

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ АППАРАТНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ ПЕРСОНАЛЬНОГО КОМПЬЮТЕРА НА ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬ И ЭНЕРГОПОТРЕБЛЕНИЕ

К.М. Ханкин

ASSESSMENT OF ACPI IMPACT ON PERFORMANCE AND POWER USAGE

K.M. Khankin

Приведены результаты экспериментов по оценке влияния аппаратной технологии энергосбережения ACPI и других энергосберегающих технологий на потребление электроэнергии при различных нагрузках и на производительность.

Ключевые слова: ACPI, энергопотребление, энергосбережение.

Assessment of the ACPI technology impact on power usage and performance with various workload experiment results are given in this article.

Keywords: ACPI, power usage, power saving.

Введение

В настоящее время остро стоит проблема эффективного использования и сбережения ресурсов. С распространением компьютеров и увеличением масштабов их использования растет и необходимость экономии электроэнергии. Так, например, вычислительный кластер ЮУрГУ «Infinity» обладает энергопотреблением 8,4 кВт·ч [1]. При нынешней рыночной цене на электроэнергию (~4 руб./кВт·ч) получается, что час работы этой вычислительной системы обходится в 33,6 руб., сутки – 806 руб., год – 294 336 руб. Причем кластер «Infinity» обладает сравнительно скромной на сегодняшний день производительностью – 270 Gflops [1]. Производительность, отнесенная к энергопотреблению, даст цифру 32,1 Gflops/кВт·ч, стоимость Gflops по энергопотреблению – 0,12 руб./Gflops. Для сравнения: для более современного кластера ЮУрГУ «СКИФ-Аврора» удельная производительность (на кВт·ч) оценивается в 200 Gflops/кВт·ч при производительности 24 Tflops [2], то есть энергопотребление равно 120 кВт·ч, а стоимость Gflops по энергопотреблению – 0,02 руб./Gflops. Падение стоимости Gflops по энергопотреблению можно объяснить общим повышением уровня технологий и специальными мерами, направленными на снижение энергопотребления кластера «СКИФ-Аврора» (жидкостное охлаждение, твердотельные накопители, гибридные вычислительные узлы и т. д.). Однако хотя

энергозатраты на 1 Gflops падают, повышается производительность. Час работы «СКИФ-Аврора» обойдется уже в 480 руб., сутки – 11 520 руб., год – 4 204 800 руб. Снижение энергопотребления даже на 10 % дает экономии в 420 480 руб. в год или 35 тыс. руб. в месяц.

Технологии управления питанием развиваются давно. Исторически первым был стандарт APM (Advanced Power Management) – программный интерфейс (API) для управления питанием. Стандарт был разработан в 1992 году компаниями Intel и Microsoft, в 1996 году была выпущена последняя версия стандарта 1.2. На данный момент современные операционные системы и аппаратные платформы этот стандарт не реализуют, он является устаревшим [3].

Современным интерфейсом управления питанием является ACPI (Advanced Configuration and Power Interface). Последняя опубликованная версия спецификации – 4.0a от 5 апреля 2010 года [4]. В спецификации определяются состояния процессора, периферийных устройств, ранжируются состояния сна и производительности. Снижение энергопотребления влечет за собой либо потерю функциональности, либо потерю производительности. Однако для нагруженных вычислительных систем такое поведение нежелательно и часто невозможно. Появляется задача оценки влияния технологий энергосбережения на реальное потребление энергии и на производительность с целью вы-

Ханкин Константин Михайлович – аспирант кафедры электронных вычислительных машин, Южно-Уральский государственный университет; hc@comp.susu.ac.ru

Khankin Konstantin Michayilovich – post-graduate student of Electronic Computers Department, South Ural State University; hc@comp.susu.ac.ru

яснить возможность и границы использования технологии ACPI для энергосбережения нагруженных вычислительных систем. Проблема влияния энергосбережения на производительность заключается также и в том, что при определенном соотношении выигрыша по потреблению и проигрыша по производительности теряется экономический эффект от энергосбережения. Например, если экономия 20 % электроэнергии приводит к 50 %-ному падению производительности, то суммарные затраты возрастут на 60 %: при работе в течение t ч на мощности x кВт система потребит tx кВт · ч, при работе в течение $2t$ ч на мощности $0,8x$ кВт – 1,6 кВт. Поэтому важно оценить влияние технологий энергосбережения и на энергопотребление системы, и на ее производительность.

Описание эксперимента

Для оценки проведем следующий эксперимент: возьмем вычислительную систему и будем задавать ей на исполнение одну и ту же преимущественно вычислительную задачу. Будем снимать показания потребляемой мощности при использовании и без использования технологий энергосбережения. Снимаемые данные будем соотносить с этапом работы вычислительной системы, что позволит оценить влияние ACPI и на работу аппаратной составляющей системы без загрузки операционной системы.

Для эксперимента была выбрана серверная платформа Intel S5500BC в следующей комплектации:

- 2 процессора Intel Xeon E5504 2.00ГГц;
- 4 планки оперативной памяти DDR3 PC10600 ECC по 2048 МБ каждая;
- 2 жестких диска SATA2 7200 rpm по 160 ГБ каждый;
- 2 вентилятора 94×97 мм;
- 2 сетевых адаптера Gigabit Ethernet (на время эксперимента отключаются в BIOS).

