

ЕКОЛОГІЧНИЙ МОНІТОРИНГ, ПРОГНОЗУВАННЯ ТА ОЦІНКА СТАНУ ДОВКІЛЛЯ

УДК 502:517

DOI: 10.31471/2415-3184-2021-1(23)-54-59

І. Я. Климчук

*Івано-Франківський національний
технічний університет нафти і газу*

ЕФЕКТИВНІСТЬ ЕКОЛОГО-КЛІМАТИЧНОГО ТА ІНШИХ МОДЕЛЮВАНЬ ШЛЯХОМ РОЗПОДІЛЬНИХ ОБЧИСЛЕНЬ

Сучасні наукові моделі потребують значних обчислювальних потужностей і доступу до можливостей суперкомп'ютерів. Для вирішення цієї проблеми використовується система розподільного обчислення BOINC, яка базується на відкритій програмній платформі університету Берклі для GRID обчислень – програмне забезпечення для розподілення між персональними комп'ютерами масиву інформації і подальшого математичного опрацювання. З даною системою працюють безліч університетів світу з багатьох країн для розв'язання поставлених завдань, та сформовані національні центри з розподільних обчислень, до яких входять безліч команд та поодиноких волонтерів.

В Україні такий центр носить назву Український національний грід (УНГ) і є єдиною дослідницькою національною е-інфраструктурою України, яка об'єднує в собі 39 ресурсних центрів науково-дослідних організацій (з них 29 належать НАН України). Інтегрованість УНГ в європейську систему допомагає спільно працювати над глобальними проблемами математики, екології та фізики, використовувати європейські ресурси для опрацювання та зберігання даних.

Математичні моделі набули широкого використання в екології. За допомогою яких складаються екологічні і кліматичні прогнози, моделюються фізичні властивості природних компонентів при різних умовах для забезпечення оптимальних умов певних досліджуваних явищ. Ефективність застосування грід-технологій в екології демонструється успішно завершеними і теперішніми дослідними проектами World Community Grid, результати яких мають глобальне значення.

З розвитком розподільних обчислень в науці та бумом популярності криптографії постає питання про доцільність використання доступним користувачам стаціонарних ПК (персональний комп'ютер) з їхніми потенційно низькими потужностями та необхідність аналізу їх ефективності в різноманітних грід-проектах для визначення найбільш ефективного використання.

Ключові слова: розподільні обчислення, екологічне моделювання, кліматичне моделювання, обчислювальні потужності, суперкомп'ютер, проекти, глобальні проблеми, World Community Grid.

Постановка проблеми: Грід-технології, система BOINC та розподільні обчислення в Україні є мало розвинутих напрямком досліджень. Спостерігається слабка тенденція задіяння грід-технологій в університетських науково-дослідних проектах і роботах для розв'язання глобальних та локальних екологічних проблем, низький рівень вивченості ефективності використання користувачами власних ПК в розподільних обрахунках різноманітних екологічних і інших проектів. Недостатня кількість інформації для волонтерів по ефективності їх користувацьких ПК в найпопулярніших глобальних проектах світової системи грід-обрахунків.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Застосування хмарних обчислень і грід-технологій для організації колективного використання обчислювальних ресурсів в науково-дослідній та навчальній роботах є актуальним [1]. Узагальнену характеристику використання було неодноразово наведено, але оскільки система розподільних обчислень набувала більшої популярності і широкого застосування, то сформувалася потреба в оновленні характеристикних даних [2]. Функціонал платформи BOINC залишається вивченим, однак присутня недостатня

кількість інформації про вплив клієнта програми на ПК [3]. Дослідження екологічного проекту прогнозування клімату на платформі BOINC було проведено в рамках розбору проекту на складові частини, тому залишається необхідність комплексної оцінки екологічних проектів з порівняльними аспектами [4].

Мета та завдання роботи. Мета роботи полягає в оцінці ефективності розподільних обчислень звичайних стаціонарних ПК для екологічно-кліматичного моделювання та доцільності використання системи BOINC для цих цілей.

Основним завданням даної роботи є визначити найпотужніші суперкомп'ютери та провести порівняльну характеристику з розподільними обчисленнями системи BOINC, дослідити використання екологічного та кліматичного моделювання та прийняти участь в реальних проектах системи BOINC для визначення обчислювальних потужностей стаціонарного ПК.

