УДК 621.398.96
О. Ю. КЛОЧКО,
Державний університет телекомунікацій, Київ

АЛГОРИТМИ ПЛАНУВАННЯ РОЗПОДІЛУ ЗАВДАНЬ У ХМАРНОМУ СЕРЕДОВИЩІ

У статті розглянуто переваги та недоліки перспективних алгоритмів планування розподілу завдань у хмарному середовищі.
Ключові слова: розподілені інформаційні системи; хмарні обчислення; планування розподілу завдань.

Вступ

Технології хмарних обчислень виступають сьогодні як важлива складова новітніх обчислювальних систем, створюваних спільними зусиллями науковців, розробників і практиків. На базі напрацьованих ними протягом останніх десятиріч обчислювальних концепцій, технологій та архітектур постав новий напрямок ІТ-галузі — *хмарні обчислення*.

Щоб отримати максимальну користь від хмарних обчислень, необхідно методи оптимізації як в архітектурі, так і в розгортанні додатків адаптувати до нових парадигм. Роль віртуальних машин (ВМ) набула особливої важливості, оскільки за допомогою технології віртуалізації інфраструктура хмарних обчислень може бути легко масштабована. Отже, розробка алгоритмів планування розподілу задач у розподіленому віртуалізованому середовищі ВМ є актуальним завданням. Конкретною метою в цьому контексті є планування розподілу виконання завдань віртуальною машиною згідно з адаптованим часом. Це, у свою чергу, потребує виявлення такої послідовності виконання завдань, за якої вони можуть бути виконані з урахуванням обмежень трансакційної логіки.

Планування розподілу завдань у хмарних обчисленнях постає серйозним викликом для розробників. Розглянемо ряд відомих ефективних алгоритмів планування розподілу завдань. Ідеться про оптимальне планування їх розподілу відповідно до вимог кінцевого користувача.

Основна частина

У загальній постановці робота з планування хмарних обчислень полягає у відправленні обчислювальних завдань багатьох користувачів до спільного пулу ресурсів згідно з установленими квотами та поточною ситуацією в хмарному середовищі. А оскільки й досі немає єдиного стандарту для планування роботи в середовищі хмарних обчислень, управління ресурсами та планування розподілу завдань виступають ключовими технологіями хмарних обчислень, які відіграють вирішальну роль в ефективному використанні хмарних ресурсів.

Практика планування визначається наявними алгоритмами планування виконання завдань, які сформувалися на даний момент у середовищі хмарних обчислень. Подамо характеристики ключових алгоритмів.

1. Ant Colony Optimization (ACO) — «оптимізація мурашника». Цей алгоритм запропонували Cristian Mateos та ін. [1]. Метою алгоритму є мінімізація як зваженого поточного часу обробки набору завдань, так і операційного часу при використанні хмарних ресурсів. В алгоритмі ACO навантаження розраховують на кожному хості, беручи до уваги використання CPU всіма ВМ, заді-яними на хості. Цей показник є корисним для вибору «мурашкою» найменш завантаженого хоста. *Parameter Sweep Experiments* — це тип чисельного моделювання, яке передбачає запуск великої кількості незалежних завдань і, як правило, вимагає значних обчислювальних потужностей. Ці завдання мають бути ефективно оброблені в різних обчислювальних ресурсах розподіленого середовища, тобто саме такого, як хмарне середовище. Отже, планування виконання завдань у зазначеному контексті відіграє головну роль. Алгоритм ACO вирізняється за такими показниками, як операційний час та витрати часу, і в цьому розумінні переважає такі алгоритми, як *Random and Best effort* [1].

2. Алгоритм планування роботи на основі моделі Бергера для хмарного середовища вперше запропонували Baomin Xu та ін. [2]. Модель Бергера справедливого розподілу базується на очікуваннях. Ця модель належить до сімейства теорій розподілу соціального багатства. Стани очікування, обґрунтовані в ряді теорій, використовуються для вивчення дійових осіб та оцінювання впливу на їхню поведінку. Зокрема, теорії станів очікування мають дослідити два питання: по-перше, як та чи інша особа генерує очікування відносно самої себе та іншої особи залежно від таких характеристик, як статус, винагорода та відмінності щодо продуктивності; по-друге, як очікування впливають на поведінку дійових осіб, наприклад на участь у прийнятті рішень. Теорії станів очікування, істотно доповнені, широко застосовуються

© О. Ю. Клочко, 2017

й тепер. Ціннісна теорія справедливості розподілу в державі становить важливу основу для визначення способу використання референтних порівнянь при з'ясуванні очікування на отримання винагороди. Очікування слугують для оцінювання справедливості (несправедливості) розподілу завдань за різних обставин.

