

УДК 004.414.22/004.051/519.687.5

И. Б. ТУРКИН, А. В. ВДОВИТЧЕНКО, А. С. САМИР

Национальный аэрокосмический университет им. Н. Е. Жуковского «ХАИ», Украина

АНАЛИЗ МЕТОДОВ АДАПТИВНОГО УПРАВЛЕНИЯ ЭНЕРГОПОТРЕБЛЕНИЕМ ПЕРСОНАЛЬНЫХ КОМПЬЮТЕРОВ

Приведен обзор современного состояния и анализ перспектив развития, систем управления энергопотреблением персональных компьютеров, через усовершенствованный интерфейс управления конфигурацией и питанием. Основное внимание уделено реальному состоянию проблем экологии, значимую роль в которых занимают информационные компьютерные технологии. Подробно рассмотрена роль персональных компьютеров в экологии, а особенно участие программного обеспечения в процессе энергопотребления ПК. Рассмотрено управление питанием на уровне операционной системы и менеджера управления питанием (ACPI). Приведены примеры существующих отечественных и зарубежных теорий и их краткие характеристики, приведена библиография по тематике.

Ключевые слова: экология, информационные компьютерные технологии, экологическое программное обеспечение, адаптивное управление, персональный компьютер, обзор.

Введение

Ключевые проблемы нашего века – это парниковый эффект, глобальное потепление и изменение климата. Устойчивое (sustainable) развитие означает попытку удовлетворения потребностей нынешнего поколения без ущерба для возможности будущих поколений удовлетворять свои собственные потребности.

Экономия электроэнергии и внедрение технологий энергосбережения – это тенденции XXI века, которые затрагивают область информационных технологий. Все чаще становится вопрос о том, что ресурсы нашей планеты не вечны, а глобальное потепление и парниковый эффект уже формируется и если ничего не предпринимать, процесс будет не обратим. В области информационных технологий в первую очередь это коснулось компьютеров, как персональных, так серверов и портативных устройств. Информационно-компьютерные технологии (ИКТ) потребляют более 15 % топливно-энергетического баланса Германии (2010), производит больше выбросов CO₂, чем вся авиация Германии.

К 2013 году сохранялся рост потребления энергии, так например в Нидерландах 8 % потребления всей энергии – это ИКТ. Относительно всего мира 2 % CO₂ – это выбросы связанные с ИТ-системами. При существующих тенденциях согласно прогнозу Machwüth Team International (MTI) к 2020 году эти цифры увеличатся в 2 раза. Вопрос разработки экологического ПО стал актуален с 2010, но он до сих

пор ориентирован в основном на разработку нового ПО, что требует значительных финансовых и человеческих затрат, при этом многие существующие решения далеко не очевидны, что делает нетривиальной задачей разработки экологического ПО [1].

Представленная работа направлена на анализ противоречий между тремя основными характеристиками персонального компьютера (ПК): потребляемой мощностью, производительностью и влиянием на экологию. Противоречия приводят к тому, что выбор параметров для управления энергопотреблением ПК является не очевидным, а создание полной модели управляемого объекта – не тривиальным. Цель работы – выполнить анализ действительного состояния проблемы.

1. Экологические проблемы человечества

В числе значительного перечня экологических проблем человечества особое место принадлежит проблеме глобального изменения климата. Во многом изменение климата в последние десятилетия объясняется увеличением испарений парниковых газов, к которым относятся CO₂, метан, азот, гексафторид серы и некоторые газы искусственного происхождения.

На сегодняшний день особое внимание уделяется разработке и совершенствованию нормативных документов, направленных на снижение выбросов парниковых газов. Многими странами мира приняты Рамочная конвенция ООН об изменении климата

и Киотский протокол. Данный протокол обязывает развитые страны и страны с переходной экономикой сократить или стабилизировать выбросы парниковых газов. Это соглашение стало первым глобальным договором об охране окружающей среды, основанным на рыночном механизме регулирования – механизме международной торговли квотами на выбросы парниковых газов.

