

ПІДХІД ДО СТВОРЕННЯ АВТОМАСШТАБОВАНОЇ ПРОГРАМНО-КОНФІГУРОВАНОЇ МЕРЕЖІ НА ОСНОВІ KUBERNETES ТА ANTREA CNI

Рубан В.В., Алексєєв М.О.

*Навчально-науковий інститут телекомунікаційних систем
НТУУ «КПІ» ім. Ігоря Сікорського, Україна
E-mail: vladyslav.ruban20@gmail.com, alexeyev@its.kpi.ua*

ANALYSIS OF KUBERNETES SOFTWARE COMPONENTS TO IMPLEMENT THE SOFTWARE-DEFINED NETWORKING APPROACH

The work is dedicated to the pressing issue of building a private cloud based on a heterogeneous environment with a dynamic architecture using users' non-alienable computing resources. Specifically, it explores the possibilities of utilizing SDN (Software-Defined Networking) technologies to create a corporate software-defined network under conditions where network load-dependent automatic scaling of its active elements occurs. These elements are implemented as containerized applications running in a cluster managed by Kubernetes. The study includes a review analysis of software components for network interaction within the cluster (CNI plugins) and justifies the use of Antrea CNI.

У сучасних комп'ютерних мережах, особливо побудованих за принципом програмно-конфігурованих мереж (SDN, Software-Defined Networking), ефективне управління обчислювальними ресурсами є критично важливим завданням. SDN розділяє контрольний та комутаційний рівні, що надає гнучкість у керуванні мережею, але також створює додаткове навантаження на центральні обчислювальні ресурси контролерів і обробки трафіку.

Kubernetes є потужною платформою для автоматизованого розгортання, масштабування та управління контейнеризованими додатками. Його механізми авто-масштабування дозволяють динамічно змінювати кількість активних компонентів на основі поточного навантаження. Це особливо актуально в контексті SDN-мереж, де навантаження на окремі елементи (контролери, балансувальники, функції обробки трафіку) може змінюватися в залежності від потоку даних та мережевих подій.

Основна проблема полягає в тому, що традиційні підходи до масштабування мережевих компонентів часто є статичними або вимагають ручного втручання, що може призводити до перевантажень або неефективного використання ресурсів. Використання Kubernetes для автоматичного масштабування активних елементів SDN-мереж дозволяє покращити адаптивність системи, підвищити її продуктивність та забезпечити оптимальний розподіл ресурсів у реальному часі. Однак інтеграція механізмів Kubernetes із мережею SDN потребує дослідження, оскільки виникають питання ефективної взаємодії, балансування навантаження та моніторингу мережевих станів.

Дана робота присвячена актуальній задачі розробки та дослідження підходів до автомасштабування елементів SDN-мереж за допомогою Kubernetes, що дозволить досягти більш ефективного використання обчислювальних ресурсів та підвищити гнучкість управління мережею.

В даній роботі у якості елемента управління мережею був обраний Antrea - мережевий плагін Kubernetes, побудований згідно специфікації CNI (Container Network Interface), оскільки його архітектура базується на принципі SDN. Antrea створює архітектуру, подібну до SDN, розділяючи панель даних (яка базується на Open vSwitch або OVS) і панель управління. Для цього Antrea встановлює агентський компонент на кожному з робочих вузлів для програмування OVS datapath, в той час як центральний контролер, що працює на вузлі плану управління, відповідає за централізовані завдання, такі як розрахунок мережевих політик [3] (див. рис 2).

Кінцевий користувач взаємодіє з кластером за допомогою K8s API Server, що є ключовим елементом в інфраструктурі Kubernetes. Кожна дія, наприклад, створення, оновлення чи видалення ресурсів кластера (pods — контейнеризоване середовище для працюючого застосунку, service — логічна надбудова для pods, тощо) проходить через цю абстракцію. Принцип роботи налаштованого кластера добре ілюструє наступна діаграма послідовностей UML (Unified Modeling Language) (див. рис. 1), на якій узагальнено показано кроки, через які проходить запит.

