

3. Енергетична стратегія України до 2035 року «Безпека, енергоефективність, конкурентоспроможність». Розпорядження КМУ від 18.08.2017 No. 605-г
4. IAEA A project develops road mapping tool for future nuclear energy systems (2018) [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.iaea.org/newscenter/news/iaea-project-develops-roadmapping-tool-for-future-nuclear-energy-systems>
5. http://www.energoatom.kiev.ua/files/file/itogi_06_2018.pdf
6. Framework for Assessing Dynamic Nuclear Energy Systems for Sustainability: Final Report of the INPRO Collaborative Project GAINS. – Vienna: IAEA, 2013. – 271 p. – (IAEA Nuclear Energy Series. No. NP-T-1.14).
7. Uranium 2014: Resources, Production and Demand (2014). [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.oecd-nea.org/ndd/pubs/2014/7209-uranium-2014.pdf>
8. Про схвалення Концепції Державної цільової економічної програми розвитку атомно-промислового комплексу на період до 2020 року Кабінет Міністрів України (2016) [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.kmu.gov.ua/ua/npras/249592822>

Поступила 1.10.2018р.

УДК 004.896

С.В. Сушко, Київ

О.А. Чемерис, Київ

ВИЗНАЧЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ ОБЧИСЛЕНЬ НА РІЗНИХ ОБЧИСЛЮВАЛЬНИХ СИСТЕМАХ

Abstract. The article reviews green computing issues. For the green computing purpose two different computing systems are compared by the energy efficiency factor. Measurements of the execution time and energy consumption are performed for the set of the test programs. Results of the measurements and comparison of the energy efficiency are provided.

Актуальність

Розвиток обчислювальних систем головним чином спрямований на збільшення обчислювальної потужності та швидкодії. Водночас важливим критерієм обчислювальних систем є їх енергоспоживання [1].

Енергоспоживання є важливим параметром різноманітних обчислювальних систем. Для серверних обчислювальних систем, GRID систем енергоспоживання важливе з точки зору суттєвого збереження коштів на електроенергію, як внаслідок прямого розсіювання тепла, так і втрат на кондиціонування приміщень. Мобільні обчислювальні системи, що є більш енергоефективними, довше працюють від елементів живлення і, таким чином, довше виконують обчислювальні задачі.

У різноманітних обчислювальних системах використовуються як апаратні так і апаратно-програмні засоби зниження енергоспоживання під час

обчислень та у режимі простою. Розробники процесорів, пам'яті та інших електронних пристроїв постійно їх удосконалюють у тому числі з метою зниження енергоспоживання [2 – 4].

Останніми роками важливе значення приділяються так званим «зеленим» обчисленням. Зелені обчислення являють собою комплекс підходів, що стосуються безпечних для навколишнього середовища технологій обчислень та інформаційних технологій. Це наука та практика проектування, виготовлення, використання та утилізації комп'ютерів, серверів та їх підсистем. Цей підхід націлений на те, щоби використовувати обчислювальну техніку ефективно та з мінімальним або нульовим впливом на оточуюче середовище.

Зелені обчислення це не тільки міри, що спрямовані зниження енергоспоживання. Зелені обчислення також позначають зниження використання токсичних матеріалів, переробку, повторне використання обладнання. Зелені обчислення використовують також на етапі проектування та розробки обчислювальних систем. Таким чином зелені обчислення це не тільки більш ефективного використання електроенергії. Це також комплексний підхід, що використовується на всіх етапах життя компонентів обчислювальної системи [5].

