

М. П. Мусиенко, д.т.н., професор,

В. Ю. Савинов, аспірант

Черноморський державний університет ім. Петра Могили
ул. 68 Десантників, 10, г. Николаев, 54003, Україна.

МОДЕЛІ ДИСПЕТЧЕРИЗАТОРА ЗАДАНИЙ В РАСПРЕДЕЛЕННЫХ КОМПЬЮТЕРНЫХ СИСТЕМАХ С ОГРАНИЧЕННЫМ ПИТАНИЕМ УДАЛЕННЫХ МОДУЛЕЙ

В статье рассматриваются модели, методы и алгоритмы решения задачи диспетчеризации в распределенных системах с энергоограниченными удаленными модулями. Разработаны модифицированная модель структуры (за счет ввода дополнительного модуля) и математическая модель диспетчера задач (за счет ввода дополнительных ограничений). Проведенный эксперимент показал адекватность и эффективность разработанных моделей.

Ключевые слова: распределенные системы, задача диспетчеризации, удаленный модуль, ограниченное энергопотребление, математическая модель.

Введение. Одной из важных задач эффективной работы распределённых компьютерных систем является диспетчеризация заданий, где каждой задаче, поступившей в систему, требуется определить узлы для её решения. Чаще всего в качестве вычислительного ресурса в удаленных модулях используются микропроцессоры, увеличение длительности питания от автономного источника которых является важной задачей. Этого возможно достичь благодаря оптимальному распределению задач между узлами с помощью диспетчера заданий. Таким образом, усовершенствование существующих моделей, структур и методов диспетчеризации заданий является актуальным направлением.

Анализ последних исследований. Существует несколько методов, средств и подходов для увеличения эффективности работы диспетчера заданий: использование децентрализованных и централизованных алгоритмов диспетчеризации, распределение задач методом Флетчера-Ривса [1, 2] и др.

Одной из наиболее популярных моделей диспетчера является модель, описанная в работе [3] (рис. 1). Модель содержит следующие структурные модули:

1 – модуль сбора статистической информации: предоставляет сведения о доступных ресурсах исполняющих компьютеров;

2 – модуль предоставления информации о задачах, функционал которого состоит в оценке параметров заданий, предоставлении информации о необходимых для завершения задания ресурсах;

3 – модуль группировки задач и компьютеров, функционал которого состоит в группировке узлов и заданий (группировка происходит, начиная с задач от наиболее ресурсоемких заданий; задания сортируются по параметру ресурсоемкости);

4 – клиентский модуль диспетчеризации задач, функционал которого состоит в начальной обработке принятого задания на выполнение, дальнейшей пересылке полученных результатов на серверную (узел-координатор) часть диспетчера по окончании вычислений, а также ведении лога об ошибках исключительных ситуаций, например, нехватка энергетических или вычислительных ресурсов;

5 – основной модуль диспетчеризации задач, функционал которого состоит в проведении планирования распределения задач среди узлов, опираясь на описанные выше методы.

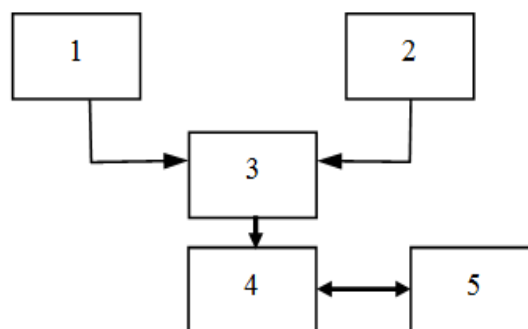


Рис. 1. Модель структуры диспетчера заданий

Несмотря на эффективность работы этой и других моделей и методов, все они ориентированы на системы, где питание узлов

осуществляется от стационарных или автономных источников с достаточным энергопотреблением. При работе с ограниченным энергопотреблением, когда модули питаются от источников с минимальной энергией (от энергии измерительных сигналов, маломощных регенерируемых источников и др.), эти модели недостаточно эффективно описывают работы таких систем.