Общемировые выбросы парниковых газов растут рекордными темпами, несмотря на усилия стран, подписавших Киотский протокол. Так, наибольший вклад в загрязнение окружающей среды вносят Китай, Индия, США, РФ и Евросоюз. США выбрасывает около 5.299 млрд тонн углекислого газа в год, Китай – 7.687 млрд тонн, Индия – около 2 млрд тонн. Украина попадает в первые двадцать стран мира с наибольшими выбросами CO₂, а по выбросам в пересчете на млн. \$ валового внутреннего продукта (ВВП) является самой неэкологичной в мире [1]. Если США выбрасывает CO₂ больше всех других стран в пересчете на каждого человека, проживающего в США, то Украина – мировой лидер по вредным выбросам в пересчете на каждый зарабатываемый доллар.

В связи с вышеизложенными факторами возник термин «зеленые технологии», которые охватывают все сферы экономики: энергетику, промышленность, транспорт, строительство, сельское хозяйство и т.д. В настоящее время они внедряются во всю цепочку деятельности компаний, включая, помимо производства, потребление, менеджмент и методы организации производства.

2. Влияние информационных компьютерных технологий на экологию

Зеленые информационные технологии (Green Computing, Green IT) – преследуют общие цели:

- максимизировать энергоэффективность на протяжении всего жизненного цикла продукта;
- сократить использование вредных (опасных) материалов.

Поощрять развитие технологий возврата продукта, переработки материалов и их повторного использования – для этого необходимо понимание полного жизненного цикла продукта, стоимости не только производства и распространения, но и переработки, уничтожения [2].

Текущая ситуация такова [3]:

- ИКТ потребляет более 10 % топливно-энергетического баланса Германии (2007);
- TOP 500 суперкомпьютеров потребляют достаточно энергии, которой бы хватило на питание

почти 10000 домов, и затраты на нее составляют 10 миллионов \$ в год;

- каждый компьютер за свой жизненный цикл производит около тонны углекислого газа в год;
- ИКТ производит больше выбросов CO₂, чем вся немецкая авиация.

Исследования в области компьютерных наук сосредоточены на экономии энергии:

- в вычислительных центрах;
 - на уровне операционной системы;
 - на аппаратном уровне,
- но не затрагивают прикладные программы.

В наше время информационные технологии развиваются очень быстро и достигли больших высот. В связи с этим они занимают значимое место в нашей жизни и жизни нашей планеты. Одним из важных факторов является связь информационных технологий и экологии.

Повсеместное внедрение на предприятиях облачных технологий и новейших информационных сетей позволяет заменить целый штат административных сотрудников, уменьшить затраты на производство, а потребителям – получить более дешевый товар. Обширное введение достижений в области робототехники позволило практически всем отраслям промышленности в разы повысить качество выпускаемой продукции и в некоторой степени снизить ее стоимость. С появлением сетей передача информации стала намного проще, дешевле и быстрее, что отразилось в экологии. Снизились затраты ресурсов, в том числе человеческих, так как исчезла необходимость ручной обработки. Снизились затраты материалов, поскольку вся информация хранится в электронном виде. Рост продаж товаров через интернет дает возможность экономить многие ресурсы, в том числе занимаемую площадь под магазины, энергоресурсы, потребляемые этими магазинами, человеческие ресурсы.

Наряду с достоинствами информационные технологии оказывают негативное влияние на экологию. Все информационные технологии затрачивают ресурсы. Об экономии аппаратных ресурсов думают из-за их стоимости, необходимости обеспечить компактность и удобство создающихся новинок, требований высокой конкурентоспособности.

3. Экологическое программное обеспечение

С точки зрения Green IT программное обеспечение также важно, чтобы уменьшить использование ресурсов (память, время и скорость) и вторичных вычислительных ресурсов (количество внешних объектов хранения и распределения каналов) [4].

Направления экологического подхода в инженерии программного обеспечения:

- применение к программному обеспечению общих принципов и требований экологичности производства и использования технических объектов;
- реализация ресурсосберегающего и безотходного производства программного обеспечения;
- разработка ПО, как составной части цифровой экосистемы.

Применение реинжиниринга для анализа кода программного обеспечения с акцентом на затраты энергии повышает энергоэффективность неэффективного кода. Цель такого реинжиниринга – удовлетворить три группы потребителей:

- компаний – минимизировать энергию, используемую в компьютерах
- работников – выполнять свою работу с минимальными перерывами.
- IT-департаментов – распространение обновлений (патчей) для ПК одновременно с низкой активностью пользователей.

