

## ПІДХІД ДО ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ ОБЧИСЛЕНЬ ДЛЯ СЕРВІСІВ ІНТЕРНЕТУ РЕЧЕЙ

**Прокопець В.А., Глоба Л.С.**

*Інститут телекомунікаційних систем КПІ ім. Ігоря Сікорського, Україна*

*E-mail: vprokopets95@gmail.com*

### **An approach to energy efficient computing for Internet of Things services**

In this paper new energy aware algorithm of tasks scheduling in server cluster was proposed. The proposed approach can be used in data centers to improve data processing for such services as Internet of Things (IoT) and Machine-to-Machine communications (M2M).

Актуальність дослідження полягає в тому, що із впровадженням у світі технологій 4G LTE та розвитком тенденції переходу до 5G постає питання збільшення швидкості обробки даних. Все більшого поширення набувають сервіси Internet of Things (IoT, Інтернет речей) та міжмашинної взаємодії (M2M), що потребують обробки великих масивів даних у режимі реального часу. Поряд із цим у світі гостро стоїть проблема економії електроенергії та переходу до альтернативних джерел енергії. Поєднання цих факторів зумовлює потребу розробки енергоефективних алгоритмів планування задач, що здатні забезпечувати обробку даних з високою швидкістю без затримок.

Обробка даних потребує значних енергозатрат. Згідно джерел [1], [2] кількість енергії, що була спожита центрами обробки даних (серверами, сховищами, апаратурою зв'язку та охолодження) по всьому світу у період з 2000 до 2010 років мала такий розподіл: становила близько 70,8 ТВт у 2000 році; 152,5 ТВт – у 2005 році (спостерігалось зростання споживання на 115%); зросла до 271,8 ТВт у 2010 році. При цьому частка цієї потужності у загальній споживаній у світі становить в середньому 1,5%. Обсяги енергії, спожитої ЦОД продовжують зростати і сьогодні.

У роботі запропонована стратегія планування задач у серверному кластері для оптимізації обробки навантаження за критеріями енергоефективності та швидкості обробки задач для сервісів IoT та M2M. У роботі створюється алгоритм енергоефективного планування обробки задач, аналізуються результати імітаційного моделювання роботи алгоритму у середовищі MATLAB.

**Постановка задачі.** Серверний кластер складається з  $n$  вузлів  $\{N_j\}$ . Кожен вузол  $N_j$  характеризується:

$V_j$  - об'ємом доступної оперативної пам'яті;

$flops_j$  - продуктивністю вузла  $N_j$ , що має  $k_{core_j}$  обчислювальних ядер.

$P_j = f_j(CPU_j)$  - функцією енергоспоживання від навантаженості процесора  $f_j(CPU_j)$ , що експериментально визначена для кожного вузла  $N_j$ .

Нова задача  $task_i$  приходить до системи в момент  $\tau$ .

Кожна задача потребує певних значень вищеназаних параметрів:

$$\{V_{req}, k_{core_{req}}, t_{max}\}$$
$$job_i \rightarrow task_i, \{V_{req_i}, k_{core_{req_i}}, t_{i_{max}}\}$$

Необхідно розробити алгоритм планування задач, такий що  $P_\Sigma \rightarrow min$ ,  
 $t_{task_i} \rightarrow min$ ,

де  $P_\Sigma$  - сумарна потужність спожита усім серверним кластером,

$t_\Sigma$  - час виконання набору із  $m$  задач.

**Опис запропонованого підходу.** Основна ідея запропонованого підходу складається із реалізації таких основних етапів:

I. Проведення попередньої атестації серверного кластера (визначення базових параметрів вузлів серверного кластера);

II. Застосування запропонованого алгоритму балансування, що складається із таких основних кроків:

1. Оцінка стану кластера в момент  $\tau k-1$  ;
2. Виключення з розгляду всіх неподходящих вузлів (по оперативній пам'яті і кількості доступних ядер);
3. Знаходження набору  $P_\Sigma = \{P_\Sigma j\}$  (за допомогою відомих функцій  $P_j = f_j(CPU_j)$ ), що являє собою теоретичні потужності, що будуть спожиті кожним вузлом кластера у разі розміщення задачі на нього;
4. Сортування набору вузлів  $N_j$  за теоретично встановленим внеском в потужність споживання всього кластера:  $NP = \{NP_j\}$ ;
5. Сортування набору вузлів по продуктивності:  $NFLOPS = \{NFLOPS_j\}$ ;
6. Присвоєння вузлам вагових коефіцієнтів (балів) за енергоефективність і продуктивність в залежності від їх позиції в сортованих масивах  $NP$  та  $NFLOPS$ ;
7. Призначення задачі вузлу, що має найбільший сумарний бал.

Новим у запропонованому підході є те, що енергетичні моделі визначаються індивідуально для кожного вузла кластера у рамках процесу його попередньої атестації. Також новим є запропонований алгоритм, що враховує при балансуванні задач 2 параметри – продуктивність вузла та його енергоефективність.

**Результати імітаційного моделювання.** Згідно описаного підходу у першу чергу необхідно визначити енергетичні моделі для кожного з вузлів кластера. Для цього, на основі графіка, отриманого в ході натурального експерименту, криву енергетичної моделі засобами середовища MATLAB було апроксимовано поліномом 4 ступеня вигляду:

$$P(CPU)=a*x^4+b*x^3+c*x^2+d*x^1+e*x^0.$$

Коефіцієнти a, b, c, d відповідно різнилися для кожного вузла кластера.

Таб. 1. Результати моделювання роботи кластера з 20 вузлів у середовищі MATLAB

Алгоритм	Середній час обробки однієї задачі, с	Сумарна спожита потужність *, Вт	Виграш у порівнянні із алгоритмом FIFO, %		Виграш у порівнянні із алгоритмом Round Robin, %	
			По часу	По спожитій потужності	По часу	По спожитій потужності
<b>First available (FIFO)</b>	11.636	1436.1	0%	0%	25.2%	4.5%
<b>Round Robin</b>	15.55	1500.8	-25.2%	-4.5%	0%	0%
<b>Least Connections</b>	13.01	1455.9	-11.9%	-1.4%	16.38%	3%
<b>Запропонований алгоритм</b>	10.89	1376.3	<b>6.4%</b>	<b>4.2%</b>	<b>30%</b>	<b>8.3%</b>

У роботі запропоновано унікальний підхід до балансування задач у серверному кластері, що має на меті оптимізацію процесу балансування за двома критеріями – продуктивність та енергоефективність обробки задач. Запропонований підхід відрізняється тим, що передбачає використання індивідуального підходу до визначення енергетичних моделей вузлів кластера та розподіл задач з урахуванням їх енергетичних моделей. Запропонований підхід зокрема може бути доцільним у разі поширення сервісів Internet of Things та M2M.

### Література

1. Гольдштейн, Б. С. Сети связи пост-NGN / Б. С. Гольдштейн, А. Е. Кучерявый. – Санкт-Петербург: БХВ-С. Петербург, 2013. – 160 с.
2. Globa L.S., Kurdecha V.V., Ishchenko I.O., Zakharchuk A.G. An approach to the Internet of Things system architecture. CADSM'2017.
3. Hadjila, M. A Routing Algorithm based on Fuzzy Logic Approach to Prolong the Life-time of Wireless Sensor Networks / Hadjila M., Guyennet H., Feham M // International Journal of Open Scientific Research IJOSR. – Oct. 2013. – Vol.1, № 5. – PP.24-35.