Важливою частиною зелених обчислень є зелене програмне забезпечення. Зелене програмне забезпечення це таке комп'ютерне програмне забезпечення, що може бути розроблено та використано ефективно з мінімальним впливом на навколишнє середовище або без нього. Беручи до уваги дані енергоспоживання компонентів сервера можна прийти до висновку, що на кожен ват обчислювальних ресурсів витрачається декілька ват роботи супутнього обладнання. Таким чином зниження енергоспоживання, пов'язаного з зеленим програмним забезпеченням в значній мірі знижує в додаткове енергоспоживання усієї обчислювальної системи. Отже зниження енергоспоживання на рівні виконання програмного забезпечення має мультиплікативний ефект та має практичний вплив на сумарне енергоспоживання. У той же час розробка більш ефективного програмного забезпечення потребує кваліфікованих зусиль математиків, алгоритмістів та розробників програмного забезпечення.

Постановка задачі порівняння енергоефективності різних обчислювальних систем

Енергоспоживання є важливим параметром зелених обчислень, що може бути вимірний інструментально. Для порівняння енергоефективності двох або декількох різних обчислювальних систем може бути порівняна кількість електроенергії, що необхідна для обчислення тієї ж самої визначеної обчислювальної задачі або програми. Такий підхід дозволяє абстрагуватись від безпосередніх обчислювальних характеристик систем, а зосередитись виключно на їх енергоефективності. Також такий підхід дозволяє знайти

найбільш енергоефективні обчислювальні системи для різних заданих програм.

Сумарна енергія E , що необхідна для обчислення програми з часом виконання T визначається за формулою:

$$E = \int_0^T p(t) dt, \quad (1)$$

де $p(t)$ – функція електричної потужності, що споживається, від часу виконання програми. Якщо прийняти P_{cp} за середню електричну потужність, що споживається, формула (1) може бути представлена як:

$$E = P_{cp} \cdot T, \quad (2)$$

Порівнюючи енергії обчислення для різних обчислювальних систем можна зробити порівняльні висновки, щодо ефективності однієї обчислювальної системи відносно іншої. За критерій енергоефективності візьмемо коефіцієнт енергоефективності, що дорівнює добутку двох енергій обчислень:

$$K_{ee} = \frac{E_1}{E_2}, \quad (3)$$

Експерименти

Для порівняння двох обчислювальних систем було обрано систему на базі чотирьохядерного процесора Intel Core i5-4670K під керуванням операційної системи Ubuntu 14.04 LTS [6] та обчислювальну систему Raspberry Pi 3 version B [7] на базі ядра ARMv8 та під керуванням операційної системи Ubuntu Mate 16.04 32bit. Незважаючи на те, що обидві обчислювальні системи чотирьохядерні, вони мають багато відмінностей – різна архітектура ядер, частоти процесорів, розмір кешів та набір інструкцій. В той же час обидві системи дозволяють компілювати та запускати C код. Для репрезентативності отриманих результатів було обрано набір тестових програм з пакету Polybench C 4.1 [8]. Цей набір тестових програм включає алгоритми з лінійної алгебри, числового аналізу, моделювання фізичних процесів та інші.

Заміри часу виконання виконувались програмно. Енергоспоживання ПК вимірювалось від розетки без монітору. Енергоспоживання Raspberry Pi 3 виконувалось від порту USB, по якому надходило живлення плати.

Для обох обчислювальних систем робилось 2 виміри – вимір часу виконання та середнього енергоспоживання. Для визначення сумарної енергії обчислень застосовувалася формула 2. Для порівняння енергоефективності двох обчислювальних систем знаходилося співвідношення між енергіями згідно формулі 3. Виміряні дані та розрахований коефіцієнт енергоефективності наведено в табл. 1. Також коефіцієнт енергоефективності по різним тестовим програмам зображено на рисунку.

