

ОГЛЯДОВИЙ АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЙ КОНТЕЙНЕРИЗАЦІЇ ДЛЯ ВИКОРИСТАННЯ У ГЕТЕРОГЕННОМУ СЕРЕДОВИЩІ ІЗ ДИНАМІЧНОЮ АРХІТЕКТУРОЮ

Шелест Є.В., Алексєєв М.О., Педан С.І.

Навчально-науковий інститут телекомунікаційних систем

КПІ ім. Ігоря Сікорського, Україна

E-mail: krohaenot522@gmail.com, alexeyev@its.kpi.ua, stas.pedan@gmail.com

AN OVERVIEW ANALYSIS OF CONTAINERIZATION TECHNOLOGIES FOR USE IN A HETEROGENEOUS ENVIRONMENT WITH A DYNAMIC ARCHITECTURE

The work is devoted to the actual problem of effective use of computing resources of computer clusters for the execution of containerized programs. There are many containerization technologies and the execution of containerized programs in a cluster environment, but all of them are oriented to execution in computing environments with groups of the same type of working computing nodes, the number and configuration of which are mostly unchanged throughout the entire period of cluster operation. To date, there is no comprehensive analysis of the possibility of using such technologies in a heterogeneous environment with a dynamic architecture involving personal or public computing devices. In order to solve this problem, this paper proposes comparison criteria and conducts an overview analysis of existing containerization technologies using expert evaluation methods.

У той час, коли попит на інформаційні обчислювальні ресурси збільшується в зв'язку зі зростаючими обсягами даних, потребуючих обробки, актуальними стають проблеми ефективного керування такими ресурсами з можливістю змінювати їх кількість та потужність відповідно до поточного навантаження, яке може динамічно змінюватись з часом як впродовж доби так і в більш довготривалому періоді. Основним рішенням цих проблем є обчислювальні хмарні сервіси, які дозволяють варіювати кількістю обчислювальних вузлів розподілених інформаційних середовищ. Їх послуги зводяться до використання груп однотипних робочих обчислювальних вузлів, конфігурація і операційні середовища яких є однаковою в рамках групи, а кількість змінюється в залежності від навантаження. В той же час, в корпоративних мережах існує велика кількість одиниць комп'ютерної техніки, які є ввімкненими впродовж всього робочого часу і можуть розглядатись як обчислювальні вузли для побудови власної корпоративної хмари. У такої хмари є багато недоліків порівняно з комерційними хмарними рішеннями, але є дві переваги, які дозволяють позитивно оцінювати доцільність її створення, а саме відносна низька вартість володіння і можливість повної ізоляції, що дозволяє обробляти дані з обмеженим доступом. Обчислювальні вузли такої хмари мають відносно короткостроковий і недетермінований час життя своїх обчислювальних агентів, а конфігурація і операційне середовище є гетерогенним. Для побудови інформаційної обчислювальної системи в попередніх роботах [1], [2] було прийняте рішення використовувати архітектурний підхід мікросервісів і технології контейнеризації через їх

кросплатформеність. В даному випадку термін «технологія контейнеризації» включає в себе програмні компоненти, які працюють на різних рівнях абстракції, а саме:

- середовище виконання контейнерів, тобто компоненти, які створюють, запускають, та керують власне контейнерами;
- платформа контейнеризації, яка, в поєднанні із середовищем виконання та іншими компонентами, дозволяє запускати необхідні контейнеризовані мікросервіси в контейнері та дозволяти контейнерам комунікувати між собою;
- оркестратор контейнерів, який є надбудовою над платформою контейнеризації, яка дозволяє масштабувати кількість копій одного і того самого контейнера, балансувати навантаження між ними керувати життєвим циклом і так далі.

Для проведення комплексного аналізу технологій контейнеризації щодо можливості використання у гетерогенному середовищі з динамічною архітектурою із залученням обчислювальних пристроїв персональних або загального користування пропонується виділити критерії для їх оцінки, після чого за допомогою експертних методів вибрати ті технології, які найбільш їм відповідають.

