

Ю. О. Андрусенко, Т. Г. Фесенко

Харківський національний університет радіоелектроніки, Харків, Україна

ГРІД-ТЕХНОЛОГІЇ В РОЗПОДІЛЕНИХ ОБЧИСЛЮВАЛЬНИХ СЕРЕДОВИЩАХ

Анотація. У статті розглянуті сучасні технології, що використовуються у розподілених обчислювальних середовищах. Метою статті є проведення порівняльного аналізу Грід та хмарних технологій та визначення особливостей Грід-технологій. В результаті проведених досліджень визначена різниця між хмарними обчисленнями та Грід-обчисленнями з погляду користувача. Показано, що існують класи завдань, які надають перевагу Грід-технології. Детально розглянуті процеси розподілу ресурсів та обчислень за допомогою Грід-технології. Сформульовані питання, що виникають при використанні GRID технології для планування нестационарних систем. Обґрунтована необхідність та актуальність розробки нових моделей, алгоритмів та стратегій організації планування в Грід.

Ключові слова: GRID-технологія, розподілена система, хмарна технологія, розподіл ресурсів.

Вступ

Розподіл ресурсів у обчислювальних середовищах з кожним роком займає все більш значуще місце. Сфера та рівень їх використання досить розрізнені, наприклад, оптимальний розподіл ресурсів відіграє одну з визначальних позицій при ефективному рішенні прикладних наукових завдань. Але для промислової сфери людської діяльності, розподіл ресурсів теж займає одне з найпріоритетних місць.

Існує багато технологій розподілених обчислень, котрі розподіляють наявні обчислювальні ресурси тим або іншим чином. З початку 21 сторіччя найбільш популярними стали GRID-технології [1, 2], після 2007 року все більшу популярність стали завойовувати хмарні технології [3–6]. Останнім часом при реалізації проєктів Інтернету речей та Big Data розробники все частіше почали звертатися до туманних технологій [7, 8]. Але дану технологію можна розглядати як прошарок між кінцевими користувачами та хмарою [9]. Але різні задачі потребують використання різних технологій, тобто завжди є завдання оцінки обраної технології. Отже, **метою статті** є проведення порівняльного аналізу Грід та хмарних технологій та визначення особливостей Грід-технологій.

Результати досліджень

1. Порівняльний аналіз Грід та хмарних технологій. З погляду користувача, різниця між хмарними та Грід-обчисленнями полягатиме в такому:

1.1. Хмарні платформи фокусуються на підході «все як сервіс». Грід обчислення фокусуються на проміжному програмному забезпеченні, яке надається у вигляді відкритих вихідних кодів або у вигляді готових пакетів. При цьому платні обчислення є лише однією з форм надання Грід. У порівнянні з цим хмарні обчислення фокусуються виключно на платному наданні інформаційних ресурсів кінцевому користувачеві. При цьому проміжне програмне забезпечення, яке б дозволило забезпечити розробку власної хмари, поки не дуже поширене.

1.2. Грід та хмарні обчислення використовуються для різних типів обчислень. Спочатку Грід обчислення були орієнтовані на вирішення наукових завдань за допомогою суперкомп'ютерних систем. В даний час Грід обчислення більше застосовуються

для науково-дослідних завдань, вирішення яких потребує об'єднання кількох суперкомп'ютерних платформ. З іншого боку, хмарні обчислення орієнтовані більше ні на вирішення окремих завдань, а на перманентне надання певних сервісів кінцевим користувачам. Вони забезпечують динамічний розподіл фізичних ресурсів для того, щоб забезпечити змінне варіюване завантаження сервісів.

1.3. Технології, що розглядаються, мають різні взаємовідносини з постачальниками ресурсів. Грід обчислення ґрунтуються на понятті віртуальних організацій, що включають кілька різних окремих організацій з чіткими правилами взаємодії між ними і чіткими політиками надання програмно-апаратних ресурсів. Концепція хмарних обчислень забезпечує можливість будь-якої компанії використовувати хмарні послуги для вирішення завдань, оплачуючи необхідні ресурси.

1.4. Дані технології мають різні сфери застосування. Грід-платформи надають основу для розгортання обчислювальної інфраструктури. Хмарні обчислення надають інтегрований підхід на всіх рівнях надання інформаційних ресурсів: IaaS, PaaS, SaaS.

