

АППАРАТНЫЕ СРЕДСТВА БЫСТРОЙ ОБРАБОТКИ ИЗОБРАЖЕНИЙ

Р.А. Булдыгин, С.Г. Цапко
Томский Политехнический Университет
buldo@tpu.ru

Введение

Одной из задач проекта Ultrafast X-ray imaging of scientific processes with online assessment and data-driven process control(UFO2) является высокоскоростная томографическая реконструкция. Объем экспериментальных данных для одного снимка составляет 24ГБ. Обработка такого массива данных силами одного лишь CPU занимает до 32 часов. Очевидно, что такая скорость обработки слишком мала и не соответствует целям проекта. Скорость обработки зависит как от аппаратного обеспечения, так и от алгоритмов программного обеспечения. На текущий момент максимальной скорости обработки можно достичь выбрав и адаптировав ПО под правильное аппаратное обеспечение или же перенести часть задач обработки на аппаратное обеспечение. При решении задачи ускорения цифровой обработки изображений стоит рассматривать следующее аппаратное обеспечение – графические процессоры(GPU), программируемые логические интегральные схемы(FPGA) и цифровые сигнальные процессоры(DSP).

GPU

В 2007 году компания NVidia произвела небольшую революцию в сфере параллельных вычислений, представив технологию NVidia CUDA. Именно с этого момента технологии вычислений общего назначения на графических процессорах начали бурный рост.

Вычисления общего назначения на графических процессорах – использование графического процессора(GPU), который обычно используется для обработки только компьютерной графики, для задач, традиционно решаемых на центральном процессоре.

Любой GPU обеспечивает функционально полный набор операций, выполняемых над произвольными данными. Кроме того, использование нескольких графических ускорителей в одном компьютере или большего числа графических чипов в одном ускорителе ещё более увеличивает уровень параллельности выполнения вычислительных задач.

Графические процессоры предназначены специально для работы с графикой и таким образом являются очень ограниченными в операциях и программировании. Благодаря своей конструкции, графические процессоры эффективны только для проблем, которые могут быть решены с использованием обработки потока и могут быть использованы только определенным образом.

Современные графические ускорители обеспечивают производительность в 515,2 гигафлопс при вычислениях с двойной точностью.

FPGA

Field-Programmable Gate Array или программируемая пользователем вентильная матрица - полупроводниковое устройство, которое может быть сконфигурировано производителем или разработчиком после изготовления; отсюда название: «программируемая пользователем». FPGA программируются путём изменения логики работы принципиальной схемы, например, с помощью исходного кода на языке проектирования (типа VHDL), на котором можно описать эту логику работы микросхемы. FPGA является одной из архитектурных разновидностей, программируемых логических интегральных схем (ПЛИС).

FPGA могут быть модифицированы практически в любой момент в процессе их использования. Они состоят из конфигурируемых логических блоков, подобных переключателям с множеством входов и одним выходом (логические вентили или gates).

Платы расширения формата PCI-E с FPGA позволяют создавать высокопроизводительные системы обработки данных. Однако в данном случае разработка требует специальных знаний, так как требуется аппаратная реализация алгоритма обработки и написание драйвера для работы операционной системы с платой обработки данных.

DSP

DSP или цифровой сигнальный процессор - специализированный микропроцессор, предназначенный для цифровой обработки сигналов в реальном масштабе времени.

Архитектура сигнальных процессоров, по сравнению с микропроцессорами общего применения, имеет некоторые особенности, связанные со стремлением максимально ускорить выполнение типовых задач цифровой обработки сигналов таких как (цифровая фильтрация, преобразование Фурье, поиск сигналов и т. п.). Математически эти задачи сводятся к поэлементному перемножению элементов многокомпонентных векторов действительных чисел, последующему суммированию произведений (например, в цифровой фильтрации выходной сигнал фильтра с конечной импульсной характеристикой равен сумме произведений коэффицентов фильтра на вектор выборки сигнала, аналогичные вычисления производятся при поиске максимумов корреляционных и автокорреляционных функций выборки сигналов). Поэтому сигнальные процессоры оптимизированы по быстро-

действию для выполнения именно таких операций. И DSP ориентированы, в первую очередь, на многократное выполнение умножения с расчётом «на лету» адресов перемножаемых элементов массивов.

Intel Many Integrated Core

Intel MIC - архитектура многоядерной процессорной системы, разработанная Intel. В основе архитектуры Intel MIC лежит классическая архитектура x86. Один чип, построенный на данной архитектуре, содержит до 72 ядер, каждое из которых способно исполнять 4 потока. Архитектура x86 выгодно отличает данное решение от описанных выше – разработанное ранее для исполнения на многоядерных CPU ПО требует минимальные модификации для запуска на Intel MIC.

Заключение

На данный момент мощностей CPU хватает для обработки изображений в реальном времени только по самым простым алгоритмам. Сложные алгоритмы, как и большие потоки данных требуют использования подходящих аппаратных средств. Доступная информация позволяет сделать определённые выводы и рекомендации по использованию вышеперечисленных типов аппаратного обеспечения:

- Вычисления на GPU имеют самый низкий порог вхождения, так как каждый компьютер имеет графический адаптер и большинство современных GPU поддерживают GPGPU. В случае, когда необходимо с меньшими затратами ускорить выполнение какой-либо обработки больших массивов информации, можно рекомендовать использовать GPGPU.
- Использование FPGA может ускорить обработку изображений даже больше, чем GPGPU, однако для использования FPGA в составе ПК необходимы дорогостоящие платы расширения. Так же от разработчика требуется большая квалификация. FPGA стоит использовать либо в случае, когда решается крайне специфичная и не меняющаяся со временем задача обработки или при создании автономного устройства, обеспечивающего обработку.
- Использование DSP выглядит как некий компромисс между использованием CPU и FPGA. Для ПК, DSP для обработки изображений так же является отдельной платой расширения, которую необходимо запрограммировать, однако её программирование проще и происходит на широко распространённых языках программирования, в отличие от FPGA. Использование DSP макси-

мально оправдано в случае мобильной разработки, так как во многие мобильные процессоры встроены DSP.

Для ускорения обработки экспериментальных данных в проекте UFO2 применяется связка FPGA и GPU.

FPGA используется как интерфейс к памяти устройства захвата изображения, а так же для первичной обработки изображений в реальном времени.

Использование GPU позволило сократить время томографической реконструкции с 31 часа до 5 минут.

Литература

1. StreamComputing | OpenCL vs CUDA Misconceptions – StreamComputing [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://streamcomputing.eu/blog/2011-06-22/opencl-vs-cuda-misconceptions/>, свободный.
2. Development Kits, Daughter Cards & Programming Hardware [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.altera.com/products/devkits/kit-index.html>, свободный
3. Video and Image Processing Design Using FPGAs [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.altera.com/literature/wp/wp-video0306.pdf>, свободный.
4. PCIe DSP Card – Advantech [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.advantech.com/products/PCIe-DSP-Card/sub_Half-length_PCIe_Card1.aspx, свободный.
5. 19. Image Processing : a DSP application [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.scss.tcd.ie/Rozenn.Dahyot/pdf/TCD2003_edge%20detection_lecture.pdf, свободный
6. CUDA Based Performance Evaluation of the Computational Efficiency of the DCT Image Compression Technique on Both the CPU and GPU [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://arxiv.org/abs/1306.1373>, свободный.
7. Final Report 'UFO – Ultra fast X-ray imaging of scientific processes with on-line assessment and data-driven process control' [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.ipe.kit.edu/img/Fachgruppe_PD_V/ufo1-report-2013.pdf, свободный.