Середовища виконання контейнерів. Для оцінки середовища виконання контейнерів пропонується виділити наступні критерії, а для врахування ступеню їх впливу на загальну оцінку за допомогою експертного методу попарного порівняння із залученням 5 експертів, після аналізу узгодженості оцінок було отримано наступні вагові коефіцієнти.

Табл. 1. Критерії для оцінки середовищ виконання контейнерів із ваговими коефіцієнтами.

№	Назва критерію	В.коэф.
1	Ліцензія використання середовища виконання контейнерів.	0.125
2	Операційні системи, на яких є можливість запустити додаток.	0.75
3	Складність використання інтерфейсу додатку.	0.125
4	Рівень безпеки з точки зору ізоляваності контейнерів для власника обчислювального вузла.	0.875
5	Сумісність із Kubernetes. Kubernetes є одним із найпопулярніших контейнерних оркестраторів і сумісність контейнерного виконавця із ним є важливим критерієм.	0.5
6	Сумісність зі Swarm. Використання такого засобу оркестрації як Docker Swarm є одним з найзручніших та найлегших варіантів для побудови мікросервісної архітектури.	0.93
7	Частота оновлень додатку, яка свідчить як часто виконуються оновлення та виправлення помилок.	0.125
8	Легковажність додатку, тобто скільки необхідно ресурсів для його роботи.	0.5
9	Здатність до роботи в динамічній архітектурі – виражає операційну складність створення та видалення середовища для виконання контейнера.	0.93

Результати експертного оцінювання найбільш популярних середовищ виконання контейнерів за пропонованими критеріями і ваговими коефіцієнтами наведені у таблиці 2.

Табл. 2. Порівняльна таблиця середовищ виконання контейнерів.

Критерій	Ліцензія	Опер. системи	Складн. інтерф.	Рівень безп.	Сум. із Kuber.	Сум. із Swarm	Част. оновл.	Легков. ажність	Дин. арх.
Ваг.коэф.	0.1	0.8	0.1	0.8	0.6	1	0.1	0.5	0.93
Технологія									
containerd	3	4	4	2.5	3	7	3.5	4	3
CRI-O	3	2	3	3	3	1	3.5	3	3
Linux containers	1	2	2	1.5	1	1	2	1.5	1
rkt	3	2	1	3	3	1	1	1.5	3

Після проведення необхідних розрахунків було проведено ранжування розглянутих контейнерних середовищ:

1. containerd (19.83)
2. CRI-O (19.3)
3. Rkt (10.84)
4. Linux containers (6.58)

За отриманими результатами можна зробити висновок, що containerd підходить до виконання поставленої задачі найбільше.

Платформи контейнеризації. Для експертної оцінки платформ контейнеризації, пропонується виділити наступні критерії і були отримані наступні вагові коефіцієнти.

Табл. 3. Критерії для оцінки платформ контейнеризації.

№	Назва критерію	В.коэф.
1	Продуктивність	0.4
2	Ресурси, якими може оперувати платформа контейнеризації.	0.2
3	Рівень безпеки.	0.8
4	Операційні системи.	0.6
5	Підтримка оркестраторів.	0.2
6	Легковажність додатку.	0.4
7	Здатність до роботи в динамічній архітектурі.	0.8

Результати експертного оцінювання найбільш розвинених платформ контейнеризації за пропонованими критеріями і ваговими коефіцієнтами наведені у таблиці 4.

Табл. 4. Порівняльна таблиця платформ контейнеризації.

Критерій	Прод-ть	Ресурси	Рівень безпеки	Операційні системи	Підтримка оркестраторів	Легковажність	Динамічна архітектура
Ваг. коэф.	0.4	0.4	0.6	0.6	0.2	0.4	0.8
Платформи							
Docker	3	4	3,33	6	4	3,5	4
LXC/LXD	4	4	3,33	2	2	4,5	4
Singularity	3	2	3,33	2	4	2	2

Ранжування платформ за кінцевими оцінками наступне:

1. Docker (13.79)
2. LXC/LXD (11.79)
3. Singularity (8.99)

За отриманими результатами можна зробити висновок, що Docker є найбільш підходящою платформою контейнеризації для виконання поставленої задачі з побудови мікросервісної архітектури з динамічною архітектурою.