Целью работы является усовершенствование существующих моделей (математической и модели структуры) диспетчеризаторов заданий, в которых будет учтена ограниченность энергетических ресурсов удаленных модулей, что позволит строить эффективные с точки зрения питания и производительности распределенные системы с энергоограниченными удаленными модулями.

Изложение основного материала. Для достижения поставленной цели в работе поставлены и решены следующие задачи:

- модификация существующей структурной модели диспетчера заданий с целью учета на этапе распределения и маршрутизации задач энергетических параметров удаленных модулей;

- модификация существующей математической модели диспетчера заданий с учетом ограничений энергетических ресурсов удаленных модулей.

В ходе исследований, для решения первой задачи было предложено ввести дополнительный структурный модуль – «Модуль предоставления информации об энергетических параметрах узлов». Полученная модель структуры изображена на рис. 2.

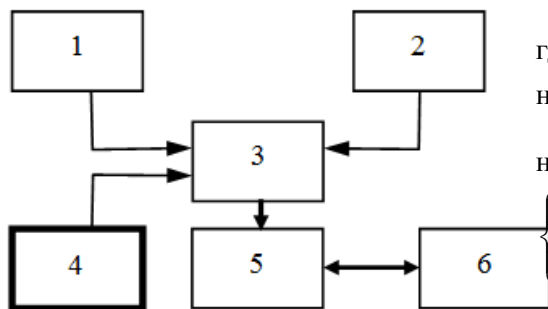


Рис. 2. Модель структуры диспетчера заданий

Новый модуль (модуль 4) вводит в систему информацию об энергетических параметрах узлов. Его функционал состоит в предоставлении модулю группировки задач и узлов информации об энергетических параметрах

узлов: количество оставшейся энергии в каждом модуле, энергии, которая может быть накоплена при решении задачи, а также статистической информации о потреблении энергии при решении предыдущих задач.

Построим математическую модель диспетчеризатора заданий распределенных компьютерных систем с учетом энергетических параметров удаленных модулей. Пусть в распределенную систему, состоящую из n узлов, для решения поступает m число заданий, где n и m – натуральные числа. Каждый узел имеет свои параметры, такие как производительность $Q_j, j = \overline{1, n}$ (вычислительный ресурс) и накопленная энергия (энергетический ресурс). Каждая задача имеет свое оценочное время – $e_i, i = \overline{1, m}$ – для решения на некотором узле с производительностью Q_i^o . Необходимо распределить все задания для выполнения в распределенной системе таким образом, чтобы энергетические и вычислительные ресурсы были использованы наиболее эффективно.

Для эффективного выполнения работы сформулированы следующие цели планирования:

- минимизация времени исполнения поступивших заданий;
- выполнение задания за время, меньше заданного.

Для достижения поставленных целей необходимо найти время t_{ij} завершения i -го задания на j -м узле:

$$t_{ij} = \frac{Q_i^o}{Q_j \cdot s_{ij}} \cdot e_i, \quad (1)$$

где s_{ij} – режим работы процессора при выполнении i -го задания j -м модулем [4].

Определим матрицу условия оптимального распределения заданий среди узлов:

$$\begin{cases} x_{ij} = 1, i\text{-ое задание назначено } j\text{-му узлу;} \\ x_{ij} = 0, i\text{-ое задание не назначено } j\text{-му узлу.} \end{cases} \quad (2)$$

Оценочное время, производительность узлов и время являются натуральными числами:

$$Q_i^o, Q_j, e_i, t_{ij} \in N. \quad (3)$$

С учетом суммарного времени выполнения заданий $t_j (j = \overline{1, n})$ получим условия:

$$\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n x_{ij} \cdot t_{ij} = \sum_{j=1}^n t_j, \quad (4)$$

$$\sum_{i=1}^m x_{ij} \cdot t_{ij} = t_j. \quad (5)$$

Для достижения минимизации времени исполнения поступивших заданий получаем условие:

$$\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n x_{ij} \cdot t_{ij} \rightarrow \min. \quad (6)$$

При этом ограничения энергетических ресурсов могут быть сформулированы следующим образом:

$$W_{cpu}^j \leq W_{stored}^j + W_{in}^j, \quad (7)$$

$$W_j^{stored} = \max_{j=1}^n \{W_j^{stored}\}, \quad (8)$$

где W_j^{stored} – накопленная энергия; W_j^{in} – поступившая энергия; W_j^{com} – энергия потребления электронными компонентами.

