

УДК 004.9

**МОДЕЛИ РАСПРЕДЕЛЕННЫХ КОМПЬЮТЕРНЫХ СИСТЕМ
С ОГРАНИЧЕННЫМ ЭНЕРГОПОТРЕБЛЕНИЕМ
УДАЛЕННЫХ МОДУЛЕЙ**

В. Ю. Савинов

Черноморский государственный университет имени Петра Могилы
Украина, г. Николаев
vortex3004@rambler.ru

Рассмотрена задача оптимального распределения энергетических и информационных ресурсов в распределенных энергоограниченных компьютерных системах за счет динамического управления частотой процессора удаленного модуля, а также оптимального решения задачи диспетчеризации. Модифицирована модель структуры диспетчера задач, что позволило адаптировать его под рассматриваемый вид компьютерных систем.

Ключевые слова: распределенные системы; удаленный модуль; энергопотребление; динамические управление производительностью.

Развитие и рост объема электронных средств, использующих микроконтроллеры в различных узлах прикладных систем, например, распределенных информационно-измерительных системах, обуславливают поиск более эффективных решений, направленных на снижение энергопотребления, так как удаленные узлы, как правило, питаются от автономных источников энергии.

Решение данной проблемы возможно за счет повышения эффективности алгоритмов для вычислительных элементов, таких как центральный процессор, при выполнении периодических и случайных задач, за счет усовершенствования программного обеспечения, динамического отключения неиспользуемых блоков и т. д.

В общем виде распределенную измерительную систему можно представить следующим образом: в системе есть главный узел, отвечающий за распределение аппаратных и энергетических ресурсов, и периферийный узел, который выполняет операции измерения, обработки данных и передачи обработанных данных на главный узел [1].

Для уменьшения энергопотребления данного узла при решении задач используют алгоритмы динамического управления производительностью процессора [2—5].

Однако основным недостатком этих подходов является то, что они ориентированы на системы со стационарным питанием и не учитывают ограниченное энергопотребление системы.

Целью работы являлась разработка моделей распределенных компьютерных систем, в которых учтены условия ограниченного энергопотребления удаленных модулей.

Была разработана математическая модель оптимизации энергопотребления в распределенных компьютерных системах с автономно-питаемыми модулями, в которой при решении периодических и случайных задач по поиску оптимального энергопотребления процессора использовался комбинированный подход динамического управления частотой и EDF-подход (Earliest Deadline First - приоритетное правило выборки задач из очереди):

$$\begin{cases} C \sum_{i=1}^k U_i^2 f_i \rightarrow \min, \text{ при } f_i = \min_{z=1}^y \{r_z \mid r_z \geq \max_{i=1}^{n_k} \{u_i\}\} \times f_{\max}, \\ W_{\text{нак}} + W_{\text{поступ}} - W_{\text{ек}} - W_{\text{проц}} > 0, \\ \sum_{i=1}^{n_k} W_{\text{проц}} \leq W_{\text{нак}} + W_{\text{наох}}. \end{cases} \quad (1)$$

где C – динамическая емкость; U_i^2 – напряжение на кристалле процессора при решении i -й задачи; $W_{\text{нак}}$ – накопленная энергия; $W_{\text{поступ}}$ – энергия, поступившая от сторонних источников энергии, на-

пример от регенерируемых источников; $W_{\text{вх}}$ – энергия энергопотребления электронными компонентами (усилители, датчики и т. д.); $W_{\text{проц}}$ – энергопотребление микропроцессором; f_i – частота процессора при выполнении i -й задачи, которая находится в дискретном множестве значений $R = \{r_1 \dots r_z\}$; y – количество дискретных значений частоты; u_i – коэффициент загрузки процессора при выполнении i -й задачи.

В ходе работы также была разработана математическая модель задачи диспетчеризации в распределенных компьютерных системах, которая отличается от аналогов введением дополнительных ограничений.

На основе данных моделей разработана комплексная математическая модель:

$$\left\{ \begin{array}{l} \max \left(\sum_{i=1}^m x_{ij} \cdot t_{ij} \right) \rightarrow \min, \text{ при } \sum_{i=1}^m x_{ij} \cdot u_i \leq v_j, j = \overline{1, n}, \\ C \sum_{i=1}^k U_i^2 f_i \rightarrow \min, \text{ при } f_i = \min_{z=1}^y \{r_z \mid r_z \geq \max_{i=1}^{n_k} \{u_i\}\} \times f_{\max} \\ W_{\text{нак}} + W_{\text{надх}} - W_{\text{ек}} - W_{\text{проц}} > 0, \\ \sum_{i=1}^{n_k} W_{\text{проц}} \leq W_{\text{нак}} + W_{\text{надх}}. \end{array} \right. \quad (2)$$

где x_{ij} – значение из матрицы оптимального распределения задач; t_{ij} – время выполнения i -й задачи j -м модулем; v_j – максимальный коэффициент загрузки j -го модуля ($j = \overline{1, n}$).

В ходе работы была модифицирована модель структуры диспетчера задач в распределенных компьютерных системах за счет добавления дополнительного модуля расчета коэффициента загрузки процессора при выполнении периодических и случайных задач, что позволяет адаптировать данный модуль под рассматриваемую систему.

Разработано программное обеспечение, которое позволяет моделировать работу процессора при решении задач с учетом данной модели. Результаты показали, что при использовании комплексной модели продолжительность работы распределенной компьютерной системы с автономно питаемыми модулями на 6–7% больше, что доказывает корректность созданных моделей.

ИСПОЛЬЗОВАННЫЕ ИСТОЧНИКИ

1. Мусиенко М. П. Теоретические основы, методы и средства структурно-энергосилового преобразования на основе полиэлектродных пьезокерамических элементов для систем управления / Дис. ... доктора тех. наук. – Черкассы, 2006. – 455 с.
2. Бумагин А. Методы снижения энергопотребления в строго самосинхронных микропроцессорных схемах [Электронный ресурс] / А. Бумагин, Е.Гладкова, А. Гондарь, М. Куляс, А. Руткевич, В. Стещенко, М. Тайлеб, Г. Шишкин // Электронный журнал компоненты и технологии – Режим доступа: http://kit-e.ru/assets/files/pdf/2009_09_109.pdf. – 02.04.2012 г. – Название с экрана.
3. Kim K. H. Power Aware Scheduling of Bag-of-Tasks Applications with Deadline Constraints on DVS-enabled Clusters / K. H. Kim, R. Buyya, J. Kim // Proceedings of the 7th IEEE International Symposium on Cluster Computing and the Grid. – 2007. – 541–548.
4. Белоус А. И. Методы минимизации энергопотребления при проектировании КМОП БИС / Мурашко И. А., Сякерский В. С // Технология и конструирование в электронной аппаратуре – 2008. – № 2. – С. 39–44.
5. Тягунова М. Ю. Методы диспетчеризации задач в распределенных компьютерных системах / Автореф. дис... канд. техн. наук. – Київ, 2010. – 18 с.

V. Yu. Savinov

Modeling of distributed computer systems with limited power consumption of remote modules.

The paper considers the problem of optimal distribution of energy and information resources in a distributed energy-restricted computer systems at the expense of dynamic CPU frequency control of remote module, as well as an optimal solution scheduling. The model of the task manager structure has been modified, making it adaptable to the considered type of computer systems.

Keywords: *distributed systems; remote module; power consumption; dynamic performance management.*