1.5. Можливості для розширення кількості інтерфейсів користувача. Грід-обчислення спрямовані на надання різноманітних обчислювальних ресурсів у гетерогенних обчислювальних середовищах для вирішення конкретних завдань. Таким чином, інтерфейси Грід орієнтовані на взаємодію обчислювальних інфраструктур фізично за допомогою API, яким може скористатися тільки професійний програміст. Хмарні обчислення розробляються таким чином, щоб надавати інтерфейси кінцевим користувачам через веб-доступ або через API. На кожному шарі надання послуг (IaaS, PaaS, SaaS) надається власний інтерфейс. Підвищення рівня абстракції дозволяє забезпечити застосування хмарних обчислень як на рівні окремих користувачів, так і на рівні корпоративних клієнтів. Загалом, Грід-обчислення забезпечують об'єднання гетерогенних обчислювальних ресурсів в єдине обчислювальне середовище. Це те, з чого починаються і на чому ґрунтуються хмарні обчислення. Хмарні обчислення забезпечують більш високий рівень абстракції, надаючи обчислювальні ресурси кінцевим користувачам (чи то приватні клієнти чи організації) у вигляді сервісів.

Отже, бачимо, що існують класи задач, орієнтовані як на хмарні технології, так і на Грід-технології.

2. Розподіл ресурсів та обчислень за допомогою GRID технології. При доступі, використанні та розподілі ресурсів в нестационарних розподілених гетерогенних обчислювальних середовищах, виникають певні труднощі, це створює додаткову складність для користувачів, постачальників ресурсів та постачальників послуг. Користувачам дані надаються по запиту через Інтернет. Особливо суттєво це у процесі розподілу ресурсів для класу NP-складних задач.

Розглянемо моделі та алгоритми планування виконання обчислювальних робіт за допомогою GRID технології. При плануванні обчислень перш за все необхідно визначити перелік завдань та перелік ресурсів, спираючись на обрані критерії оптимізації. Для цього використовуються два основних підходи: статичний та динамічний. При статичному підході розглядаються характеристики процесорів, операційні системи тощо. Для подолання негативних наслідків розподілу ресурсів в нестационарних розподілених гетерогенних обчислювальних середовищах, використовується саме динамічне планування обчислень, а адаптивний підхід задовольняють GRID технології.

Основне завдання «Грід» – узгоджений розподіл ресурсів та вирішення завдань в умовах динамічних, багатопрофільних віртуальних організацій.

Розподіл ресурсів – це не просто обмін файлами, а прямий доступ до комп'ютерів, програмного забезпечення, даних та інших ресурсів, які потрібні для спільного розв'язання задач.

До основних переваг Грід-технології для розглядаємих завдань можна віднести такі:

- гнучкі механізми розподілу ресурсів;
- розвинена система контролю використовуваних ресурсів;
 - розподілений доступ до різних ресурсів, починаючи від програм, файлів та
 - даних закінчуючи комп'ютерами, сенсорами та мережами;
 - різні моделі використання ресурсів (від однокористувацьких до розрахованих на багато користувачів, від високопродуктивних до мало витратних), що включають регулювання якості обслуговування, планування, перерозподіл та ведення обліку ресурсів
- Дослідження та розробки для Грід-середовища призвели до необхідності розробки протоколів, сервісів та інструментарію, спрямованого на:
 - рішення з безпеки, що підтримують управління сертифікацією та
 - політиками безпеки;
 - протоколи управління ресурсами та сервісами, що підтримують безпечний віддалений доступ до обчислювальних ресурсів та ресурсів даних, а також перерозподіл різних ресурсів;
 - протоколи запиту інформації та сервіси, що забезпечують налаштування та моніторинг стану ресурсів;
 - сервіси обробки даних, що забезпечують пошук та передачу наборів даних між системами зберігання даних та додатками.

Кожна з вище перерахованих ітерації проводиться на різних рівнях архітектури Грід-технології (рис. 1).



Рис. 1. Рівні архітектури GRID технології

На базовому рівні не визначаються служби, що забезпечують безпосередній доступ до ресурсів, використання яких розподілено за допомогою протоколів GRID.

1. Обчислювальні ресурси надають користувачеві GRID технології процесорні потужності. Обчислювальними ресурсами можуть бути як кластери, такі окремі робочі станції. Будь-яка обчислювальна система може розглядатися як потенційний обчислювальний ресурс GRID технології.

2. Ресурси пам'яті представляють собою простір для зберігання даних. Для доступу до ресурсів пам'яті використовується програмне забезпечення проміжного рівня, що реалізує уніфікований інтерфейс управління та передачі даних.

3. Інформаційні ресурси і каталоги є особливим видом ресурсів пам'яті. Вони служать для зберігання та надання метаданих та інформації про інші ресурси.

4. Мережний ресурс є сполучною ланкою між розподіленими ресурсами Грід-системи. Основною

характеристикою мережного ресурсу є швидкість передачі даних.