Ограничение объема оперативной памяти, необходимой для решения i -й задачи j -м модулем, имеет вид [3]:

$$\sum_{i=1}^m x_{ij} \cdot V_i^{RAM} \leq V_j^{RAM}, \quad (9)$$

где V_i^{RAM} – значение ОЗУ, необходимое для выполнения i -го задания ($i = \overline{1, m}$); V_j^{RAM} – значение ОЗУ j -го узла ($j = \overline{1, n}$).

Тогда для выполнения задания за время, меньше заданного, получаем условие:

$$\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n x_{ij} \cdot t_{ij} \leq t_{lim}. \quad (10)$$

Таким образом, полная математическая модель диспетчеризатора заданий распределенной компьютерной системы с энергоограниченными удаленными модулями представлена в виде формулы (11).

В работе было разработано программное обеспечение на языке C#, в котором была промоделирована работа диспетчера заданий. Одно из окон работы программы показано на рис. 3. Для приведенного примера через интерфейс разработанного программного обеспечения были введены следующие значения: количество работ – 25, количество режимов работы процессора – 5 (0,2; 0,4; 0,6; 0,8; 1).

$$\left\{ \begin{array}{l} \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n x_{ij} \cdot t_{ij} \rightarrow \min, \\ W_{cpu}^j \leq W_{stored}^j + W_{in}^j, \\ W_j^{stored} = \max_{j=1}^n \{W_j^{stored}\}, \\ \sum_{i=1}^m x_{ij} \cdot V_i^{RAM} \leq V_j^{RAM}, \\ \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n x_{ij} \cdot t_{ij} \leq t_{lim} \end{array} \right\}, \quad (11)$$

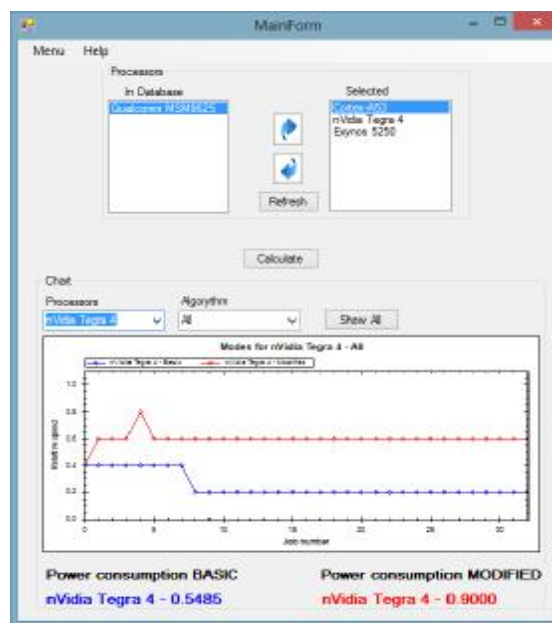


Рис. 3. Скриншоты окна разработанного ПО

На рис. 4 показано энергопотребление системой (в мВт) при решении 50 периодических и случайных заданий на трех модулях. Благодаря использованию разработанных моделей удалось снизить энергопотребление на 4–4,5 %.