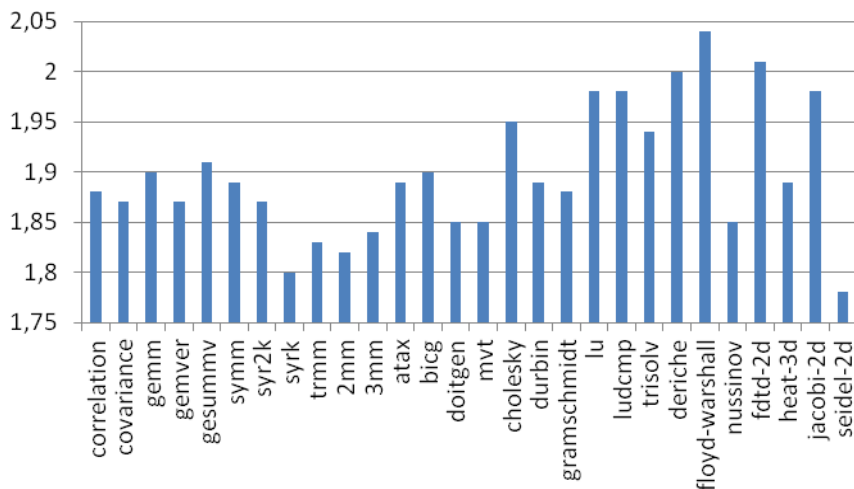


Рис. Коефіцієнти енергоефективності для різних тестових програм

Таблиця 1

Результати вимірів для обох обчислювальних систем

Тестова програма	Обчислювальна системи на базі Intel Core i5-4670K			Обчислювальна система Raspberry Pi 3			K _{ee}
	Час виконання, сек	Енергоспоживання, Вт	Витрачена енергія, Вт*с	Час виконання, сек	Енергоспоживання, Вт	Витрачена енергія, Вт*с	
correlation	0,0088	109	0,954	0,344	1,880	0,647	1,88
covariance	0,0086	111	0,951	0,352	1,875	0,661	1,87
gemm	0,7605	116	88,224	22,789	1,895	43,186	1,90
gemver	0,3985	105	41,839	4,826	1,870	9,024	1,87
gesummv	0,0240	106	2,543	0,418	1,905	0,797	1,91
symm	0,0112	109	1,223	0,411	1,890	0,777	1,89
syr2k	0,0160	110	1,756	0,996	1,865	1,857	1,87
syrk	0,0043	111	0,482	0,190	1,800	0,343	1,80
trmm	0,0044	109	0,483	0,156	1,825	0,285	1,83
2mm	0,0133	109	1,452	0,432	1,820	0,786	1,82
3mm	0,0203	108	2,191	0,644	1,835	1,182	1,84
atax	0,0054	112	0,601	0,187	1,890	0,354	1,89
bicg	0,0113	106	1,195	0,192	1,895	0,364	1,90

doitgen	0,4980	112	55,775	10,445	1,845	19,271	1,85
mvt	0,0618	104	6,425	0,506	1,850	0,936	1,85
cholesky	0,0083	107	0,886	0,189	1,950	0,368	1,95
durbin	0,0094	108	1,017	0,292	1,885	0,550	1,89
gramschmidt	0,0152	110	1,673	0,451	1,880	0,848	1,88
lu	0,0185	108	1,994	0,863	1,975	1,705	1,98
ludcmp	0,0177	114	2,017	0,588	1,975	1,161	1,98
trisolv	0,0094	112	1,053	0,190	1,935	0,368	1,94
deriche	0,7520	104	78,209	4,229	1,955	8,267	2,00
floyd-warshall	0,0819	108	8,842	1,589	2,040	3,241	2,04
nussinov	0,0217	105	2,273	0,407	1,850	0,752	1,85
fdtd-2d	0,0100	115	1,146	0,639	2,005	1,280	2,01
heat-3d	0,0205	109	2,236	0,914	1,885	1,722	1,89
jacobi-2d	0,0142	110	1,557	0,590	1,975	1,164	1,98
seidel-2d	0,1531	100	15,309	1,344	1,780	2,392	1,78

Висновки

Як наведено в табл.1, отримані дані свідчать про кращу енергоефективність обчислювальної системи Raspberry Pi 3 ніж обчислювальної системи на базі Intel Core i5-4670K. Коефіцієнт енергоефективності Raspberry Pi 3 вищий у 1.78-2.04 рази. Коефіцієнт енергоефективності лежить в достатньо вузькому проміжку, що може свідчити про те, що обрані тестові програми мають приблизно однакову структуру обчислень.