Зв'язуючий рівень визначає комунікаційні протоколи і протоколи аутентифікації, забезпечуючи передачу даних між ресурсами базового рівня. Зв'язуючий рівень Грід заснований на стеці протоколів TCP/IP:

Інтернет (IP, ICMP);
транспортні протоколи (TCP, UDP);
прикладні протоколи (DNS, OSRF ...).

Ресурсний рівень реалізує протоколи, що забезпечують виконання наступних функцій:

узгодження політик безпеки використання ресурсу;

процедура ініціації ресурсу;
моніторинг стану ресурсу;
контроль над ресурсом;
облік використання ресурсу.

Колективний рівень відповідає за глобальну інтеграцію різних наборів ресурсів і може включати всі служби каталогів; служби спільного виділення, планування та розподілу ресурсів; служби моніторингу та діагностики ресурсів; служби реплікації даних.

На прикладному рівні розташовуються додатки користувача. Вони можуть використовувати ресурси, що знаходяться на будь-яких нижніх шарах архітектури GRID. Верхнім шаром в архітектурі є шар клієнта. В ньому розташовуються різні клієнти, які забезпечують взаємодію користувачів з GRID середовищем. На рівні сервісного шару забезпечується підтримка безпечних з'єднань, авторизації та аутентифікації користувачів.

Основні параметричні особливості Грід-моделей та їх відмінності від інших технологій підсумовані на рис. 2.



Рис. 2. Основні параметричні особливості Грід-моделей

3. Використання Грід-технології для планування нестационарних систем. Невизначеність у плануванні ресурсів обчислювальних систем та алгоритми, що працюють в умовах нестационарності, до якої приводять:

вимога еластичності обчислень,
зміна характеристик машин,
віртуалізація обчислень при слабкому зв'язку робіт з інфраструктурою, на якій вони виконуються,
динамічна міграція робіт,
зміна часу надання ресурсів,
неточність оцінки часу виконання робіт,
змінність часу обробки та передачі в залежності від використання ресурсів іншими користувачами,
варіативність робочого навантаження,
різноманітність часових обмежень обробки директивних термінів,
зміна пропускну здатності,
збої, кібератаки та інші явища.

Оптимізація в таких складних системах повинна враховувати не тільки продуктивність та ефективність використання ресурсів, а також вимоги користувачів щодо:

якості обслуговування,
вартості послуг,

витрат провайдерів,
середнього часу закінчення робіт,
середнього часу очікування початку виконання робіт тощо.

Необхідно вироблення фундаментальних основ планування нестационарних ресурсів, їх аналіз та розробка нових адаптивних алгоритмів для різних сценаріїв.

Використання часткових рішень, розроблених як для стаціонарних, так і для динамічних систем, призводить до необхідності суттєвого доопрацювання алгоритмів для кожної існуючої системи під конкретні умови використання, що суттєво буде збільшувати витрати та терміни впровадження цих систем.

Необхідно розглядати підходи до вирішення з різних сторін:

онлайн алгоритми,
планування робіт без достовірної інформації про параметри системи, роботи тощо.

Отже для опрацювання нестационарних систем необхідний комплексний підхід до побудови адаптивних планувальників та математичних моделей, які враховують відсутність точних знань для формування плану робіт.

Треба провести декомпозицію завдання на ряд часткових завдань, що включають:

- розробку концепції планування ресурсів у нестационарних обчислювальних середовищах;
- створення сучасних моделей та методів планування та оптимізації ресурсів в умовах змінних характеристик системи;
- розробку методів динамічного планування з механізмами адаптації до зміни параметрів середовища та непередбачуваності робочого навантаження;
- створення підходів до побудови адаптивних систем планування паралельних робіт, що динамічно масштабуються;
- підтримка механізмів адаптації до різноманітності характеристик робіт користувачів та вимог до їх виконання за допомогою різних рівнів обслуговування.

Теорія планування в Грід тісно пов'язана з множинною упаковкою смуг, яка відома як NP-важка і має багато реальних застосунків. Машини в Грід розглядаються як смуги, а застосунки – як прямокутники, висота та ширина яких рівні, відповідно, часу роботи та необхідному числу процесорів. При такій постановці завдання рішення шукаються з орієнтацією на статичні характеристики програмно-апаратної інфраструктури та додатків користувача. Для таких проблем отримані теоретичні результати, якщо час виконання робіт задано як в офлайн, так і в онлайн сценаріях. Отже, вони можуть повною мірою підтримувати ефективне функціонування середом з нестационарними характеристиками. Отже є необхідність розробки нових моделей,

алгоритмів та стратегій організації планування в Грід. Основними завданнями для досягнення цього є:

- аналіз сучасних підходів до планування робіт у нестационарних обчислювальних системах;
- розробка моделі Грід, яка не потребує достовірної інформації про параметри середовища та час виконання робіт;
- розробка алгоритмів ефективного планування незалежних паралельних робіт для різних сценаріїв;
- отримання теоретичних оцінок конкурентних та апроксимативних факторів для статичного, динамічного та адаптивного планування з різними критеріями оптимізації.

