

ДОСЛІДЖЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ВІРТУАЛІЗОВАНИХ РІШЕНЬ ДЛЯ УПРАВЛІННЯ МЕРЕЖЕЮ З ВИКОРИСТАННЯМ КОНТЕЙНЕРИЗАЦІЇ

Вінницький національний технічний університет

Анотація

У роботі досліджується використання програмного забезпечення для віртуалізації функцій телекомунікаційних мереж (NFV) з акцентом на ефективність рішень, що базуються на контейнеризації. Аналізуються підходи до впровадження NFV, переваги у порівнянні з традиційними апаратними рішеннями, а також технологічні особливості контейнеризації в контексті забезпечення масштабованості, гнучкості й продуктивності мереж.

Ключові слова: NFV, телекомунікаційні мережі, контейнеризація, віртуалізація, SDN, мережеві функції, продуктивність, масштабованість, програмне забезпечення.

Abstract

The paper explores the use of software for telecommunication network function virtualization (NFV) with an emphasis on the effectiveness of solutions based on containerization. Approaches to the implementation of NFV, advantages compared to traditional hardware solutions, as well as technological features of containerization in the context of ensuring scalability, flexibility and performance of networks are analyzed.

Keywords: NFV, telecommunication networks, containerization, virtualization, SDN, network functions, performance, scalability, software.

Вступ

Зростання обсягів трафіку у телекомунікаційних мережах і збільшення вимог до їхньої продуктивності потребують нових підходів до побудови та управління мережами. Віртуалізація функцій мереж (NFV) дозволяє замінити спеціалізоване апаратне забезпечення універсальними серверними платформами, що дає змогу значно знизити витрати на інфраструктуру та підвищити гнучкість. Одним із найактуальніших напрямів у розвитку NFV є використання контейнеризації, яка забезпечує швидке розгортання і масштабування мережевих функцій. Метою цієї роботи є аналіз переваг і недоліків віртуалізованих рішень у порівнянні з традиційними методами управління телекомунікаційними системами, а також дослідження ефективності контейнеризації.

Результати дослідження

1. Основи віртуалізації функцій мереж

Віртуалізація функцій мереж (Network Function Virtualization, NFV) є ключовим підходом, що трансформує традиційні телекомунікаційні мережі шляхом перенесення мережевих функцій, таких як маршрутизація, брандмауери, балансування навантаження та інші, з апаратного забезпечення на програмне середовище. Замість використання спеціалізованих фізичних пристроїв, NFV дозволяє реалізувати ці функції на стандартних серверних платформах, що значно зменшує витрати на обладнання і забезпечує більшу гнучкість у налаштуванні мереж. Цей підхід ґрунтується на технології віртуалізації, яка дозволяє створювати незалежні віртуальні середовища, що можуть працювати паралельно на одній фізичній платформі. Наприклад, кілька функцій, які раніше вимагали окремих апаратних пристроїв, тепер можуть виконуватися у вигляді програмних модулів, розташованих на одному сервері. Це не лише оптимізує використання ресурсів, а й дозволяє швидко впроваджувати нові функції чи оновлення без необхідності фізичної заміни обладнання.

Однією з основ NFV є інтеграція з концепцією Software-Defined Networking (SDN), що додає ще більше переваг. SDN дозволяє централізовано управляти мережею за допомогою програмних інтерфейсів, відокремлюючи функцію управління від функції передачі даних. Це забезпечує більш швидке налаштування мережевих політик, адаптацію до змін у навантаженні та більш ефективний розподіл ресурсів у реальному часі [1]. Поєднання NFV та SDN сприяє зменшенню часу розгортання нових послуг, спрощує обслуговування і знижує витрати, що робить цей підхід надзвичайно привабливим для сучасних телекомунікаційних компаній. Крім того, така архітектура відповідає зростаючим вимогам до масштабованості мереж, які повинні ефективно обробляти величезні обсяги трафіку, пов'язані із розвитком 5G, Інтернету речей (IoT) та інших технологій.

