тепла от корпуса, разработано исполнение платформы с гибридным отводом тепла (тепло, выделяемое при работе модулей, отводится на корпус, который принудительно охла-

дается двумя вентиляторами). Платформа в данном исполнении способна отводить до 600 Вт выделяемой тепловой мощности при габаритных размерах 215×435×480 мм (рис. 3).

Вычислительный комплекс для формирования диаграммы направленности гидроакустических антенн

Одним из перспективных направлений применения платформы является решение прикладных задач гидроакустики. В качестве примера реализации совместной работы процессорных модулей и модулей графических ускорителей в составе платформы сотрудниками НИИВК было создано программное обеспечение, имитирующее процессы формирования диаграммы направленности гидроакустических антенн.

Для реализации совместного взаимодействия процессорных модулей архитектуры x86 и модулей графического процессора при написании программы были задействованы инструментальные средства открытого стандарта OpenMP (Open Multi-Processing) и программно-аппаратной архитектуры параллельных вычислений CUDA (Compute Unified Device Architecture).

Основное окно программы представлено на рис. 4. Программа позволяет

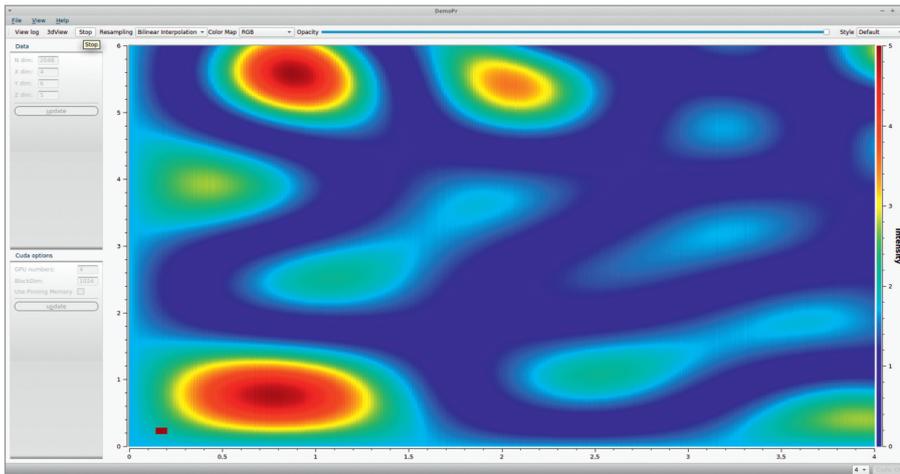


Рис. 4. Основное окно программы

сравнить вычислительную производительность вторичной обработки гидроакустической информации, достигаемую при использовании параллельных вычислений на нескольких процессорах (используется технология OpenMP), с производительностью, достигаемой при использовании технологии CUDA для одного или нескольких графических ускорителей (до 8 ускорителей). При этом тестирование производительности может быть выполнено двумя способами:

- в первом случае выполняется однократное вычисление, по окончании которого на панель статуса выводится информация о затраченном времени (в том числе на вывод графической информации);
- во втором случае пользователем запускается тест производительности, результатом которого будут изменения производительности при использовании GPU и достигнутые при этом

значения производительности, выраженные в Гфлопс (рис. 5).

Входными данными для программы являются результаты первичной обработки гидроакустической информации. Эти результаты представляются в виде файлов комплексных чисел, описывающих матрицы X и Y размером N×N. Файл для матрицы X является переменным, файл для матрицы Y является постоянным. В основном окне программы пользователю предоставляется возможность установить размеры для переменной и постоянной матриц. Затем при нажатии на кнопку Start запускается процесс вычисления: считывание очередной матрицы с данными, её обработка – и процесс построения графика спектрограммы (рис. 4).

Программа также предоставляет возможность представления спектрограммы в трёхмерном виде (рис. 6).

