

Голові спеціалізованої вченої ради Д 26.185.01
Інституту проблем моделювання в енергетиці
ім. Г.Є. Пухова НАН України
03164, Київ-164, вул. Генерала Наумова, 15

ВІДГУК

офіційного опонента на дисертаційну роботу
УЗДЕНОВА ТАРАСА АМУРОВИЧА
*«Методи диспетчеризації завдань для GRID-систем
з невідчужуваними ресурсами»*,
яка подається на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук за спеціальністю
05.13.05 – комп'ютерні системи та компоненти

Дисертаційна робота Узденова Т.А. присвячена вирішенню актуального наукового завдання, що полягає в підвищенні ефективності використання GRID-систем з невідчужуваними ресурсами шляхом дослідження та розроблення нових методів для вирішення задачі диспетчеризації завдань в них, які враховували б різномірність ресурсів в таких системах.

1. Актуальність роботи

GRID – географічно розподілені обчислювальні ресурси, які об'єднані в одну обчислювальну систему. Такі системи створюються для вирішення завдань, що не можуть бути вирішеними за розумний проміжок часу на одному чи навіть декількох ПК, об'єднаних в кластер. Системи GRID можуть включати в себе будь-які обчислювальні ресурси. Такі системи потребують значних фінансових та людських витрат, оскільки вартість високопродуктивного обладнання досить висока, крім того воно потребує окремих приміщень, а також залучення кваліфікованого персоналу. При цьому будь-яка сучасна організація має багато персональних комп'ютерів, на яких працює її персонал. Використання таких ПК не є максимально ефективним, так як більшість задач, що виконуються на них, не займають і 10 – 20% від максимальної продуктивності ПК. Тому є доцільність створювати на базі таких ПК обчислювальних систем, які б дозволяли виконувати інші завдання паралельно з поточними для кожного з ПК. Такі системи називаються GRID-системи з невідчужуваними ресурсами. Ще такі системи називають настільними (Desktop GRID). Перший великий волонтерський обчислювальний проєкт SETI@home був запущений в 1999 році, створивши основу для розвитку BOINC (Відкрита інфраструктура Берклі для мережевих обчислень).

Однією з основних задач, що виникають при створенні GRID-системи з невідчужуваними ресурсами, власне як і для GRID-систем, є задача диспетчеризації завдань. Отже, в GRID-системах повинен бути реалізований

УПМЕ вк. 351
15.09.2014р

механізм планування. Він необхідний для розподілу завдань на виконання між вузлами системи, з метою мінімізації часу виконання роботи та балансування навантаження системи.

Диспетчеризація завдань в GRID-системах є достатньо складною задачею і на сьогоднішній час не існує чіткого і однозначного її рішення. Підходи, викладені в роботах Ankita Sahana S., Carastan-Santos D., De Camargo R.Y., Trystram D., Zrigui S., Dheenadayalan K., Muralidhara V.N., Srinivasaraghavan G., Naruna A.A., Jung L.T., Zakaria N., Hlaing Y.T., Yee T.T., Kaur M., Khan Z.F., Pujiyanta A., Nugroho L.E., Kumar P.P., Cordeiro D., Каляева А.І., Чернова І.А., Минухина С.В., Коровина А.В. та інших вчених є або занадто складними в реалізації (наприклад, потрібно заздалегідь знати, скільки вузлів буде в системі на протязі всього часу обчислень) або не враховують деяких важливих факторів (наприклад, того, що такі системи є досить гнучкими і постійно змінюються характеристики вузлів, може змінюватися потужність вузла, або швидкість каналу зв'язку з ним), що практично унеможливорює їх застосування для GRID-систем з невідчуваними ресурсами.

Тому розроблення та дослідження методів для вирішення задачі диспетчеризації завдань в GRID-системах з невідчуваними ресурсами є актуальним науковим завданням, що потребує вирішення.

2. Структура та зміст роботи

Дисертація містить анотацію, вступ, чотири розділи, висновки, список використаних джерел із 148 найменувань та 5 додатків. Загальний обсяг дисертації становить 158 сторінок, з яких 115 сторінок основного тексту. Робота містить 34 малюнки, 6 таблиць.

