

Системы автоматизированного проектирования

УДК 004.75

В.В. Гаєвий, Л.С. Глоба, д-р тех. наук, М.Ю. Терновой, канд. тех. наук

Аналіз обчислювальних архітектур для реалізації розподіленої САПР

В данной работе приведены сравнительный анализ высокопроизводительных вычислительных архитектур, таких как вычислительный кластер, Grid, Cloud Computing, для построения базовой информационной инфраструктуры распределенных систем автоматизированного проектирования.

This paper describes a comparative analysis of high-performance computing architectures for building the core infrastructure of a distributed computer-aided design systems, such as a cluster, Grid and Cloud Computing.

Ключові слова: САПР, обчислювальний кластер, Grid, Cloud Computing

Вступ

Сучасні науково-технічні завдання та проекти вимагають від систем автоматизованого проектування (САПР) можливості аналізу і обробки об'єктів, розмірність математичної моделі яких стає все більшою [1]. Ефективність використання автономних САПР низька, оскільки вони мають велику вартість і високі вимоги до обчислювальних ресурсів, причому обсяг необхідних обчислювальних ресурсів залежить від задачі, що розв'язується [2, 3]. У разі проведення обчислень, необхідних тільки для конкретних проектів, що виконуються з невеликою періодичністю, покупка і розгортання САПР можуть виявитися недоцільними, оскільки вимагають великих початкових інвестицій. В такому випадку зручним було б технічне рішення, яке б дозволяло використовувати САПР як сервіс, а споживач цього сервісу сплачував тільки за час використання. Причому кількість обчислювальних ресурсів, що виділяються для САПР повинна змінюватися в залежності від задачі проектування.

Задля досягнення цього необхідно розгорнути САПР на основі відповідної обчислювальної архітектури, яка буде дозволяти динамічний розподіл обчислювальних ресурсів, а також підтримувати модель Software as a Service (SaaS) для користувачів САПР. Тому актуаль-

ною є задача, яка полягає в проведенні аналізу існуючих високопродуктивних обчислювальних архітектур, з метою визначення найкращої для розгортання на її основі САПР.

У даній роботі наведено порівняльний аналіз високопродуктивних обчислювальних архітектур, таких як обчислювальний кластер, Grid, Cloud Computing, для побудови базової інформаційної інфраструктури розподіленої системи автоматизованого проектування.

Загальна характеристика розподіленої САПР

Розподіленою системою автоматизованого проектування будемо називати таку САПР, характерною рисою якої є наявність компонентів - окремих структурних вузлів, що відповідають за конкретну функціональність і працюють автономно. При цьому алгоритми, що використовуються кожним із компонентів, максимально орієнтовані на використання паралелізму в процесі проектування, а також на гнучке управління паралельними частинами з метою досягнення високої ефективності застосування обчислювальної техніки.

Виділимо основні переваги розподіленої САПР [1, 2]:

- скорочення часу проектування при повному використанні наявних у розпорядженні ресурсів;
- зняття обмежень, пов'язаних з розмірністю проекту та кількістю необхідних для його реалізації сукупних ресурсів (обчислювальних процесорів, сховищ даних, пам'яті і т.д.);
- скорочення вартості проектування за рахунок більш ефективної утилізації наявних обчислювальних ресурсів;
- можливість підвищення точності розрахунків за рахунок збільшення обчислювальних ресурсів із застосуванням паралельних обчислень.

Огляд обчислювальних архітектур

На сьогоднішній день існує декілька високо-продуктивних обчислювальних архітектур, кожна з яких можна використовувати для розгортання на її основі розподіленої системи автоматизованого проектування [3-8]:

- Обчислювальний кластер;
- Grid;
- Cloud Computing.