2. Технології контейнеризації у NFV

Контейнеризація є важливим і перспективним інструментом для впровадження віртуалізації функцій мереж (NFV), оскільки вона забезпечує значну гнучкість, продуктивність та оптимізацію ресурсів. Контейнери створюють ізольовані середовища для кожної мережевої функції, що дозволяє запускати кілька функцій на одній фізичній платформі без конфліктів між ними. Ця ізоляція досягається за рахунок використання ядра операційної системи, що зменшує накладні витрати на системні ресурси порівняно з традиційними віртуальними машинами (VM). Головною перевагою контейнерів є їхня легкість і швидкість. Вони запускаються в рази швидше, ніж віртуальні машини, оскільки не потребують повної емуляції апаратного забезпечення. Контейнеризація забезпечує оптимізацію використання пам'яті та процесорних ресурсів, що критично важливо для роботи у високонавантажених телекомунікаційних мережах. Це дозволяє швидко масштабувати функції, додаючи нові контейнери у відповідь на зростання навантаження, або так само швидко згорнути їх, коли навантаження зменшується.

У порівнянні з традиційними підходами, такими як використання VM, контейнери дозволяють розробникам зосередитися на доставці функціонального програмного забезпечення без значних витрат часу на налаштування середовища. Наприклад, технології на основі Docker або Kubernetes дають змогу створювати масштабовані кластери контейнерів, що дозволяє легко управляти тисячами мережевих функцій одночасно [3]. Kubernetes також забезпечує автоматизацію таких процесів, як розподіл навантаження, моніторинг стану контейнерів і відновлення після збоїв. Особливо значущим є впровадження контейнеризації для телекомунікаційних мереж нового покоління, таких як 5G, які потребують мінімальних затримок і максимальної ефективності використання ресурсів. Контейнери можуть розгорнути функції, орієнтовані на специфічні потреби, наприклад, для обробки трафіку Інтернету речей (IoT), забезпечуючи їхню швидку адаптацію до змін у навантаженні.

Таким чином, контейнеризація робить NFV більш гнучкою, масштабованою та економічно ефективною технологією. Водночас її впровадження вимагає відповідних рішень для забезпечення безпеки контейнерів та підтримки їхньої сумісності з існуючою телекомунікаційною інфраструктурою, що стає новим завданням для розробників програмного забезпечення та мережевих адміністраторів.

3. Вплив контейнеризації на продуктивність мереж

Використання контейнеризації для реалізації функцій віртуалізації мереж (NFV) має значний вплив на продуктивність телекомунікаційних мереж. Однією з основних переваг є значне зменшення затримок при передачі даних. Контейнери запускаються набагато швидше, ніж віртуальні машини, оскільки вони працюють на одному ядрі операційної системи, що дозволяє мінімізувати накладні витрати, які зазвичай виникають при використанні традиційних віртуальних середовищ. Це особливо важливо для мереж, де затримки і швидкість передачі даних є критичними для якості обслуговування. Контейнеризація також дозволяє значно підвищити ефективність використання обчислювальних ресурсів. Замість того, щоб виділяти ресурси на рівні віртуальних машин, що вимагають значних витрат пам'яті та часу на ініціалізацію, контейнери працюють набагато легше, оскільки вони використовують спільне ядро і швидко стартують. Це дозволяє розгорнути більше функцій на тій самій апаратній платформі, що підвищує ефективність інфраструктури та знижує витрати на апаратне забезпечення.

Дослідження показують, що платформи на основі Docker та інших контейнерних технологій можуть зберігати високу продуктивність навіть при обробці великої кількості контейнеризованих мережевих функцій. Наприклад, система на базі Docker може одночасно працювати з сотнями контейнерів, що значно оптимізує обчислювальні процеси і дозволяє безперервно оновлювати мережеві функції без значних простоїв [2]. Ця гнучкість і швидкість сприяють більш ефективному управлінню

навантаженнями і покращенню масштабованості, що є критично важливим для телекомунікаційних мереж нового покоління, таких як 5G.