У **вступі** наведено актуальність теми, зв'язок роботи з науковими програмами і темами, сформульовано мету і задачі дослідження, описані методи дослідження, показано наукову новизну і практичне значення отриманих результатів, описано особистий внесок здобувача в праці, що виконані у співавторстві, відображено відомості про апробацію результатів і їхнє впровадження, наведено список публікацій за темою роботи.

Розділ 1 присвячений дослідженню предметної області та огляду методів диспетчеризації завдань в GRID-системах з невідчуваними ресурсами. Зокрема, **підрозділ 1.1** описує загальні характеристики GRID-систем, **підрозділ 1.2** присвячено огляду проблеми та задачі, що виникають при побудові GRID-систем, однією з яких виділено задачу диспетчеризації завдань в GRID-системах і винесено в окремий **підрозділ 1.3**. В цьому ж підрозділі проводиться аналіз існуючих методів планування. В **підрозділі 1.4** розкривається поняття невідчужуваності ресурсів у GRID-системах та встановлюється, що такі системи можуть мати ще іншу назву – Desktop GRID.

Далі в **підрозділі 1.5** описується поняття, переваги, недоліки та види Desktop GRID. **Підрозділ 1.6** присвячено опису характеристик Desktop GRID. В **підрозділі 1.7** наведена архітектура Desktop GRID на прикладі BOINC. **Підрозділи 1.8, 1.9** присвячено огляду задачі диспетчеризації завдань в Desktop

GRID та аналізу методів диспетчеризації завдань, що використовуються в реальних програмних засобах для побудови Desktop GRID.

Завершується розділ 1 підрозділом 1.10, в якому сформульовано висновки, де зазначено про те, що ключовими характеристиками нових методів мають бути простота та підвищена продуктивність в порівнянні з FCFS. Тому розроблення методів диспетчеризації завдань в GRID-системах з невідчужуваними ресурсами є актуальним науковим завданням, що потребує вирішення.

Розділ 2 присвячений розробленню методів диспетчеризації завдань в GRID-системах з невідчужуваними ресурсами. У підрозділі 2.1 наведена задача визначення методу розподілу завдань між обчислювальними вузлами GRID-системи з невідчужуваними ресурсами. У підрозділі 2.2 описано новий підхід до планування завдань в GRID-системах. У підрозділі 2.3 автором пропонується новий метод диспетчеризації завдань FSA. Описаний вище метод FSA розроблений для послідовних завдань, що не можуть бути розділені на декілька частин та бути виконаними на декількох обчислювальних вузлах. Тобто, метод FSA не дозволяє розпаралелювати завдання. У підрозділі 2.4 автором розроблено новий метод диспетчеризації завдань FSA_P. Даний метод дозволяє виконання завдань, які можна розпаралелити на декілька частин, кількість яких дорівнює кількості обчислювальних вузлів системи. У підрозділах 2.5, 2.6 описуються розроблені автором методи диспетчеризації завдань FSA Min та FSA Max, які є модифікаціями методу FSA за рахунок комбінації із загально відомими методами Min-Min та Max-Min, що розроблені для черги послідовних завдань. У підрозділі 2.7 сформовані висновки до розділу 2.

Розділ 3 присвячений аналізу існуючих засобів моделювання GRID-систем та Desktop GRID, а також розробці програмного комплексу для дослідження методів диспетчеризації завдань для GRID-систем з невідчужуваними ресурсами.

Зокрема, у підрозділах 3.1, 3.2 проводиться аналіз програмних засобів моделювання GRID-систем та Desktop GRID. Встановлено, що наразі існує чимало програмних засобів, але використання їх потребує значного доопрацювання, що є досить затратним, тому вирішено розробити програмний комплекс для дослідження розроблених автором методів диспетчеризації завдань. Підрозділ 3.3 описує розроблену автором програму-симулятор GRID-системи з невідчужуваними ресурсами, яка отримала назву SGRIDAR-1. Даний програмний комплекс складається з трьох компонентів: клієнт, хост і сервер, кожен з яких детально описується у підпунктах даного підрозділу.

У підрозділі 3.4 сформульовано висновки до розділу 3.

У розділі 4 описуються результати тестування методів FSA, FSA_P, FSA Min FSA Max на програмному комплексі SGRIDAR-1. У підрозділі 4.1 проводиться обґрунтування вибору загально відомого методу FCFS для порівняння ефективності методів FSA, FSA_P, FSA Min FSA Max з ним же. У підрозділі 4.2 описуються результати тестування. Зокрема, було проведено 3

тести, кожен з яких описано окремо у підпунктах даного підрозділу. У **підрозділі 4.3** наводиться приклад практичної задачі оптимізації розміру зображень, як однієї з можливих задач, для вирішення якої можливе використання запропонованих методів. У **підрозділі 4.4** сформульовані висновки до розділу 4.