Обчислювальний кластер. На фізичному рівні архітектура кластеру являє собою два або більше сервера (вузла), які з'єднані з використанням високошвидкісних мережевих технологій, мають однакову апаратну або віртуалізовану архітектуру, однакову операційну систему і представляються в якості єдиного інформаційно-обчислювального ресурсу. Обчислювальні кластери дозволяють зменшити час розрахунків, в порівнянні з одиночним комп'ютером, розбиваючи завдання на гілки, що виконуються паралельно, які обмінюються даними по мережі. Для обчислювальних кластерів істотними показниками є висока продуктивність процесора в операціях над числами з плаваючою точкою (flops) і низька латентність об'єднуючої мережі, і менш суттєвими – швидкість операцій вводу-виводу [5, 8, 9].

Grid. Обчислювальна Grid - це архітектура розподілених інформаційних систем для розподілених обчислень, в якій обчислювальні ресурси представлені у вигляді розподілених кластерів з'єднаних за допомогою мережі. Технології Grid підтримують спільне і скоординоване використання різномірних ресурсів в динамічних, розподілених віртуальних секціях, дозволяючи з географічно розосереджених компонентів, що застосовуються в різних секціях, створювати віртуальні обчислювальні системи, здатні спільно підтримувати необхідний рівень обслуговування. Grid, з точки зору мережевої організації, являє собою узгоджене, відкрите і стандартизоване середовище, яке забезпечує гнучкий, безпечний, скоординований розподіл обчислювальних ресурсів і ресурсів зберігання інформації, які є частиною цього середовища, в рамках однієї віртуальної організації [4, 10, 11].

Cloud Computing. Cloud Computing - це архітектура розподілених інформаційних систем і доступу на вимогу до розподілених обчислювальних ресурсних пулів (наприклад, мереж, серверів, систем зберігання, сервісів), які мо-

жуть бути швидко надані і задіяні з мінімальними зусиллями по управлінню послугами та взаємодії з постачальником послуг. Архітектура Cloud Computing дозволяє надати гнучку і масштабовану IT-інфраструктуру, або програмну платформу, в якій обчислювальні ресурси виділяються динамічно за вимогою для вирішення обчислювальних завдань, а також організувати доступ до сервісів, що вирішують ці завдання, у вигляді Software as a Service [7, 13-15].

Порівняльний аналіз можливостей реалізації розподіленої САПР на різних архітектурах

Методика проведення порівняльного аналізу обчислювальних архітектур полягає визначенні критеріїв, яким повинна задовольняти обчислювальна архітектура з точки зору побудови на її основі розподіленої САПР, та подальшому аналізу перелічених вище архітектур на відповідність цим критеріям. Архітектура, яка задовольняє найбільшій кількості критеріїв визнається найкращою для побудови розподіленої САПР.

Побудувати розподілену САПР можна на основі кожної з розглянутих вище обчислювальних архітектур. У табл. 1 наведено порівняння їх основних властивостей [5-15].

Для побудови розподіленої САПР необхідно визначити вимоги до базової інформаційної інфраструктури. Серед них можна виділити наступні:

- Надійність і відмовостійкість;
- Доступність;
- Масштабованість;
- Безпека;
- Сукупна вартість володіння.

Надійність і відмовостійкість. Однією з основних вимог до розподіленої САПР є вимога забезпечення надійності надання послуги. Користувачі повинні бути впевнені в надійності, передбачуваності та високому рівні доступності сервісу. Недостатній рівень показника відмовостійкості може призвести до відмови в обслуговуванні в критичний момент при розрахунку, що неприпустимо для систем проектування.

Доступність. Рішення має бути доступним як для інженерів, які проводять розрахунки, так і обслуговуючого персоналу САПР. Повинна бути можливість забезпечити доступність сервісів з мобільних робочих місць.

Масштабованість. Масштабованість - важливий аспект розподілених обчислювальних систем, оскільки для роботи САПР потрібна можливість працювати під великим навантаженням. Система називається масштабованою,

якщо вона має можливість нарощування додаткових ресурсів без архітектурних і структурних змін її компонентів.