Викладення основного матеріалу. BOINC – це ефективна платформа з підтримкою різноманітних пристроїв і їх конфігурацій для розподілених обчислювальних процесів з високою пропускну здатністю, тобто великої кількості незалежних обчислювальних завдань, де метою ефективності є висока швидкість виконання роботи, а не низький час виконання окремих завдань. Системою також пропонується механізми низького рівня для розподільного зберігання даних. BOINC має архітектуру клієнт/сервер: сервер розподіляє завдання, тоді як клієнт працює на робочих вузлах, які виконують завдання [5]. Загальнодоступність використання системи забезпечує GNU Library General Public License – безкоштовна ліцензія на використання програмного забезпечення, яка видана для BOINC фондом вільного програмного забезпечення FSF.

Середня обчислювальна потужність платформи BOINC складає 30,515 петафлопс, 80960 учасників та 302608 персональних комп'ютерів станом на 28 лютого 2021 рік [6]. Платформа BOINC з показником розподіленої обчислювальної потужності 30,515 петафлопс входить в десятку найпотужніших суперкомп'ютерних систем з не розподільним обчисленням інформації за дослідними даними проекту ТОП500 університету Берклі [7].

На основі отриманих порівняльних даних з табл. 1 можна прослідкувати ефективність системи BOINC в обчисленні великих масивів даних.

Таблиця 1

Порівняння системи BOINC з суперкомп'ютерними системами не розподільного обчислення (станом на листопад 2020 року) за максимальним показником потужності

№	Назва системи	Максимальний показник, петафлопс/с
1	Supercomputer Fugaku	442010
2	Summit	148600
3	Sierra	94640
4	Sunway TaihuLight	93015
5	Selene	63460
6	Tianhe-2A	61445
7	JUWELS Booster Module	44120
8	HPC5	35450
9	BOINC	30515
10	Frontera	23516
11	Dammam-7	22400

В екології система BOINC використовується для моделювання різноманітних фізичних процесів та прогнозування кліматичних змін. Найбільший з екологічно-кліматичних проектів є World Community Grid компанії IBM, основною метою якого є некомерційні дослідження деяких з найбільш актуальних проблем людства, створивши найбільшу в світі добровільну обчислювальну мережу. Дослідження включають в себе сонячну енергію, кліматичні зміни, чисту воду та багато інших напрямків. Зокрема дослідники IBM використовують мережу BOINC для імітації опадів в Африці на південь від Сахари. Ці моделювання можуть забезпечити кращі прогнози для місцевих фермерів, які можуть допомогти їм успішно вирощувати врожаї в складних кліматичних умовах.

Ще одним екологічним проектом є Climate Prediction заснований в Оксфордському університеті в інституті змін навколишнього середовища, основним завданням якого є моделювання різних аспектів кліматичних систем та визначення клімату на теперішнє століття [8].

Computing for Clean Water – успішно завершений проект, в рамках якого дослідницька група шляхом імітації водного потоку через вуглецеві нанотрубки з високим рівнем деталізації виявила

умови які призводять до збільшення швидкості дифузії води на 300% через нанотрубки. На основі результатів проекту створено новий клас фільтруючих матеріалів, які в подальшому спрямовані на розвиток недорогих та більш ефективних фільтрів для води [9].

У всіх проектах World Community Grid на системі BOINC задіяно 111 тис. користувачів, активними в середньому є близько 38 тис. користувачів, а загальна кількість обрахунків від всіх в системі складає 1.77073% з середнім числом операцій з плаваючою точкою в секунду 543,255 терафлопс див. рис. 1[10].

В проектах передбачення клімату Climate Prediction задіяно близько 2 тис. користувачів, активними в середньому з яких є близько 700 користувачів, а кількість обрахунків в системі BOINC складає тільки 0,03762% від всіх проектів, середнє число операцій з плаваючою точкою в секунду для проекту складає 11,512 терафлопс див. рис. 1 [11].