Крім того, контейнеризація полегшує процес оновлення і модифікації мережевих функцій. Замість того, щоб проводити складні і часозатратні оновлення на фізичних або віртуальних машинах, контейнеризація дозволяє швидко деплоїти нові версії програмного забезпечення або навіть замінити функції без порушення роботи інших елементів мережі. Це сприяє більш високій надійності мережі та зменшенню часу на обслуговування. Загалом, контейнеризація для NFV має вагомий вплив на продуктивність мереж, дозволяючи знижувати затримки, оптимізувати використання ресурсів і забезпечувати більш гнучке, швидке розгортання мережевих функцій, що робить її важливим інструментом для сучасних телекомунікаційних інфраструктур.

4. Виклики впровадження NFV із контейнеризацією

Одним із головних викликів при впровадженні NFV із контейнеризацією є інтеграція з існуючими мережевими архітектурами. Багато традиційних мережевих інфраструктур використовують апаратне обладнання для виконання специфічних функцій, і адаптація їх до віртуалізованих середовищ вимагає суттєвих змін, що може бути складним і затратним процесом. Технології NFV і контейнеризації потребують налаштувань для сумісності з існуючими системами, а також розробки стандартів для забезпечення безперебійної роботи. Безпека контейнерів також є серйозною проблемою. Оскільки контейнери поділяють ресурси однієї операційної системи, вони можуть бути вразливими до атак, якщо не будуть належним чином ізольовані. Захист контейнерів вимагає впровадження спеціальних методів безпеки, таких як шифрування даних і контроль доступу [3].

Іншою проблемою є сумісність між різними платформами. Враховуючи, що контейнери можуть працювати на різних апаратних і програмних платформах, важливо забезпечити, щоб вони ефективно функціонували в усіх середовищах без втрати продуктивності. Проблеми з сумісністю можуть ускладнити розгортання NFV в великих мережах. Також під час пікових навантажень можуть виникнути труднощі з підтримкою продуктивності. Погане управління розподілом ресурсів або неефективне масштабування може призвести до затримок і зниження швидкості обробки трафіку, що негативно впливає на якість обслуговування в реальному часі.

Висновок

Віртуалізація функцій мереж із використанням контейнеризації відкриває нові можливості для телекомунікаційних систем, забезпечуючи їхню гнучкість, масштабованість і продуктивність. Контейнеризація є важливим етапом у розвитку NFV, пропонуючи швидке розгортання функцій і оптимізацію використання ресурсів. Водночас необхідно вирішувати проблеми, пов'язані з безпекою, інтеграцією та стандартами сумісності. Розробка програмного забезпечення, яке підтримує ці нові підходи, має ключове значення для майбутнього телекомунікаційних мереж.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Amit Sheps. Containerization vs. Virtualization: Key Differences and Use Cases. URL: <https://www.aquasec.com/cloud-native-academy/docker-container/containerization-vs-virtualization/> (дата звернення: 15.11.2024).
2. ASBIS Solutions. The UniFi® Enterprise Система. URL: <https://solutions.asbis.ua/solutions/software-defined-infrastructure/sdn> (дата звернення: 15.11.2024).
3. OpenStack. Advancing Telecom Use Cases with OpenStack: NFV and Edge Computing. URL: <https://www.openstack.org/use-cases/telecoms-and-nfv/> (дата звернення: 15.11.2024).

Василинич Анастасія Володимирівна – студентка групи Б-216, Факультет будівництва цивільної та екологічної інженерії, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: vasilinichnasty@gmail.com

Василинич Марія Володимирівна – студентка групи ПЗТ-246, Факультет інформаційних електронних систем, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: mariykasvasilinich@gmail.com

Притула Максим Олександрович – к.т.н., старший викладач кафедри інформаційних радіоелектронних технологій і систем, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, e-mail: pritulamo@ukr.net

Vasylynych Anastasiia V. – student of group B-21b, Department of Building, Civil and Environmental Engineering, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: vasilinichnastyia@gmail.com.

Vasylynych Mariia V. – student of group PZT-24b, Department of Information Electronic Systems, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: mariykavasilinich@gmail.com.

Prytula Maksym Oleksandrovych - Ph.D., Senior Lecturer of the Department of Information Radioelectronic Technologies and Systems, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: pritulamo@ukr.net