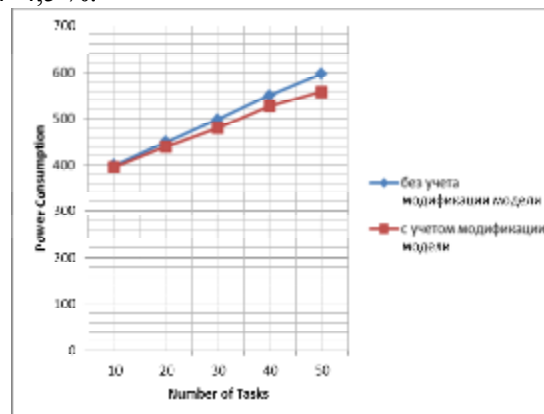


Рис. 4. Сравнение энергопотребления (в мВт) системы до и после модификации диспетчеризатора заданий

Выводы. Таким образом, в ходе исследования были решены следующие задачи:

– модифицирована структурная модель диспетчера задач таким образом, чтобы на этапе распределения и маршрутизации заданий учитывались энергетические параметры удаленных модулей;

– модифицирована математическая модель диспетчеризатора заданий таким образом, чтобы учитывались ограниченные энергетические ресурсы удаленных модулей.

На разработанном программном обеспечении, в котором реализованы полученные модели, было показано преимущества использования предложенной модели диспетчеризатора заданий.

Список литературы

1. Кайнов А. С. Решение задачи распределения заданий в мультипроцессорной системе методом Флетчера-Ривса [Электронный ресурс] / А. С. Кайнов // Современные наукоемкие технологии : науч. журн. – 2008. – № 12. – С. 46–48.
2. Курносов М. Г. Децентрализованные алгоритмы диспетчеризации пространственно-распределенных вычислительных систем / М. Г. Курносов, А. А. Пазников // Вестник Томского государственного университета. – 2012. – № 1. – С. 133–142.
3. Тягунова М. Ю. Методы диспетчеризации задач в распределенных компьютерных системах : дисс. на получение научной степе-

ни канд. техн. наук : спец. 05.13.05 «Компьютерные системы и компоненты» / М. Ю. Тягунова. – К., 2010. – 140 с.

4. Савинов В. Ю. Уменьшение энергопотребления распределенных компьютерных систем с энергоограниченными измерительными модулями / В. Ю. Савинов // Технологичний аудит та резерви виробництва. – 2013. – № 6. – С. 56–61.

References

1. Kaynov, A. S (2008). Solution of the task dispatching problem in a multiprocessor system using Fletcher-Reeves's method. *Sovremennyye naukoymkiye tekhnologii*, (12), pp. 46-48 [in Russian].
2. Kurnosov, M. G. and Paznikov, A. A. (2012). Decentralized scheduling algorithms of distributed computing systems. *Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo universiteta*, (1), pp. 133-142 [in Russian].
3. Tyagunova, M. Yu. (2010). Tasks dispatching methods in distributed computing systems: dis. for the degree of cand. tehn. sciences: special. 05.13.05 "Computer systems and components", 140 p. [in Russian].
4. Savinov, V. Yu. (2013). Reducing the energy consumption of distributed computer systems with energy-restricted measurement modules. *Tekhnologichniy audit ta rezervi virobnitstva*, (6), pp. 56-61 [in Russian].

Стаття надійшла до редакції 08.05.2014.

M. P. Musienko, Dr.Tech.Sc., professor,

V. Yu. Savinov, postgraduate

The Black Sea State University named after Petro Mohyla
68 Desantnikov str., 10, Nikolaev, 54003, Ukraine

TASK SCHEDULING MODELS IN DISTRIBUTED COMPUTER SYSTEMS WITH ENERGY RESTRICTED REMOTE MODULES

The models, methods and algorithms for solving scheduling problems in distributed systems with energy-restricted remote modules are considered in the article. A modified model of the structure (due to the adding of extra module) and a mathematical model of task manager (due to the adding of extra constraints) are developed. Developed software implements the resulting model. The experiments proved the adequacy and efficiency of the developed models.

Keywords: distributed systems, task scheduling, remote module, energy-restricted consumption, mathematical model.