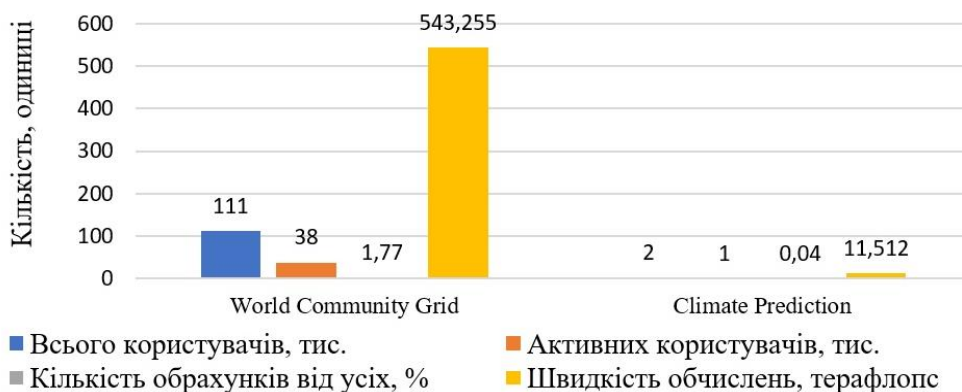


Рис. 1. Порівняльна характеристика екологічних проектів World Community Grid та Climate Prediction

Отже, проаналізувавши показники найпопулярніших екологічних проектів на системі BOINC можна зробити висновок про низькі показники задіяння користувачів від загальної кількості проектів, та можна виділити проект World Community Grid як найбільш оптимальний для прийняття участі за кількістю користувачів та великих об'ємів завдань для розподільного обчислення.

На волонтерських засадах в рамках дисертаційного дослідження водних ресурсів було прийнято участь в проекті World Community Grid для дослідження середньої обчислювальної швидкості використовуваного стаціонарного ПК та для доцільності планування комп'ютерних моделей та розуміння обчислюваних можливостей, а також в проектах MilkyWay@home, Collatz@home для аналізу використання в обчисленні різноманітних комбінацій чіпів, таких як ЦП (центральний процесор), ГП (графічний процесор) та обчислення декількох завдань одночасно з розподіленням потужності ЦП, а також для аналізу залежності енергоспоживання і тепловиділення від задіяної потужності. Дослід включав в себе ПК з наступними характеристиками табл. 2.

Таблиця 2

Характеристики задіяного ПК та налаштування максимальної потужності

№	Основні комплектуючі	Кількість, деталей	Робоча тактова частота, МГц	Задіяна потужність, %
1	ЦП AMD FX-8350 8 CORE	1	3950	75
2	ГП GT 710 1GB	1	1084	100
3	ОЗУ 8GB	1	1866	100
4	SSD 260 GB	1	-	100
5	Блок живлення 500W	1	-	100
6	Інтернет підключення 70 Mbps	1	-	100

Експериментальним шляхом було визначено низький вплив кількості та швидкості ОЗУ (оперативна пам'ять) на обчислювальну здатність ПК та було вирішено використовувати центральний процесор на тактовій частоті 3,95 ГГц, що є нижче заявленої виробником рекомендованої частоти для цього типу процесорів, також для зменшення нагріву центрального

процесора було встановлено в клієнті BOINC обмеження на використання не більше 75% його потужності, що задіяло тільки 6 фізичних ядер центрального процесора з 8 доступних.

Показники зміни температури ЦП, ГП та споживання енергії в залежності від відсотку задіяння можна спостерігати на графіку рисунок 2.