В результате выполнения программы пользователь может наблюдать за изме-

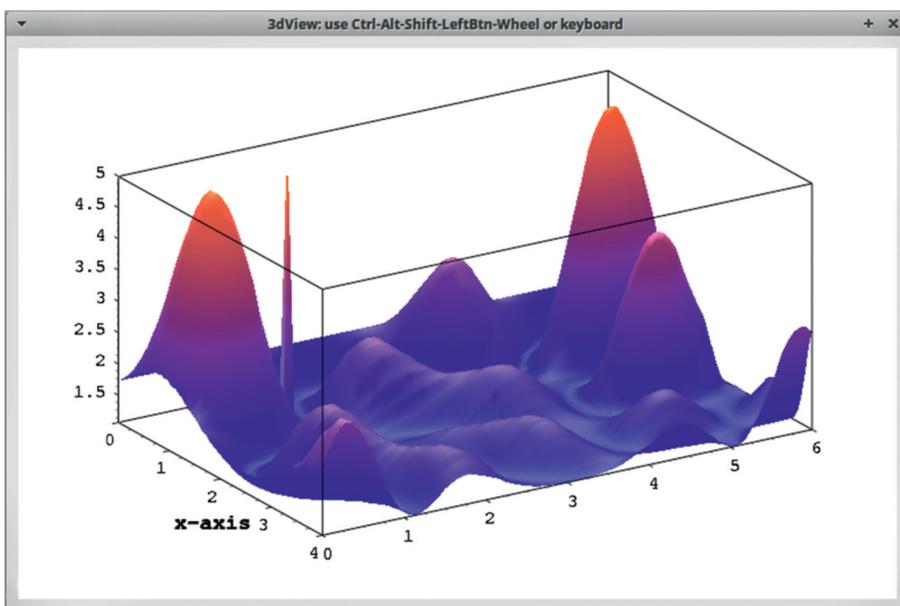


Рис. 6. Трёхмерное отображение спектрограммы

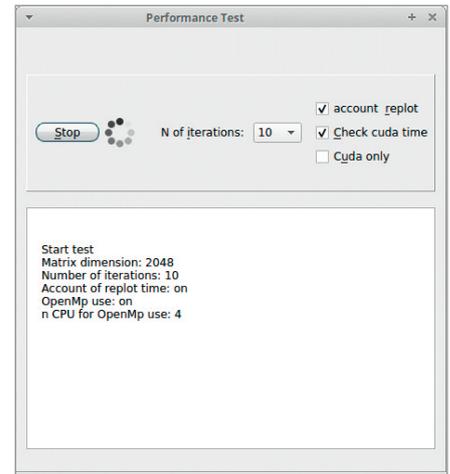


Рис. 5. Вид окна теста производительности

нением спектрограммы как в двумерном, так и в трёхмерном виде, а также оценить среднее время, затрачиваемое на обработку одного фрейма данных (включающее время перерисовки).

ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ

По ряду экспертных оценок, принятый за основу технологический стандарт полностью соответствует современным требованиям, предъявляемым к вычислительной технике, и будет актуален в ближайшие 15–20 лет, что обеспечит не только высокую совместимость, но и продолжительный жизненный цикл технологии. По мере появления новых типов процессоров стандарт позволяет расширять номенклатуру применяемых модулей, гармонично интегрируя их в состав системы, эволюционно развивая её возможности.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Можно с уверенностью говорить о том, что разработанная платформа обладает набором качеств, предоставляющих возможность на высоком современном уровне удовлетворить требования широкого круга потребителей специальной встраиваемой вычислительной техники.

В условиях обострения внешнеполитической обстановки, введения ограничений на поставку электронной компонентной базы, материалов и технологий сегодня особенно важно, что российские потребители не теряют возможности применять современную отечественную вычислительную технику, не уступающую зарубежным аналогам. ●

**Автор – сотрудник
АО «НИИВК им. М.А. Карцева»
Телефон: (495) 330-0929
E-mail: postoffice@niivk.ru**

SEZAM

ТАМ, ГДЕ ИБП БЕССИЛЬНЫ



Сетевой защитный модуль SEZAM

Параметры

- вход 220, 380 В
- мощность 3, 5, 10, 15 кВт
- рассеиваемая энергия импульсов перенапряжения до 20 кДж

Защита от

- повышенного напряжения
- импульсов от 4,5 до 10 кВ и разрядов молнии
- последствий обрыва нулевого провода
- преднамеренных электромагнитных воздействий

PROSOFT®

ОФИЦИАЛЬНЫЙ ДИСТРИБЬЮТОР

(495) 234-0636
INFO@PROSOFT.RU

WWW.PROSOFT.RU