

УДК 004.272.32

МЕТОД ИЗМЕРЕНИЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЦЕНТРАЛЬНОГО И ГРАФИЧЕСКОГО ПРОЦЕССОРОВ

К. т. н. О. В. Олещук

Одесский национальный политехнический университет
Украина, г. Одесса
logos104@gmail.com

Рассмотрен вопрос измерения энергозатрат при выполнении произвольных вычислений с использованием разных аппаратных средств, в частности, на графическом ядре. Выведены формулы для предварительной оценки энергетической эффективности вычислителя. Показано, что графический процессор по энергетической эффективности значительно превосходит центральный процессор при решении задач с высоким естественным параллелизмом.

Ключевые слова: энергосберегающие технологии, CUDA, GPGPU.

Одним из способов ускорения вычислительных процессов является их распараллеливание с использованием технологии GPGPU (General purpose graphics processing units) – графического процессора общего назначения. GPGPU – это технология использования графического процессора видеокарты (GPU), ранее применявшегося только в компьютерной графике, для выполнения расчетов, которые обычно производит центральный процессор. В настоящее время существует несколько моделей программирования GPU и соответствующих программных технологий, обеспечивающих прямой доступ к аппаратным возможностям видеокарт. Одной из них является технология CUDA [1]. CUDA – это программно-аппаратная архитектура, которая позволяет выполнять вычисления с использованием графических процессоров NVIDIA, поддерживающих технологию GPGPU.

Первоочередной целью переноса вычислений на GPU, как правило, является получение существенного прироста производительности. Но, как оказалось, архитектура GPU обладает еще одним важным свойством – высокой энергетической эффективностью. Основными предпосылками для этого являются два фактора:

- большая часть площади кристалла GPU отведена под АЛУ, занимающиеся непосредственно обработкой данных, а не задачами управления последовательностью команд;
- за счет массового параллелизма вычислений появляется возможность снижения частоты и, как следствие, энергопотребления с сохранением высокой производительности.

В [1–3] существует достаточно большой объем материалов, касающихся вопросов производительности технологии CUDA, но вопросам энергетической эффективности CUDA и возможностям ее измерения до сих пор не уделялось достаточно внимания. Целью данной работы является разработка метода, который позволяет без использования специализированных измерительных средств определить энергетическую эффективность готового программного решения, базирующегося на технологии CUDA, и сравнение их с реализацией, использующей в качестве вычислителя CPU.

В качестве аппаратной платформы для исследований предлагается использовать портативные ЭВМ. Поскольку непосредственное измерение и фиксация мощности, потребляемой в ходе эксперимента, потребовало бы наличия измерительной аппаратуры, то было принято решение оценивать энергопотребление косвенными методами. В данном случае было сделано допущение, что зарядная емкость аккумулятора существенно не изменяется в течение эксперимента. Тогда в режиме работы от аккумулятора время, в течение которого аккумулятор перейдет из полностью заряженного в состояние максимально разряженного, будет прямо пропорционально мощности, потребленной в течение данного интервала времени.

С программной точки зрения современные операционные системы предоставляют набор API-функций для получения информации об электропитании, в частности об актуальном уровне заряда

аккумулятора. Этот показатель позволяет оценивать процесс потребления энергии, периодически сопоставляя момент времени с оставшимся зарядом аккумулятора.

При использовании такого подхода к измерению энергопотребления необходимо обеспечить равномерную, заранее известную нагрузку на процессорные элементы. CPU и/или GPU следует нагрузить повторяющимся выполнением одних и тех же математических операций над одними и теми же данными на протяжении всего цикла разрядки аккумулятора. Варьируя набор выполняемых операций и их количественные характеристики, а также задействованную аппаратную и программную платформу, можно отследить их влияние на энергопотребление.

Таким образом, каждый цикл разрядки аккумулятора представляет собой один заход эксперимента, в течение которого все входные параметры и алгоритмы вычислений остаются неизменными. Данными для последующего анализа к каждому такому заходу является набор значений

$$D_k=(t_k, Q_k),$$

где k – порядковый номер измерения в диапазоне $1 \dots K$;
 t_k – момент времени, в который проведено измерение;
 Q_k – оставшийся заряд аккумулятора в момент времени t_k ;
 K – количество измерений.

График разрядки аккумулятора носит ярко выраженный линейный характер, следовательно, зависимость между уровнем заряда и временем автономной работы можно записать в виде

$$Q_k=a+bt_k+\varepsilon_Q, \quad (1)$$

где a, b – коэффициенты линейной регрессии;
 ε_Q – погрешность изменения заряда.

Наиболее интересен с исследовательской точки зрения параметр b , т.к. он определяет, как быстро разряжается аккумулятор с течением времени. Значение коэффициента b всегда отрицательно. Большее по модулю значение соответствует более энергозатратным вычислениям.

Для определения скалярных показателей зависимости (1) имеет смысл использовать метод наименьших квадратов. Тогда параметр b будет определяться по формуле

$$b = \frac{(\overline{Qt} - \overline{Q}\overline{t})}{(\overline{t^2} - (\overline{t})^2)}.$$

Проведенные испытания на конкретных вычислительных моделях показали, что при правильно подобранных параметрах, позволяющих достичь максимально полной загрузки вычислителя, энергетическая эффективность GPU на 33% выше энергетической эффективности CPU. Причем в данной серии экспериментов не учитывался тот факт, что для задач с высоким естественным параллелизмом вычислительная мощность GPU намного выше, чем у CPU. Таким образом, графический процессор и технология CUDA можно рекомендовать в качестве программно-аппаратной платформы для построения энергоэффективных вычислительных систем.

ИСПОЛЬЗОВАННЫЕ ИСТОЧНИКИ

1. CUDA Zone. http://www.nvidia.ru/object/cuda_home_new_ru.html (Last access: 08.02.2014).
2. Изов П. Ю., Суханов С. В., Головашкин Д. Л. Технология реализации нейросетевого алгоритма в среде CUDA на примере распознавания рукописных цифр // Москва: Институт систем обработки изображений РАН «Компьютерная оптика». — Т. 34, № 2. — 2010. — С. 243–251.
3. Олешук О. В., Попель О. Є., Копитчук М. Б. Моделювання повнозв'язної нейронної мережі з використанням технології CUDA. // Вісник Національного університету «Львівська політехніка». — № 747. — 2012. — С. 131–139.

O. V. Oleshchuk

A method for measuring CPU and GPU energy efficiency.

The author considers the question of measuring the energy consumption while carrying out arbitrary computations using different hardware, in particular, a GPU. The formulas have been deduced for a preliminary assessment of energy efficiency of the calculator. It is shown that the graphics processor significantly exceeds CPU by the energy efficiency when resolving problems with high natural parallelism.

Keywords: *energy-saving technology, CUDA, GPGPU.*