Завдяки розширенню платформи *CloudSim* алгоритм планування розподілу завдань, побудований на моделі Бергера, реалізовано на практиці. Дієвість алгоритму підтверджено на розширеній платформі моделювання. Порівняння алгоритму на основі моделі Бергера та алгоритму з оптимальним часом виконання показує перевагу першого щодо ефективного виконання завдань користувачів, а також більшої справедливості розподілу завдань, у загальному випадку — ресурсів.

3. Алгоритм динамічного рівня планування (DLS — Dynamic level scheduling) Wei Wang та ін., розширює традиційний алгоритм DLS урахуванням надійності ресурсних вузлів [3]. Цей алгоритм надає плануванню розподілу завдань (ресурсів) на основі орієнтованого ациклічного графа (DAG) більшої обґрунтованості. Головний внесок цього підходу стосовно систем планування полягає в тому, що він істотно розширює традиційне розуміння проблеми планування, оскільки береться до уваги як час виконання завдань, так і надійність ресурсів.

Оцінювання надійності хостів у хмарному середовищі за запропонованим алгоритмом показує зменшення ймовірності відмови при призначенні завдань, а також гарантує виконання завдань у безпечному середовищі.

4. Головна ідея **алгоритму Min-Min** полягає в тому, щоб якомога швидше відправити кожне завдання на ВМ, здатні виконати завдання в найкоротші терміни [4]. Алгоритм Min-Min буде насамперед виконувати короткі завдання, причому паралельно, а довгі завдання — виконуватимуться почергово, слідом за короткими. Недолік цього алгоритму полягає в тому, що короткі завдання плануються першими, а довгі завдання на певний час відкладаються. Це може спричинитися до зосередження груп коротких завдань в один момент часу, що призведе до збільшення загальної тривалості роботи та незбалансованості навантаження. Порівняно з традиційним Min-Min алгоритмом його поліпшений варіант додає стратегію трьох обмежень (якість сервісу, модель динамічного пріоритету та вартість сервісу), яка може запобігти такій ситуації.

Експериментальні результати поліпшеного Min-Min алгоритму засвідчують, що можливо підвищити коефіцієнт використання ресурсів і виконати довгі завдання в розумний час, задовольнивши вимоги користувачів.

5. Particle Swarm Optimization (PSO) — алгоритм оптимізації поділу на частини. Як метаевристичний підхід є саморегульованим глобальним пошуком на основі прийому оптимізації, що її уособлюють моделі Kennedy and Eberhart [8]. Алгоритм PSO схожий на інші популяційні алгоритми, такі як генетичні, але за відсутності прямої рекомбінації окремих особин у популяції. Алгоритм PSO зосереджується на мінімізації загальної вартості обчислення. За показник продуктивності автори взяли собівартість повного виконання програми як основної метрики, аби мінімізувати загальну вартість виконання робочих процесів додатків у середовищах хмарних обчислень.

Результати показують, що алгоритм PSO на базі зіставлення завдань і ресурсів може принаймні втричі скоротити витрати порівняно з алгоритмом BRS (найкращий вибір ресурсів).

6. Алгоритм PJSC (Priority based job scheduling) — планування розподілу завдань на основі пріоритетів [6]. Установлення пріоритетів завдань є важливим питанням планування, бо деякі завдання мають бути виконані раніше за інші, оскільки не можуть тривалий час залишатися в системі. Алгоритм спирається на теорію процесу аналітичної ієрархії (*Analytical Hierarchy Process* — AHP). Процес аналітичної ієрархії передбачає багатокритеріальне прийняття рішень і реалізацію моделі прийняття рішень із кількома атрибутами. Результат оцінювання цього алгоритму засвідчує прийнятну складність, а також скорочення операційного часу.

7. Алгоритм Round Robin в основному зосереджений на рівномірному розподілі навантаження на всі ресурси [7]. Використовуючи цей алгоритм, брокер розподіляє по одній задачі на вузол циклічним способом. Планування розпочинається з якогось вузла і переходить до наступного вузла, а далі для цього вузла виділяється ВМ. Це повторюється доти, доки всі вузли будуть забезпечені щонайменше однією задачею, а потім розподільник знову повертається до першого вузла. Отже, у цьому разі розподільник не чекає вичерпання ресурсу вузла, перш ніж переходити до наступного. Алгоритми Round Robin базуються на простому правилі, тому при балансуванні задач із широким діапазоном часу виконання на деякі сервери може припасти більше навантаження, що призведе до розбалансування трафіку.