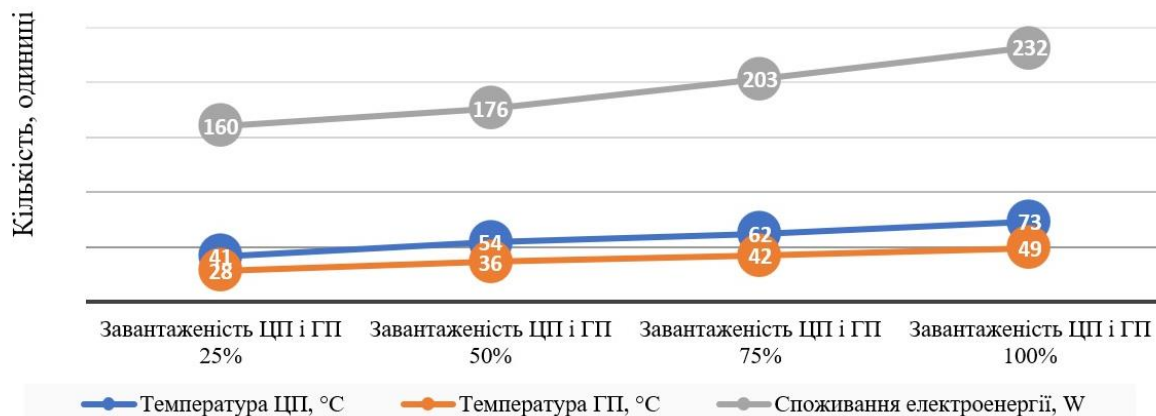


Рис. 2. Температурна залежність ЦП, ГП та електроспоживання від навантаження клієнтом BOINC

Завдання проекту World Community Grid підтримують тільки використання ЦП, тим самим роблять неможливим використанням ГП. Відповідно до обмежень було проаналізовано в даному проекті тільки середню обчислювальну здатність ЦП та визначено приблизний час виконання обрахунків. Середній об'єм обрахунків завдань проекту World Community Grid складав – 31277 гігафлопс, середній показник затраченого часу на обрахунок одного завдання – 120 хв., а середній показник використання ОЗУ – 188,45 мб. Тобто, можливе обчислення 12 завдань проекту за 1 добу в об'ємі обрахунків 375324 гігафлопс.

Використання комбінацій чіпів в проекті MilkyWay@home показало наступні результати. Використовуючи ЦП показник середнього об'єму обрахунків складав – 27900 гігафлопс, використовуючи ГП – 61020 гігафлопс, а використання потужностей ЦП і ГП – 118008 гігафлопс. Показник використання ОЗУ не перевищував 200 мб. Відповідно до результатів спостережень було встановлено, що найбільше ефективним є використання ГП і ЦП в проектах де це можливо з об'ємом обрахунків 3186216 гігафлопс за 1 добу.

Використання ГП в проекті Collatz@home показало найвищі обчислювальні показники. Середній об'єм обрахунків з використанням ГП склав 145850,66 гігафлопс за годину, що потенційно може сягати 3500415,84 гігафлопс за 1 добу.

Порівняльні показники можна спостерігати на гістограмі рис. 3 та круговій діаграмі рис. 4.

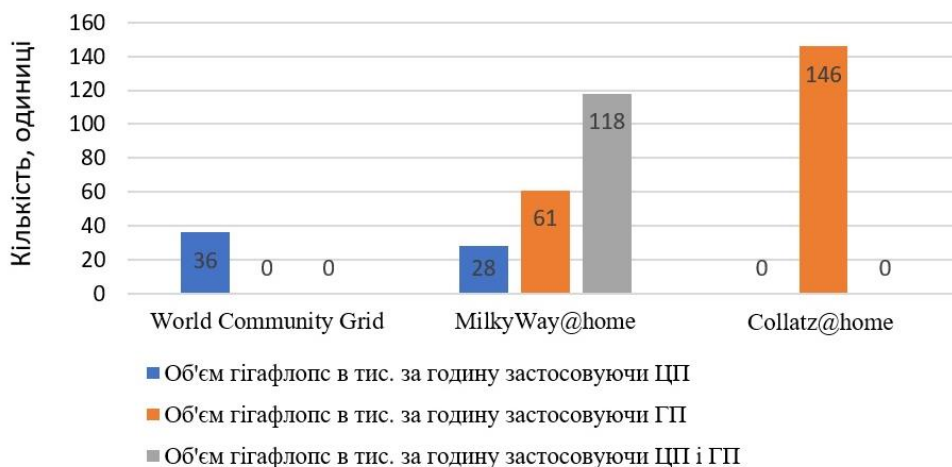


Рис. 3. Об'єм обчислень в різних проектах при використанні різних обчислювальних чіпів

Висновки. Сукупність користувацьких ПК в системі розподільних обчислень проектів BOINC за швидкістю обчислень близькі до десятки найшвидших суперкомп'ютерів, що демонструє ефективність системи в ґрід-обчисленнях.