Таблиця 1. Порівняння властивостей різних обчислювальних архітектур

Властивість	Обчислювальний кластер	Grid	Cloud Computing
Розподіл обчислювальних ресурсів	Розподіл строго фіксований	Спільне використання ресурсів (віртуальні організації)	Ресурси виділяються на вимогу, в залежності від навантаження
Неоднорідність ресурсів	Об'єднання однорідних ресурсів	Об'єднання гетерогенних ресурсів	Обчислювальні ресурси можуть бути гетерогенні
Віртуалізація	Віртуалізація може застосовуватися, за необхідності	Системні ресурси не віртуалізуються	Повна віртуалізація апаратних і програмних ресурсів
Самообслуговування	Відсутнє	На рівні самоорганізації Grid-вузлів	Автоматизоване управління динамічної інфраструктурою, можливість самовідновлення після збоїв
Ступінь централізації	Централізований контроль	Децентралізований контроль	Централізований контроль
Складність розгортання управління інфраструктурою	Простий у розгортанні та управлінні	Складний в розгортанні та управлінні	Складний в розгортанні, простий в управлінні
Доступ	Через локальну (корпоративну) мережу	Через програмне забезпечення проміжного рівня	Через корпоративну мережу / мережу Інтернет
Гарантії SLA	Відсутні	Відсутні	Гарантується SLA

Безпека. Повинна бути в повній мірі забезпечена конфіденційність і цілісність, як самих сервісів, так і даних.

Сукупна вартість володіння. Побудова високопродуктивних обчислювальних комплексів коштує дорого, тому при розгортанні розподіленої САПР необхідно враховувати і сукупну вартість рішення.

У табл. 2 наводиться порівняльний аналіз обчислювальних архітектур за критерієм відповідності вимогам розподіленої САПР до базової інформаційної інфраструктури [1, 2, 5-15].

Як видно з табл. 1 і табл. 2, архітектури обчислювальний кластер і Grid не повною мірою вирішують поставлену задачу, оскільки не дозволяють забезпечити необхідну гнучкість управління системою, масштабування, а також еластичність при виділенні обчислювальних ресурсів. В свою чергу використання Cloud Computing при побудові розподіленої САПР має

наступні переваги перед кластерною архітектурою та архітектурою Grid:

Управління інфраструктурою розподіленої САПР зводиться до управління безпосередньо сервісами САПР, не звертаючи уваги на забезпечення працездатності апаратної і програмної складової обслуговуючого середовища.

Забезпечення динамічного і негайного масштабування ресурсів пропорційно з попитом. Для сервісів розподіленої САПР можливості для надання обчислювальних ресурсів необмежені, з точки зору сервісу, і можуть бути отримані в будь-якій кількості і в будь-який час.

Сукупна вартість володіння рішенням, в рамках моделі SaaS, включає в себе тільки витрати на розгортання розподіленої САПР і оплату використаних обчислювальних ресурсів на роботу сервісів, а витрати на побудову та обслуговування базової інформаційної інфраструктури бере на себе провайдер.

Таблиця 2. Відповідність вимогам САПР різних обчислювальних архітектур

Вимога САПР	Обчислювальний кластер	Grid	Cloud Computing
Надійність і відмовостійкість	Побудувати відмовостійку систему дорого, при цьому отримати надвисоку доступність практично неможливо	Оскільки топологія Grid може постійно змінюватися, дуже складно гарантувати хоч якийсь рівень надійності.	Може надавати надвисокий показник SLA (Service Level Agreement), порядку 99%
Доступність	Доступно з будь-якої точки корпоративної локальної мережі	Необхідно додатково забезпечити доступність сервісів на робочих станціях	Вимагає постійне мережеве підключення до провайдера інфраструктури Cloud Computing
Масштабованість	Масштабованість на рівні додавання/видалення вузлів кластера	Масштабованість на рівні додавання/видалення Grid вузлів	Динамічне і негайне масштабування ресурсів відповідно до потреб
Безпека	Безпека рішення залежить від безпеки базової інформаційної інфраструктури в цілому	Безпека рішення залежить від конфігурації взаємодії між вузлами та обраної політики контролю доступу	Безпека системи гарантується провайдером інфраструктури Cloud Computing
Сукупна вартість володіння	Включає в себе як початкові інвестиції в базову інформаційну інфраструктуру, так на побудову і розгортання розподіленої САПР, так і витрати на обслуговування інфраструктури та сервісів САПР	Включає в себе як початкові інвестиції на побудову інфраструктури GRID та розгортання розподіленої САПР, так і витрати на обслуговування інфраструктури та сервісів САПР	Включає в себе тільки витрати на розгортання розподіленої САПР і оплату витрачених обчислювальних ресурсів на роботу сервісів