Хорошее программное обеспечение не тратит напрасно ресурсы ни самой системы, ни пользователей. Плохое программное обеспечение занимает больше времени и увеличивает отходы. Эффективность определяется тем, как программа ведет себя, когда дело доходит до экономии ресурсов [5].

«Экология программного обеспечения» – термин, которым обозначается область исследования свойств, поведения и законов систем программного обеспечения и их влияния на среду обитания и деятельности человека. В исследованиях экологии программного обеспечения выделяют три направления [6, 7].

Энергосберегающее «зеленое» программное обеспечение – Green Software (программное обеспечение, использование которого наносит наименьший вред природе) делает акцент на принципах использования программного обеспечения, обеспечивающих снижение вредного воздействия (прямого или косвенного) на окружающую среду.

Экологическая инженерия программного обеспечения (создание программного обеспечения с наименьшим вредным воздействием на окружающую среду).

Экосистема программного обеспечения – это искусственный комплекс, включающий программное обеспечение, среду его разработки, эксплуатации, сопровождения и утилизации, которые связаны между собой обменом программными продуктами и интеллектом.

4. Анализ существующих тенденций в энергосбережении ПК

В 2013 году число используемых во всем мире ПК превысило 2 миллиарда, и, по прогнозам специалистов, к 2016 году это число удвоится. Как известно, многие миллиарды долларов в год пропадают впустую из-за потерь электроэнергии за счет неэффективных источников питания личных и домашних электронных приборов, многие из которых продолжают использовать энергию даже тогда, когда они выключены, но не отсоединены от сети: «вокруг нас находятся настоящие электронные вампиры, которые высасывают электричество день и ночь» [9].

Уровень энергопотребления становится важным фактором при покупке аппаратуры. Большое число потребителей приобретает продукцию, совместимую с последним стандартом Energy Star® V. 4.0. Например: при полной загрузке сервера TX120 (Fujitsu Siemens), имеющего сертификат Energy Star® V. 4.0, максимальный объем потребляемой электроэнергии составит всего 165 Ватт. При среднеевропейских ценах на электроэнергию сервер TX120 позволит потребителю сократить расходы на электроэнергию примерно на 150 евро в год без учета уменьшения расходов на кондиционирование помещения [8].

Присоединившиеся к инициативе CSCI (Climate Savers Computing Initiative) компании работают над тем, чтобы в 2014 году потребление компьютерами электроэнергии в мировом масштабе сократилось вдвое. Инициатива позволит сократить ежегодные выбросы углекислого газа на объем, равный годовому выхлопу 11 млн. автомобилей. К CSCI уже присоединились Apple, Dell, Google, HP, Intel, Lenovo, Microsoft и множество других компаний.

В конце января 2008 года создатель Linux, Линус Торвальдс, заявил, что ядро этой операционной системы несколько лет отставало в области энергосберегающих и энерго-диагностирующих технологий, но теперь сделан шаг к их реализации: скоро системы на базе Linux научатся «засыпать» так же эффективно, как и Windows системы.

5. Адаптивное управление энергопотреблением персональных компьютеров

К факторам и показателям эффективности энергосбережения ПО относятся:

- количество циклов процессора, необходимых для работы программного обеспечения;

- объем потребляемой памяти;
- интенсивность работы периферийных устройств;
- продолжительность бездействия (простоя) процессора. Этот фактор и метрика имеют отношение только к определенным типам программных систем, таким как виртуальные серверы.

Наиболее интуитивно понятная метрика – это количество циклов процессора. Каждый выполненный цикл требует энергии и, следовательно, имеет измеряемую величину отходов. Мы можем измерить его и перевести его на любую среду на основе метрических показателей таких, как количество выбросов углекислого газа.

Адаптивное управление – совокупность методов теории управления, позволяющих синтезировать системы управления, которые имеют возможность изменять параметры регулятора или структуру регулятора в зависимости от изменения параметров объекта управления или внешних возмущений, действующих на объект управления. Адаптивное управление широко используется во многих приложениях теории управления.

Переходя к адаптивному управлению энергопотреблением персональных компьютеров, можно выделить основные параметры, от которых зависит управление.

Время ожидания пользователя – это величина, которая характеризует время, прошедшее от выхода из текущего состояния системы в рабочее.