Проаналізувавши існуючі та завершені проекти можна зробити висновок, що BOINC – це доцільний інструмент для використання університетами, які не мають доступу до суперкомп'ютерів але мають наукові проекти з необхідністю використання великих обчислювальних швидкостей для обробки інформації, моделювання чи прогнозування. BOINC – ефективний інструмент, як платформа розподільних обчислень для глобальних екологічних моделей та прогнозів з інтуїтивним та доступним функціоналом, з безліччю налаштувань. Який підходить науковцям для тестування власних обчислювальних можливостей шляхом реального залучення до сприяння і вирішення глобальних завдань екології і людства.

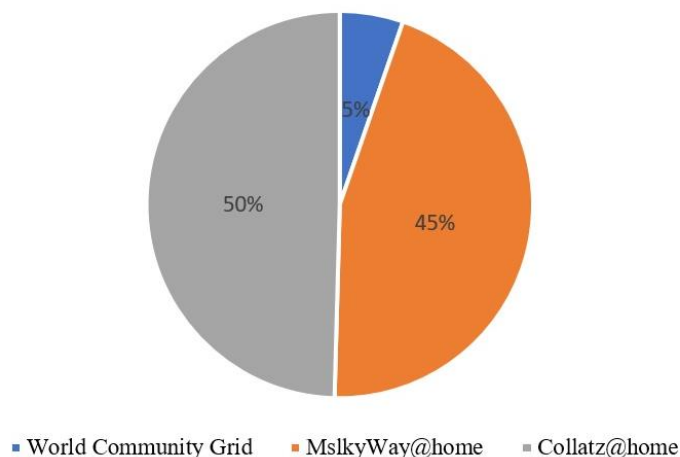


Рис. 4. Загальний об'єм обчислень за добу в досліджуваних проектах

Дослідним шляхом використовуючи середньостатистичний ПК встановлено перевагу використання графічного процесора над центральним для обчислення завдань проектів системи BOINC та сформовано залежність енергоспоживання та виділення тепла основними задіяними комплектуючими відповідно до обчислювальної швидкості.

Література

- 1 Хашковский В. В., Данилов И. Г., Применение облачных вычислений и grid-технологий для организации коллективного использования вычислительных ресурсов в научно-исследовательской и учебной работе // Известия ЮФУ. Технические науки. 2011. №1. С. 139- 143.
- 2 Турло О. И. Добровольный грид-вычисления // Межвузовская научная студенческая конференция «Современные компьютерные информационные технологии»: матеріали 13-ї наук. студ. конф., Мінськ, 2012. С. 150-152.
- 3 Anderson D. P., "BOINC: a system for public-resource computing and storage," *Fifth IEEE/ACM International Workshop on Grid Computing*, Pittsburgh, PA, USA, 2004, P. 4-10, doi: 10.1109/GRID.2004.14.
- 4 Електронний ресурс зі збірками наукових статей [Веб-сайт]. 2020. URL: https://www.elibrary.ru/download/elibrary_22996226_24833962.pdf (дата звернення: 26.02.21).
- 5 Boinc.berkeley.edu [Веб-сайт]. Каліфорнія, 2021. URL: <https://boinc.berkeley.edu/trac/wiki/BoincOverview> (дата звернення: 28.02.21).
- 6 Обчислювальна потужність BOINC // Обчислення для науки [Веб-сайт]. – URL: <https://boinc.berkeley.edu/computing.php> (дата звернення: 28.02.2021).
- 7 Список топ500 – листопад 2020 року // ТОП 500 [Веб-сайт]. – URL: <https://www.top500.org/lists/top500/list/2020/11/?page=1> (дата звернення: 27.02.2021).
- 8 Проекти // Climateprediction.net [Веб-сайт]. – URL: <https://www.climateprediction.net/projects/> (дата звернення: 28.02.2021).
- 9 Research: Computing for Clean Water: Project Overview // Worldcommunitygrid.org [Веб-сайт]. – URL: <https://www.worldcommunitygrid.org/research/c4cw/overview.do> (дата звернення: 28.02.2021).
- 10 Detailed stats World Community Grid // BOINC Stats [Веб-сайт]. – URL: <https://www.boincstats.com/stats/15/project/detail/overview> (дата звернення: 28.02.2021).
- 11 Detailed stats Climate Prediction // BOINC Stats [Веб-сайт]. – URL: <https://www.boincstats.com/stats/2/project/detail/> (дата звернення: 28.02.2021).