У **висновках** сформульовані основні результати дисертації.

Додатки містять окремі деякий програмний код компонентів SGRIDAR-1, довідку впровадження результатів дисертаційної роботи в Державному університеті «Житомирська політехніка» та список публікацій здобувача за темою дисертації.

3. Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій

Наукові положення та висновки, що сформульовані в дисертації, обґрунтовані на достатньому рівні. Методи дослідження, що використовуються в роботі (об'єктно-орієнтованого програмування, пріоритетного планування, балансування навантаження в розподілених комп'ютерних системах та мережах, об'єктно-орієнтованої методології розробки і моделювання складних систем), застосовані коректно. Достовірність теоретичних результатів перевірена експериментально та підтверджується відповідним актом впровадження.

4. Достовірність результатів досліджень

Достовірність результатів дисертаційного дослідження забезпечена коректністю постановки задач з урахуванням відповідних обмежень, використанням сучасних математичних методів, узгодженням результатів з експериментальними даними, апробацією основних результатів на представницьких наукових конференціях.

Отримані результати вважаю обґрунтованими, достовірними та новими.

5. Наукова новизна дисертаційної роботи полягає в наступному:

1. Вперше запропоновано підхід до вирішення задачі диспетчеризації завдань в GRID-системах з невідчужуваними ресурсами, в якому, на відміну від існуючих, пропонується здійснювати розподіл завдань відповідно до закону балансу сил, що забезпечує розроблення простих та ефективних методів диспетчеризації.

2. Розроблено метод диспетчеризації в GRID-системах з невідчужуваними ресурсами завдань, що легко розпаралелюються (FSA_P), який, на відміну від існуючих, враховує різну обчислювальну потужність вузлів, що забезпечує близьку до максимально можливої продуктивності системи.

3. Розроблено метод диспетчеризації в GRID-системах з невідчужуваними ресурсами завдань, які не розпаралелюються (FSA), який, на відміну від існуючих, враховує різну обчислювальну продуктивність вузлів та

різні властивості завдань, що забезпечує зменшення часу виконання черги завдань.

4. Запропоновано дві модифікації методу FSA – FSA Min та FSA Max, в яких для початкового розподілу завдань використовуються ідеї методів Min-Min та Max-Min відповідно, що забезпечує зменшення часу виконання черги завдань в порівнянні з методом FSA при початковому стані системи, коли кількість завдань дорівнює або менше кількості вузлів.

6. Теоретичне та практичне значення результатів дисертаційного дослідження

Теоретична цінність отриманих в роботі результатів полягає у тому, що, запропонований підхід до вирішення задачі диспетчеризації завдань в GRID-системах з невідчужуваними ресурсами є основою для розроблення простих та ефективних методів диспетчеризації. Автором розроблено метод диспетчеризації завдань (що розпаралелюються) в GRID-системах з невідчужуваними ресурсами. Також розроблено метод диспетчеризації завдань (що не розпаралелюються) в GRID-системах з невідчужуваними ресурсами (FSA), та запропоновано дві модифікації даного методу. Серед практичного значення отриманих результатів варто виділити те, що створений автором програмний комплекс SGridAR-1 можливо використовувати для дослідження та аналізу поведінки методів диспетчеризації при зміні різних умов: кількості та об'єму завдань, кількості та потужності вузлів. Також, за допомогою SGridAR-1 можна проводити попередні дослідження щодо ефективності різних методів диспетчеризації для заданих архітектур комп'ютерних систем та завдань, що мають на них виконуватись. Крім того, даний програмний комплекс має зручний та зрозумілий інтерфейс, а клієнти (вузли) реалізовані окремими програмами, всі обчислення проходять в інтерактивному режимі. Сукупність цих факторів дозволяє використовувати даний програмний продукт в навчальних цілях.