Якщо розглянути час виконання програм, то в середньому він приблизно в 25 разів швидше на базі Intel Core i5-4670K. Водночас енергоспоживання в середньому приблизно в 50 разів краще на Raspberry Pi 3.

Отримані результати свідчать, що з точки зору енергоефективності однозначно краще Raspberry Pi 3. В той же час, враховуючи надзвичайно велику різницю в обчислювальній потужності, ці обчислювальні системи не можуть бути взаємозамінні. Алгоритми, що потребують великих об'ємів обчислення можуть бути обчислені на базі Core i5-4670K, що вимагатиме набагато меншого часу для обчислень.

1. Samee Ullah Khan, Lizhe Wang, Laurence T. Yang, Feng Xia. Green computing and communications - Springer Science+Business Media, LLC 2011.
2. Mohammed Anwar Mohammed, Danial Abdulkareem Muhammed, Jaza Mahmood Abdullah. Green Computing Beyond the traditional ways. – University of Sulaimani / Том.3 Липень/Серпень 2015.
3. Kevin Brelford, Serafin A. Perez Lopez, Santiago Fernandez-Gomez. Energy efficient computation: A silicon perspective. – Integration the VLSI Journal 47(1):1–11, січень 2014.

4. *Hindle Abram*. Green Software Engineering: The Curse of Methodology. IEEE 23rd International Conference on Software Analysis, Evolution, and Reengineering (SANER), 2016.
5. *Monika Żygadlo, Jerzy Kotowski, Jacek Oko*. Green computing and energy storage systems – 10-th Conference on Interdisciplinary Problems in Environmental Protection and Engineering EKO-DOK 2018, E3S Web of Conferences 44, 00202 (2018)
6. *А. Чемерис, С. Сушко*. Исследование быстродействия и энергопотребления при автоматической оптимизации методами разбиения на блоки и распараллеливания для вычислений на платформе x64 // Збірник наукових праць Інституту проблем моделювання в енергетиці ім. Г.С. Пухова, 2017. – Вип. 80. – С.52-60.
7. *A. Chemeris, D. Lazorenko, S. Sushko*. Influence of Software Optimization on Energy Consumption of Embedded Systems – Green IT Engineering: Components, Networks and Systems Implementation. Springer, 2017.
8. *L.-N. Pouchet*, The polyhedral benchmark suite [Online]. Available: <http://web.cs.ucla.edu/~pouchet/software/polybench/> 22 Sept 2016.

Поступила 8.10.2018р.

УДК 620.9.338.242.4

С.Є. Саух, Київ

О.М. Джигун, Київ

МОДЕЛЬ ОБЧИСЛЕНЬ ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ ПАРАМЕТРІВ ВИСОКОВОЛЬТНИХ ЛІНІЙ ЕЛЕКТРОПЕРЕДАЧІ В РІЗНИХ ПОГОДНИХ УМОВАХ

Abstract. We present the calculation model in the Excel environment for determination of parameters of high-voltage transmission lines depending on temperature and humidity of air.

Відомо, що на експлуатаційні режими функціонування високовольтних ліній електропередачі (ЛЕП) суттєво впливають кліматичні особливості району, в якому прокладено лінії. На режими функціонування ЛЕП впливають температура і вологість повітря, швидкість і напрямок вітру, опади та їх вид (сніг, дощ), а також види атмосферних явищ (ожеледь, наморозь) [1].

Характер клімату будь-якого району може бути встановлений в результаті статистичної обробки систематичних багаторічних метеорологічних спостережень, на підставі яких робиться вивчення причин виникнення тієї або іншої погоди, її стійкості і мінливості в різну пору року. Такі спостереження робляться на метеорологічних станціях і постах у багатьох пунктах України [1].