Производительность – это величина, которая характеризует объем полезной работы персонального компьютера в зависимости от режима энергопотребления.

Энергопотребление – величина, которая показывает, сколько электроэнергии потребляет персональный компьютер. То есть нам нужно перестраивать систему в зависимости от требуемого сочетания этих параметров.

В наше время режимы энергопотребления введены в операционных системах Windows 7 и новее. Как правило, современная операционная система, в частности семейства Windows – это чрезвычайно сложная система с огромным числом связей и зависимостей и выбор всей совокупности факторов является не простой задачей.

ACPI (Advanced Configuration и Power Management) представляет собой открытый промышленный стандарт, который определяет общий интерфейс для обнаружения аппаратного обеспечения, управления питанием и конфигурации материнской платы и устройств. На данный момент последней версией спецификации ACPI является версия 5.0. Задачей ACPI является обеспечение взаимодействия между операционной системой, оборудо-

ванием и BIOS материнских плат [10]. Стандартный ACPI был разработан специально для реализации OnNow идеологии. OnNow – это идеология компьютерного устройства, которое готово возобновиться и быстро приступить к работе в любое время. ACPI определяет понятие «глобальное состояние системы». Каждое состояние системы характеризуется уровнем производительности и потреблением энергии табл. 1.

Таблица 1
Состояния системы

Название состояния	Описание состояния
G0 (S0) (Рабочее)	Выполнение стандартных операций. Максимальная производительность, при обычном энергопотреблении.
G1 (приостановлено, спящее, гибридный сон)	Состояние, которые обеспечивают пониженное энергопотребление, с возможностью быстрого восстановления рабочего состояния, без потери данных.
G2 (S5) (программного выключения)	Обеспечивает выключение операционной системы, при не значительном потреблении энергоресурсов, дает возможность быстрее запуска, чем с «холодного старта» состояния G3.
G3 (Выключенное)	Полное отключение, не потребляет энергии.

Заключение

Рассмотрено современное состояние и проанализированы перспективы развития систем управления энергопотреблением персональных компьютеров с помощью ACPI.

Предложен подход к решению поставленной задачи путем сведения ее к задаче адаптивного управления.

Данная работа будет способствовать пониманию влияния ИКТ на экологию и обобщение взглядов на возможные решения данной проблемы. В дальнейшем работа может быть развита во многих направлениях, например:

- разработка методологий разработки экологического программного обеспечения;
- управление энергопотреблением на уровне операционной системой, в частности адаптивное управление.

В ACPI есть отдельные состояния для центрального процессора (CPU) и других устройств – модемов, мониторов, сетевых карт, видеокарт и т.д. В каждой группе есть подобные состояния: состояние полной функциональности, два состояния с ограниченной функциональностью и пониженное энергопотребление и физического выключения состояния. Программное обеспечение в экологической информационной системе должно обеспечивать эффективное переключение между режимами, описываемыми интерфейс управления питанием (APM, ACPI) в контексте всей системы – переход в глобальном состоянии системы, и в контексте конкретного устройства – переключение состояния устройства.