Висновки

В результаті проведених досліджень визначена різниця між хмарними обчисленнями та Грід-обчисленнями з погляду користувача. Показано, що існують класи завдань, які надають перевагу Грід-технології. Детально розглянуті процеси розподілу ресурсів та обчислень за допомогою Грід-технології. Сформульовані питання, що виникають при використанні GRID технології для планування нестационарних систем. Обґрунтована необхідність та актуальність розробки нових моделей, алгоритмів та стратегій організації планування в Грід. У підсумку можна сказати, що у сучасних Грід технологіях, можливість завершити виконання означеного обсягу роботи може бути навіть важливішим, ніж прискорення, отримане за допомогою такого виконання.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Mroz, R.S. How Advanced Nuclear Generation Technologies Support Electric Grid Resilience. *Journal of Critical Infrastructure Policy*. Vol. 3(2), pp. 29–36. DOI: <http://dx.doi.org/10.18278/jcip.3.2.4>.
2. Tang, P. A digitalization-based image edge detection algorithm in intelligent recognition of 5G smart grid. *Expert Systems with Applications*. 2019. Vol. 233, 120919. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.eswa.2023.120919>.
3. She R., Sun M. Security Energy Efficiency Analysis of CR-NOMA Enabled IoT Systems for Edge-cloud Environment. *Int. Journal of Computational Intelligence Systems*. 2023. Vol. 16(1), 118. DOI: <http://dx.doi.org/10.1007/s44196-023-00273-y>.
4. Петровська І. Ю., Кучук Г. А. Розподіл обчислювальних ресурсів у хмарних системах. *Системи управління, навігації та зв'язку*. 2022. Вип. 2 (68). С. 75–78. DOI: <http://dx.doi.org/10.26906/SUNZ.2022.2.075>.
5. Kuchuk G., Nechausov S., Kharchenko, V. Two-stage optimization of resource allocation for hybrid cloud data store. *Int. Conf. on Information and Digital Technologies*. Zilina, 2015. P. 266-271. DOI: <http://dx.doi.org/10.1109/DT.2015.7222982>.
6. Кучук Г.А., Коваленко А. А., Лукова-Чуйко Н. В. Метод мінімізації середньої затримки пакетів у віртуальних з'єднаннях мережі підтримки хмарного сервісу. *Системи управління, навігації та зв'язку*. Полтава. ПНТУ, 2017. Вип. 2(42). С. 117-120.
7. Baucas, M.J., Spachos, P. Improving Remote Patient Monitoring Systems Using a Fog-Based IoT Platform with Speech Recognition. 2023. *IEEE Sensors Journal*. Vol. 23(15). P. 17611–17618. DOI: <http://dx.doi.org/10.1109/JSEN.2023.3287916>.
8. Essalhi, S.E., Raiss El Fenni, M., Chafnaji, H. A new clustering-based optimised energy approach for fog-enabled IoT networks. *IET Networks*. Vol. 12(4). P.155–166. DOI: <http://dx.doi.org/10.1049/ntw2.12082>.
9. Sharma, M., Kaur, P. Reliable federated learning in a cloud-fog-IoT environment. *Journal of Supercomputing*. 2023. Vol. 79(14). P. 15435–15458. DOI: <http://dx.doi.org/10.1007/s11227-023-05252-w>.

Received (Надійшла) 26.06.2023

Accepted for publication (Прийнята до друку) 30.08.2023

GRID technologies in distributed computing environments

Yuliia Andrusenko, Tetiana Fesenko

Abstract. The article considers modern technologies used in distributed computing environments. Article purpose is conducting a comparative analysis of GRID and cloud technologies and identifying the features of Grid technologies. As a result of the research, the difference between cloud computing and grid computing from the user's point of view was determined. It is shown that there are classes of tasks that prefer Grid technology. Detailed processes of resource allocation and calculation by GRID technology. The questions that arise when using GRID technology for the plan-wave of non-stationary systems are formulated. The necessity and relevance of development of new models, algorithms and strategies of planning organization in GRID is substantiated.

Keywords: GRID technology, distributed system, cloud technology, resource distribution.