Оркестратори контейнерів. Для експертної оцінки систем оркестрації запропоновані наступні критерії і отримані наступні вагові коефіцієнти.

Табл. 4. Критерії для оцінки систем оркестрації контейнерів.

№	Назва критерію	В.коэф.
1	Тип контейнерів, із якими оркестратор здатний працювати	0.4
2	Масштабованість. Тобто, кількість контейнерів, які оркестратор може одночасно запустити та керувати	0.07
3	Наявність автоматичного масштабування	0.2
4	Наявність балансування навантаження	0.4
5	Виявлення сервісів. Критерій враховує які методи використовує оркестратор для знаходження контейнерів і комунікації між ними.	0.5
6	Моніторинг. Повнота інструментів для моніторингу стану контейнерів та самого оркестратора.	0.07
7	Безпека	1
8	Здатність до роботи в динамічній архітектурі	0.8

Результати експертного оцінювання оркестраторів за пропонованими критеріями і ваговими коефіцієнтами наведені у таблиці 5.

Табл. 5. Порівняльна таблиця контейнерних оркестраторів.

Критерій	Підтр. конт.	Масшт.	Авт. масшт.	Баланс. навант.	Виявл. сервісів	Моніторинг	Безпека	Дин. арх.
Ваговий коефіцієнт	0.4	0.07	0.2	0.4	0.5	0.07	1	0.8
Засіб оркестрації								
CoreOS	1	1	1	1	1	1	1	2.75
Docker Compose	1	1	1	1	1	1	1	2.75
Docker Swarm	1	2	2	2	2	2	2	2
Kubernetes	2	2	2	2	2	2	2	0.5
Rancher	1	2	2	2	2	2	2	1.5
Nomad	4	2	2	2	2	2	2	0.5

Після проведення розрахунків, було проведено ранжування оркестраторів:

1. Docker Swarm/ Nomad (6.48)
2. Rancher (6.08)
3. Kubernetes (5.68)
4. Docker Compose / CoreOS (5.04)

За отриманими результатами, можна зробити висновок, що Docker Swarm та Nomad є найбільш підходящими оркестраторами для виконання поставленої задачі.

Висновки:

1. Враховуючи представлені вище обмеження, а саме динамічність та гетерогенність середовища, найбільш підходящими технологіями для побудови мікросервісної архітектури є containerd, Docker та Docker Swarm.

2. У подальшій роботі планується побудова гетерогенного середовища з динамічною архітектурою із залученням обчислювальних пристроїв персональних або загального користування на основі вказаних технологій.

Література

1. Смаглюк В.О., Алексєєв М.О. Використання обчислювальних потужностей мобільних пристроїв та пристроїв інтернету речей у корпоративній мережі / ПТ-2023: Збірник матеріалів конференції. К.: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2023. – с. 253-256
2. Mykola Aliksieiev, Volodymyr Smahliuk. "Management of Life Cycle of Computing Agents with Non-deterministic Lifetime in a Kubernetes Cluster". 2023 IEEE 6th International Conference on Information and Telecommunication Technologies and Radio Electronics (UkrMiCo). November 13 – 18, 2023.
3. Enias Cailliau, Nick Aerts. A comparative study on containers and related technologies. URL: https://www.researchgate.net/publication/320961475_A_comparative_study_on_containers_and_related_technologies (дата звернення: 20.03.2024).
4. Bibin Wilson. 16 best container orchestration tools and services. DevopsCube. URL: <https://devopscube.com/docker-container-clustering-tools/> (дата звернення: 20.03.2024).
5. Docker vs containerd vs CRI-O vs runc: which one to choose. Artkai . URL: <https://artkai.io/blog/best-containerization-tools> (дата звернення: 20.03.2024).
6. Usman Iqbal. How to choose the right container orchestrator - softwire. Softwire. URL: <https://www.softwire.com/insights/how-to-choose-the-right-container-orchestrator/> (дата звернення: 20.03.2024).
7. Yasir Rehman. Comparison of container runtimes or managment technologies [Docker, containerd, Podman, rkt]. DEV Community. URL: <https://dev.to/theyasirr/comparison-of-container-runtimes-or-managment-technologies-docker-containerd-podman-rkt-1b8b> (дата звернення: 20.03.2024).