8. Алгоритм Stochastic Hill Climbing (SHC) — підхід локальної оптимізації. Використовується для розподілу вхідних завдань на сервери або ВМ [8]. Алгоритм SHC є одним із підходів до вирішення проблем оптимізації, які не гарантують надання шуканої відповіді. Згідно зі сценарієм та конфігурацією обчислюється загальний середній час реакції. Результати показують, що

найчастіше при застосуванні алгоритму SHC час реакції скорочується.

Підсумовуючи наведені характеристики, зауважимо, що при створенні системи планування розподілу завдань мають бути враховані такі вимоги:

- збалансованість навантаження та енергоефективність вузлів дата-центру;
- якість сервісу, що визначається користувачем за такими параметрами, як час виконання, вартість тощо;
- забезпечення ізоляції завдань;
- досягнення справедливості в розподілі ресурсів.

Висновки

Задовольнити всі вимоги в рамках однієї системи планування через надмірне ускладнення архітектурних рішень, вочевидь, неможливо. Розглянуті раніше та інші відомі алгоритми мають різні властивості, а тому залежно від обставин можливий вибір тих алгоритмів, що найбільше відповідають конкретним потребам. Хмарні обчислення — це одна з технологій, зорієнтованих на користувача, завдяки якій багато клієнтів отримують безпосередній доступ до пулу віртуалізованих комп'ютерних ресурсів.

Оскільки хмарні обчислення ще перебувають на стадії формування, має бути впроваджено систему планування розподілу завдань для поліпшення узгодженості між користувачем і провайдерами послуг. Система планування розподілу завдань має підпорядковуватись обчисленням, що висуває користувач: терміни виконання, продуктивність, вартість виконання, вартість проходження, енергоефективність, балансування навантаження, операційний час тощо.

Список використаної літератури

1. ***An ACO-inspired algorithm*** *for minimizing weighted flowtime in cloud-based parameter sweep experiments / C. Mateos, E. Pacini, C. G. Garino // Advances in Engineering Software.— 2013.— № 56.— С. 38–50.*

2. ***Job scheduling algorithm*** *based on Berger model in cloud environment / [B. Xu, C. Zhao, E. Hu, B. Hu] // Advances in Engineering Software.— 2011.— № 42.— С. 419–425.*

3. ***Cloud-DLS:*** *Dynamic trusted scheduling for Cloud computing / [W. Wang, G. Zeng, D. Tang, J. Yao] // Expert Systems with Applications.— 2012.— № 39.— С. 2321–2329.*

4. ***Liu, G.*** *An Improved Min-Min Algorithm in Cloud Computing / G. Liu, J. Li and J. Xu // Advances in Intelligent Systems and Computing.— 2013. — № 191.— С. 47–52.*

5. ***A Particle Swarm Optimization*** *based Heuristic for Scheduling Workflow Applications in Cloud Computing Environments / [S. Pandey, L. Wu, S. M. Guru, R. Buyya] // Proceedings of the 2010 24th IEEE International Conference on Advanced Information Networking and Applications.— 2010.— С. 400–407.*

6. ***Ghanbaria, S.*** *A Priority based Job Scheduling Algorithm in Cloud Computing / S. Ghanbaria, M. Othmana // Procedia Engineering.— 2012.— № 50.— С. 778–785.*

7. ***Samal, P.*** *Analysis of variants in Round Robin Algorithms for load balancing in Cloud Computing / P. Samal, P. Mishra // International Journal of Computer Science and Information Technologies.— 2013.— № 4 (3).— С. 416–419.*

8. ***Mondala, B.*** *Load Balancing in Cloud Computing using Stochastic Hill Climbing-A Soft Computing Approach / B. Mondala, K. Dasgupta, P. Duttab // Procedia Technology.— 2012.— № 4.— С. 783–789.*

Рецензент: доктор техн. наук, професор **А. І. Семенко**. Державний університет телекомунікацій, Київ.

А. Ю. Клочко

АЛГОРИТМЫ ПЛАНИРОВАНИЯ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ЗАДАНИЙ В ОБЛАЧНЫХ СРЕДАХ

В статье рассмотрены преимущества и недостатки перспективных алгоритмов планирования распределения заданий в облачных средах.

Ключевые слова: распределенные информационные системы; облачные вычисления; планирование распределения заданий.

O. Y. Klochko

JOB SCHEDULING ALGORITHMS IN CLOUD ENVIRONMENT

This article describes advantages and weaknesses of promising job scheduling algorithms in cloud environment.

Keywords: distributed information systems; cloud computing; job scheduling.