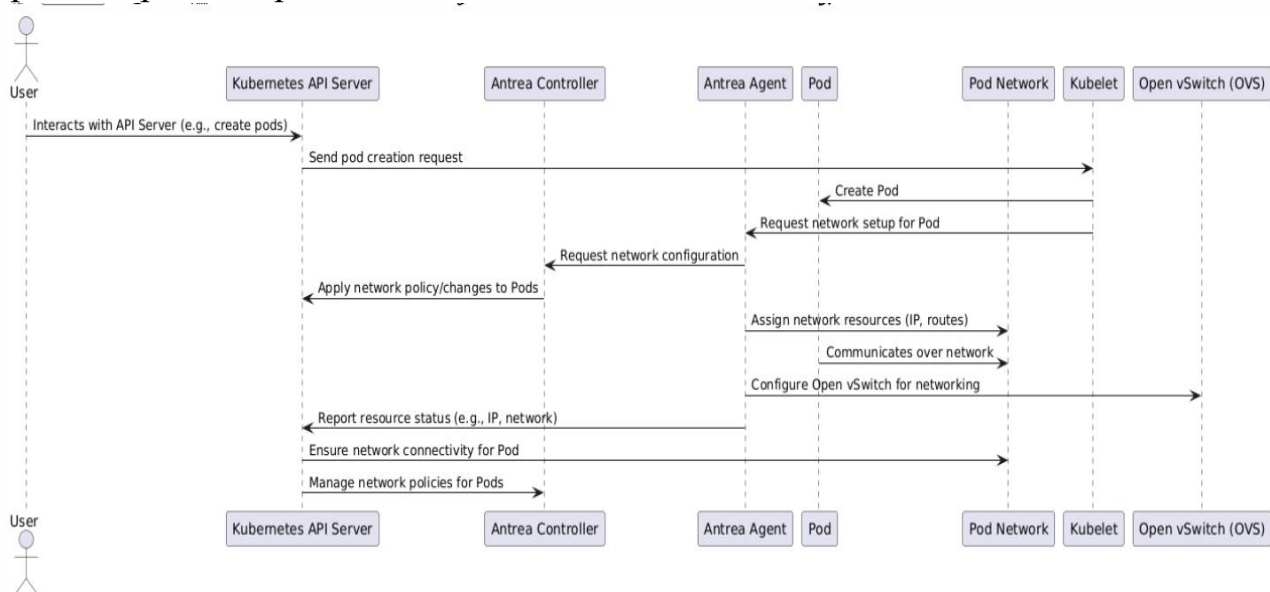


Рис. 1. - діаграма послідовностей UML, що показує логіку в K8s кластері з Antrea

Для дослідження доцільності використання Antrea для створення автомасштабованої програмно-конфігурованої мережі на основі Kubernetes у роботі був розроблений лабораторний стенд, який складається з трьох віртуальних машин, одна з яких управляюча (controlplane), а дві інші використовуються як робочі вузли кластеру (worker nodes) (див. рис. 2). Задля перевірки продуктивності кластера з плагіном Antrea було розроблено скрипт, який автоматизує створення тестових об'єктів і симуляцію трафіку в кластері

для демонстрації роботи мережевих політик, таких як AntreaNetworkPolicies та AntreaClusterNetworkPolicies [1].

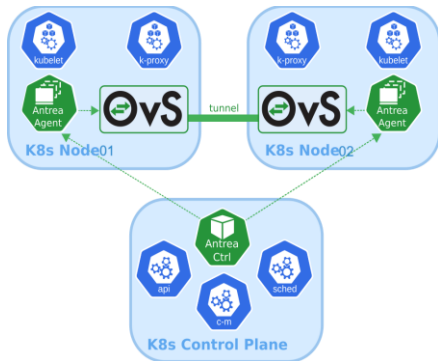


Рис. 2 - Архітектура робочого середовища.

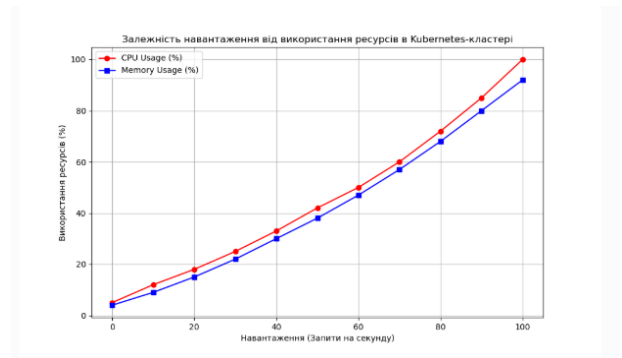


Рис. 3 а)



Рис. 3 б)

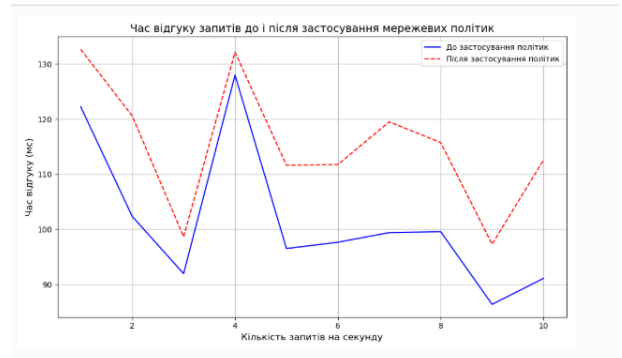


Рис. 3 в)

Рис. 3 Графіки залежності: а) навантаження від використання ресурсів в кластері; б) зміни пропускної здатності; в) часу відгуку запитів до та після застосування мережевих політик.

Висновки. Розроблений у роботі підхід та програмне забезпечення дозволило протестувати ефективність роботи та масштабування кластера з використанням Antrea. Впровадження Antrea CNI дозволило організувати взаємодію між компонентами рівня управління програмно-конфігурованої мережі безпосередньо у складі кластеру Kubernetes з використанням протоколів SDN, а також гнучко налаштовувати мережеві політики доступу між окремими обчислювальними елементами. Величина втрат продуктивності при застосуванні мережевих політик є на рівні 3-7% (див.рис.3) при однаковій структурі кластеру, але можливість роботи у середовищі Kubernetes, що дозволяє варіювати кількістю реплік активних елементів в залежності від навантаження надає суттєві переваги при роботі у динамічному середовищі, кількісні показники яких планується отримати у подальшій роботі.

Література

1. GitHub репозиторій “sdn-k8s”: Онлайн: <https://github.com/wannabelll/sdn-k8s>: 04.03.2024.
2. CNI Documentation. “Why develop CNI?”: Онлайн: <https://www.cni.dev/docs/>: 01.03.2025 18:00.
3. Antrea Docs. : Онлайн: <https://antrea.io/docs/v2.3.0/> 01.03.2025 18:00.