Литература

- 1 Туркин, И. Б. Актуальность проблемы адаптивного управления энергопотреблением персональных компьютеров [Текст] / И. Б. Туркин, А. В. Вдовитченко // Всеукраинская научно-техническая конференция «Інтегровані комп'ютерні технології у машинобудуванні»: тезиси докладов Нац. аэрокосм. ун-та им. Н. Е. Жуковского «ХАИ». – Том № 3. – X., 2013. – С. 159.
- 2 Arrhenius, S. On the influence of carbonic acid in the air upon the temperature of the ground. [Text] / S. Arrhenius. – Phil. Mag., 1896. – v. 41 – С. 237–276.
- 3 Dick, M. A model and selected instances of green and sustainable software. [Text] / M. Dick, S. Naumann, N. Kuhn // 1st IFIP TC 11 International Conference. – 2010. – P. 248–255.
- 4 Кокорин, А. О. Обзор доклада Николааса Стерна «Экономика изменения климата» [Текст] / А. О. Кокорин, С. Н. Кураев. – М. : WWF, 2007. – С. 50.
- 5 Стэйджевальд, Б. Разработка программного обеспечения «Green Software». [Текст] / Б. Стэйджевальд, А. Агравал // Программное обеспечение и услуги корпорации Intel. – США: Фолсом, 2011. – С. 26.
- 6 Christy, J. R. How accurate are satellite 'thermometers'? [Text] / J. R. Christy, R. W. Spencer, W. D. Braswell. – Nature, 1997. – V. 389 – С. 342–344.
- 7 Пачаури, Р. К. Изменение климата. [Текст] / Р. К. Пачаури, А. Разийнберг // Обобщающий доклад. Вклад рабочих групп I, II, III в четвертый доклад об оценке Межправительственной группы экспертов по изменению климата, МГИЭК, Женева – III. 2007. – С. 20–60.
- 8 Чередов, А. Д. Современные проблемы информатики [Текст] : конспект лекций / А. Д. Чередов. – Т., 2012. – 200 с.
- 9 Network of Heads of the European Environment Protection Agencies, 2005. "The Contribution of Good Environmental Regulation to Competitiveness." . [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.eea.europa.eu/aboutus/documents/prague_statement/prague_statement-en.pdf – 08.02.2013.
- 10 Power Management – Architecture and Driver Support. [Электронный ресурс] / Microsoft inc. – Режим доступа: <http://www.microsoft.com/whdc/system/pnppwr/powermgmt/default.aspx>. – 23.01.2014.

Поступила в редакцию 6.02.2014, рассмотрена на редколлегии 24.03.2014

Рецензент: д-р техн. наук, проф., зав. каф. экономики и маркетинга В. М. Вартамян, Национальный аэрокосмический университет им. Н. Е. Жуковского «ХАИ», Харьков, Украина.

АНАЛІЗ МЕТОДІВ АДАПТИВНОГО КЕРУВАННЯ ЕНЕРГОСПОЖИВАННЯМ ПЕРСОНАЛЬНИХ КОМП'ЮТЕРІВ

І. Б. Туркін, О. В. Вдовитченко, С. А. Самір

Наведено огляд сучасного стану та аналіз перспектив розвитку систем управління енергоспоживанням персональних комп'ютерів, через вдосконалений інтерфейс керування конфігурацією і живленням. Основна увага приділена реальному стану проблем екології, значиму роль в яких займають інформаційні комп'ютерні технології. Докладно розглянута роль персональних комп'ютерів в екології, а особливо участь програмного забезпечення в процесі енергоживлення ПК. Розглянуто керування живленням на рівні операційної системи і менеджера управління енергоспоживанням (ACPI). Наведені приклади існуючих вітчизняних і зарубіжних теорій і їх короткі характеристики, наведена бібліографія з тематики.

Ключові слова: екологія, інформаційні комп'ютерні технології, екологічне програмне забезпечення, адаптивне управління, персональний комп'ютер, огляд.

OVERVIEW OF THE METHODS OF THE ADAPTIVE CONTROL BY POWER CONSUMING OF PERSONAL COMPUTERS

I. B. Turkin, A. V. Vdovitchenko, S. A. Samir

An overview of the modern condition and analysis of perspective development, control systems of energy consumption of PCs, through improved management interface of configuration and power is provided. The main attention focused on the real problems of the environment, in which a significant role do informational computer technologies. The role of personal computers in the environment, and especially the participation of software in the process of power consumption PC is discussed in detail. Power management at the operating system level power management and management (ACPI) is considered. The examples of existing native and foreign theories and their brief characteristics, a bibliography on the subject are given.

Keywords: ecology, informational computer technologies, environmental software, adaptive management, personal computer, review.

Туркин Игорь Борисович – д-р техн. наук, проф., зав. каф. инженерии программного обеспечения, Национальный аэрокосмический университет им. Н. Е. Жуковского «Харьковский авиационный институт», Харьков, Украина, e-mail: nikrutrogi@mail.ru.

Вдовитченко Александр Валерьевич – аспирант каф. инженерии программного обеспечения, Национальный аэрокосмический университет им. Н. Е. Жуковского «Харьковский авиационный институт», Харьков, Украина, e-mail: kentsanya91@gmail.com.

Аль-Кхшаб Синан Самир – аспирант каф. инженерии программного обеспечения, Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «Харьковский авиационный институт», Харьков, Украина, e-mail: sinan_alkhshab@mail.ru.