На сервер устанавливается операционная система Arch Linux в срезе от 01.11.2011. Версии основных компонентов:

- версия ядра linux kernel 3.0.7;
- версия драйвера P-состояний intel-phc 0.3.2.12.3.

Проводятся следующие эксперименты:

1) загрузка с отключенным ACPI и энергосбережением дисков (ACPI отключается в BIOS, linux загружается с параметром `acpi=off`, выполняется команда `hdparm-M 254`);

2) загрузка с включенным ACPI, без поддержки P-состояний, без энергосбережения дисков (ACPI включается в BIOS, ставится запрет на загрузку модуля `phc-intel`, выполняется команда `hdparm-M 254`);

3) загрузка с включенным ACPI, без поддержки P-состояний, с энергосбережением дисков (ACPI включается в BIOS, ставится запрет на загрузку модуля `phc-intel`, выполняется команда `hdparm-M 128`);

4) загрузка с включенным ACPI, с поддержкой P-состояний, без энергосбережения дисков (ACPI



Результаты экспериментов

Результаты экспериментов

| Показатели | Эксп. 1 | Эксп. 2 | Эксп. 3 | Эксп. 4 | Эксп. 5 |
|---|---------|---------|---------|---------|---------|
| Время выполнения вычислительной задачи, с | 108,65 | 103,77 | 103,67 | 103,74 | 102,35 |
| Максимальная мощность, Вт | 167,2 | 167,6 | 169,6 | 167,5 | 168,1 |
| Минимальная мощность, Вт | 122,3 | 87,1 | 86,9 | 83,8 | 86,6 |
| Потребленная мощность, Вт · ч | 7,46 | 7,49 | 7,38 | 7,7 | 7,47 |
| Время наблюдения, с | 190 | 186 | 181 | 196 | 185 |
| Удельная потребленная мощность, Вт | 141,35 | 144,97 | 146,78 | 141,43 | 145,36 |

включается в BIOS, настраивается принудительная загрузка модуля `phc-intel`, выполняется команда `hdparm-M 254`;

5) загрузка с включенным ACPI, с поддержкой P-состояний, с энергосбережением дисков (ACPI включается в BIOS, настраивается принудительная загрузка модуля `phc-intel`, выполняется команда `hdparm-M 128`).

Во всех экспериментах выбирается режим управления скоростью вращения вентиляторов, направленный на энергосбережение.

Потребляемая мощность определяется ваттметром, разработанным специалистами НПИ «Учебная техника и технологии». Ваттметр включается в разрыв цепи между кабелем питания серверной платформы и розеткой. Измеритель оснащен USB-портом, через который раз в секунду выдает показания. Показания снимаются и сохраняются отдельным компьютером.

В качестве вычислительной задачи запускаются 8 (по числу ядер) процессов генерации 100 000 1024-битных последовательностей псевдослучайных чисел командой «`dd if=/dev/urandom of=/dev/null bs=1024 count=100000`», время исполнения учитывается программой `time` и самой программой `dd`.

Был получен объединенный график потребляемой мощности (см. рисунок). Прямоугольниками на кривых потребления отмечены следующие события (слева направо):

1. Инициализация жестких дисков (ACPI еще не задействован).
2. Конец инициализации аппаратной платформы и начало загрузки операционной системы (ACPI еще не задействован).
3. Конец загрузки операционной системы.
4. Начало вычислений.
5. Конец вычислений.

Прочие результаты экспериментов представлены в таблице.

Как видно из графика, лучше всего ACPI проявляет себя в моменты простоя. Под нагрузкой ACPI увеличивает потребляемую мощность, при этом не сокращая времени вычислений. Причины такого поведения непонятны, однако могут заключаться в ошибке программной или аппаратной реализации ACPI. В процессе загрузки ACPI не задействуется, поэтому графики накладываются друг на друга. Прочие технологии энергосбережения не оказывают видимого эффекта на энергопотребление.

Выводы

Для нагруженных систем ACPI не дает положительного эффекта и может привести к увеличению энергопотребления. Поведение системы с ACPI заранее предсказать невозможно. В моменты простоя ACPI позволяет снизить энергопотребление примерно на 30 %. Применение ACPI для систем с постоянной нагрузкой и с нагрузкой, близкой к постоянной, бесполезно и в некоторых случаях может привести к неожиданным результатам.

Литература

1. *Высокопроизводительный вычислительный кластер Infinity*. – <http://www2.susu.ac.ru/ru/science/nauka/klaster.shtml>
2. *Производительность суперкомпьютера «СКИФ-Аврора ЮУрГУ» вырастет более чем в 4 раза до 104 TFLOPS, а система жидкостного охлаждения станет универсальной*. – <http://www.rscskif.ru/Home/novosti/proizvoditelnostsuperkomputera%C2%ABskif-avrorauurgu%C2%BBvyrastetboleecemv4razado104tflopsasistemazidkostnogoohlazdeniastanetuniversalnoj>
3. *Windows XP and Advanced Power Management (APM) Support*. – <http://support.microsoft.com/kb/307525/en-us?fr=1>
4. *Advanced Configuration and Power Interface Specification*. – <http://www.acpi.info/DOWNLOADS/ACPIspec40a.pdf>

Поступила в редакцию 27 июня 2012 г.