7. Повнота викладення результатів в опублікованих матеріалах

Основні положення і результати дисертаційного дослідження опубліковані в 12 наукових роботах, з яких: 6 статей у виданнях, що входять до переліку наукових фахових видань України та інших держав (в тому числі 2 статей опубліковані у виданнях, що входять до міжнародної наукометричної бази даних SCOPUS), 6 робіт опубліковані в матеріалах міжнародних та Всеукраїнських науково-практичних конференцій.

В опублікованих працях у фахових наукових виданнях повністю викладено основні наукові положення дисертаційної роботи та отримані результати, а рівень та кількість публікацій відповідають вимогам, що висуваються до кандидатських дисертацій в Україні.

8. Автореферат ідентичний за змістом з основними положеннями дисертації і достатньо повно відображає актуальність, мету та задачі, основні

наукові положення, практичну значущість, апробацію дисертації, її зміст по розділах, та висновки. Дисертаційна робота та автореферат оформлені у відповідності з вимогами МОН України., що ставляться до кандидатських дисертацій. Зокрема **оформлення** дисертації відповідає «Вимогам до оформлення дисертації», затверджених Наказом МОН України № 40 від 12 січня 2017 р.

9. Зауваження до дисертаційної роботи:

1. В авторефераті та дисертаційній роботі при описі методів дослідження автор наводить лише невелику частину методів, що були використані. Зокрема, відсутні методи побудови інформаційно-вимірювальних систем, методи планування експерименту та обробки отриманих результатів, методи об'єктно-орієнтованого програмування та ін.

2. Автор на деяких рисунках та схемах для відображення взаємозв'язку між елементами не використовує стрілки, що знижує інформативність такого матеріалу і може привести до його неправильного трактування (рис. 1.1 на стор. 23, рис. 2.1 на стор. 46)

3. Підрозділ 1.9 «Аналіз методів диспетчеризації завдань в Desktop GRID» доцільно було б перенести до розділу 4, оскільки представлені в ньому результати співставленні з результатами підрозділу 4.1.

4. На блок-схемах, представлених в розділі 2 (рис. 2.5 на стор. 55, рис. 2.7 на стор. 60, рис. 2.9 на стор. 63, рис. 2.11 на стор. 66), автор наводить лише окремі елементи алгоритму, що значно знижує рівень їх сприйняття. Доцільно було б деталізувати блок-схеми наведених алгоритмів.

5. На рис. 3.3 стор. 77 для відображення зв'язку між елементами схеми використовуються різні типи ліній, проте не наведено їх опис.

6. В розділі 4 замість поняття «середня потужність системи» доцільно використовувати «середня відносна потужність системи» або вводити одиницю вимірювання даного параметру.

7. В роботі варто було б більше уваги приділити розкриттю вживаних понять «потужність обчислювального завдання», «потужність обчислювального вузла», оскільки не зрозумілими залишаються їх фізична та математична інтерпретація.

8. В роботі часто використовуються словосполучення «GRID-система з невідчужуваними ресурсами», «Desktop GRID», «середня потужність системи», «потужність обчислювального завдання», «потужність обчислювального вузла» та ін. Доцільно було створити список умовних позначень та скорочень та замінити ці словосполучення абрєвіатурами.

9. В роботі наявні орфографічні, пунктуаційні, лексичні і граматичні помилки.

Зроблені зауваження частково впливають на характеристику роботи, проте не впливають на загальну її позитивну оцінку.

10. Висновки

Дисертаційна робота Узденова Тараса Амуровича «Методи диспетчеризації завдань для GRID-систем з невідчужуваними ресурсами», що подана на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.13.05 – комп'ютерні системи та компоненти, є завершеною працею, в якій отримані нові науково обґрунтовані результати, задовольняє вимогам «Порядку присудження наукових ступенів», затвердженого Постановою Кабінету Міністрів України №567 від 24 липня 2013 р. (із змінами, внесеними згідно з Постановами КМУ № 656 від 19.08.2015, № 1159 від 30.12.2015, № 567 від 27.07.2016, № 943 від 20.11.2019, № 607 від 15.07.2020), які висуваються до дисертаційних робіт на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.13.05 – комп'ютерні системи та компоненти, а її автор, Узденов Тарас Амурович, заслуговує присудження наукового ступеня кандидата технічних наук за даною спеціальністю.

Офіційний опонент

старший науковий співробітник відділу
моніторингу та оптимізації теплофізичних процесів
Інститут технічної теплофізики НАН України,
к.т.н., старш. дослідник

А.О. Запорожець