Висновки

На основі проведеного порівняльного аналізу обчислювальних архітектур можна зробити висновок, що архітектура Cloud Computing повністю відповідає висунутим вимогам до базової інфраструктури розподіленої САПР і має ряд переваг, у порівнянні з кластерною архітектурою та архітектурою Grid. Використання Cloud Computing є доцільним при побудові базової інформаційної інфраструктури для організації розподілених високопродуктивних обчислень, що здійснюються при вирішенні задач проектування. Використання цієї архітектури дозволить в географічно розосереджених центрах обробки даних, створювати і віртуалізувати високопродуктивні обчислювальні системи автоматизованого проектування, які здатні самостійно підтримувати необхідний рівень обслуговування.

Література

1. *Норенков І.П.* Основы автоматизированного проектирования. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2002 – С. 36-58
2. *Величkevич С.В.* Исследование технологий построения распределенной САПР // Электроника и связь. – 2005, № 25. – С.89-94.
3. Использование Грид-технологий для построения распределенных САПР [Электронный ресурс]. – Электрон. текстовые данные. – Режим доступа: http://www.relarn.ru/conf/conf2005/section5/5_02.html Понеділок, 5 березня 2012
4. *Петренко А.І.*, Величkevич С.В. Розподілена САПР з використанням технологій Grid сервісів // Наукові вісті НТУУ «КПІ». – 2004. – № 3. – С. 30–37

5. High Performance Computing and Windows Compute Cluster Server [Электронный ресурс]. – Электрон. текстовые данные. – Режим доступа: <http://technet.microsoft.com/en-us/magazine/2008.02.ccs.aspx> Суббота, 25 лютого 2012
6. *Величкевич С.В.*, Петренко А.И. Распределенная, интегрированная вычислительная среда Grid // Электроника и связь, 2003 – С.36-42.
7. The NIST Definition of Cloud Computing [Электронный ресурс]. – Электрон. текстовые данные. – Режим доступа: <http://csrc.nist.gov/publications/nistpubs/800-145/SP800-145.pdf> Понеділок, 27 лютого 2012
8. *Yang L.*, *Guo M.* High-Performance Computing: Paradigm and Infrastructure. John Wiley & Sons, 2005 - 816 p.
9. *Juhasz Z.*, *Kacsuk P.*, *Kranzlmuller D.* Distributed and Parallel Systems: Cluster and Grid Computing. Springer, 2004 - 212 p.
10. *Петренко А.И.* Грід-системи з розробки та оптимізації інженерних рішень // Системный анализ и информационные технологии : 13-я международная научно-техническая конференция «САИТ-2011», 23-28 мая 2011, Киев, Украина : материалы. – К. : УНК "ИПСА" НТУУ "КПИ", 2011. – С. 36–37.
11. *Wilkinson B.* Grid Computing: Techniques and Applications. CRC Press, 2010 - 365 p.
12. Core Infrastructure Optimization Implementer Resource Guide [Электронный ресурс]. – Электрон. текстовые данные. – Режим доступа: <http://technet.microsoft.com/en-us/library/bb944804.aspx> Понеділок, 5 березня 2012
13. Cloud Security Alliance [Электронный ресурс]. – Электрон. текстовые данные. – Режим доступа: <http://cloudsecurityalliance.org> Понеділок, 27 лютого 2012
14. *Adams R.*, *Bauer E.* Reliability and Availability of Cloud Computing. Wiley-IEEE Press, 2012 - 352 p.
15. *Baun C.*, *Kunze M.*, *Nimis J.*, *Tai S.* Cloud Computing: Web-Based Dynamic IT Services. Springer, 2011 - 100 p.