I. Klymchuk

Ivano-Frankivsk National
Technical University of Oil and Gas

EFFICIENCY OF ECOLOGICAL-CLIMATE AND OTHER MODELS BY DISTRIBUTING CALCULATIONS

Modern scientific models require significant computing power and access to the capabilities of supercomputers. The solution to this problem is the Distributed Computing Interface BOINC, based on Berkeley open software platform for GRID computing. This is a software for distributing an array of information between personal computers and further mathematical processing. Many universities in the world work with this system to solve problems, and national centers for grid computing have been established, which include many teams and individual volunteers.

In Ukraine, the center is called the Ukrainian National Grid (UNG) and is the only research national e-infrastructure in Ukraine, which brings together 39 resource centers of research organizations (29 of which belong to the NAS of Ukraine). UNG's integration into the European system helps to work together on global problems in mathematics, ecology and physics, use European resources for data processing and storage.

Mathematical models are widely used in ecology. They help to make ecological and climatic forecasts, model the physical properties of natural components under different conditions in order to ensure optimal conditions for certain phenomena under study. The effectiveness of the application of grid technologies in ecology is demonstrated by successfully completed and current research projects of World Community Grid, results of which have global significance.

With the development of distributed computing in science and the popularity of cryptography there arises the issue of the feasibility of using available desktop personal computers by users with their potentially low power and the need to analyze their effectiveness in various grid projects to determine the most effective use.

Keywords: distributed computing, environmental modeling, climate modeling, computing power, supercomputer, projects, global problems, World Community Grid.

References

- 1 Khashkovskiy V. V., Danylov Y. H., Primenenie oblachnykh vychislenii i grid-tekhnologii dlia orhanyzatsii kollektivnogo ispolzovaniia vychislytelnykh resursov v nauchno-issledovatel'skoi i uchebnoi rabote // Izvestiya YuFU. Tekhnicheskie nauki. 2011. №1. S. 139-143.
- 2 Turlo O. Y. Dobrovolnyi hrid-vychisleniia // Mezhvuzovskaia nauchnaia studencheskaia konferentsiia «Sovremennye kompiuternye informatsionnye tekhnologii»: materialy 13-i nauk. stud. konf., Minsk, 2012. S. 150-152.
- 3 Anderson D. P., "BOINC: a system for public-resource computing and storage," Fifth IEEE/ACM International Workshop on Grid Computing, Pittsburgh, PA, USA, 2004, P. 4-10, doi: 10.1109/GRID.2004.14.
- 4 Elektronnyi resurs zi zbirkamy naukovykh statei [Veb-sait]. 2020. URL: https://www.elibrary.ru/download/elibrary_22996226_24833962.pdf (data zvernennia: 26.02.21).
- 5 Boinc.berkeley.edu [Veb-sait]. Kaliforniia, 2021. URL: <https://boinc.berkeley.edu/trac/wiki/BoincOverview> (data zvernennia: 28.02.21).
- 6 Obchysliuvalna potuzhnist BOINC // Obchyslennia dlia nauky [Veb-sait]. – URL: <https://boinc.berkeley.edu/computing.php> (data zvernennia: 28.02.2021).
- 7 Spysok top500 – lystopad 2020 roku // TOP 500 [Veb-sait]. – URL: <https://www.top500.org/lists/top500/list/2020/11/?page=1> (data zvernennia: 27.02.2021).
- 8 Proekty // Climateprediction.net [Veb-sait]. – URL: <https://www.climateprediction.net/projects/> (data zvernennia: 28.02.2021).
- 9 Research: Computing for Clean Water: Project Overview // Worldcommunitygrid.org [Veb-sait]. – URL: <https://www.worldcommunitygrid.org/research/c4cw/overview.do> (data zvernennia: 28.02.2021).
- 10 Detailed stats World Community Grid // BOINC Stats [Veb-sait]. – URL: <https://www.boincstats.com/stats/15/project/detail/overview> (data zvernennia: 28.02.2021).
- 11 Detailed stats Climate Prediction // BOINC Stats [Veb-sait]. – URL: <https://www.boincstats.com/stats/2/project/detail/> (data zvernennia: 28.02.2021).

Надійшла до редакції 11 квітня 2021 р.