

УДК 621.391:[004.3+004.4]

ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ ПРОДУКТИВНОСТІ ВІРТУАЛЬНИХ МЕРЕЖ У СЕРЕДОВИЩАХ АПАРАТНОЇ ВІРТУАЛІЗАЦІЇ ТА КОНТЕЙНЕРИЗАЦІЇ

Шабалін О. О.

e-mail: oleksii.shabalin1@nure.ua

Харківський національний університет радіоелектроніки, каф. ІМІ
м. Харків, Україна

The rapid increase in network traffic and increased requirements for the scalability of the architecture of modern infocommunication systems are causing a transition from traditional physical networks to virtualized solutions. Classical hardware virtualization provides a high level of isolation of network nodes, but requires significant hardware resources of the host system to support guest operating systems. An alternative is containerization technology, which implements a microservices approach and uses a common host operating system kernel. Understanding the differences in performance and resource costs of network interaction between these two environments is key for designing infocommunication nodes with high load.

Мета дослідження полягає у проведенні порівняльної оцінки продуктивності віртуальної мережі, побудованої на базі віртуальних машин у гіпервізорі Microsoft Hyper-V та мережі, яка була побудована на базі ізольованих контейнерів Docker.

Гіпервізор – програмний рівень, що дозволяє кільком операційним системам співіснувати, використовуючи ресурси одного апаратного забезпечення. Гіпервізор діє як посередник між віртуальними машинами та базовим обладнанням, розподіляючи ресурси хоста, такі як пам'ять, процесор та сховище [1].

Контейнеризація також дозволяє користувачам запускати багато екземплярів на одному фізичному хості, але це робиться без необхідності використання гіпервізора як посередника. Натомість, функціональність ядра хост-системи використовується для ізоляції кількох незалежних екземплярів (контейнерів). Завдяки спільному використанню ядра хоста та операційної системи, контейнери уникають накладних витрат віртуалізації, оскільки немає потреби надавати окреме віртуальне ядро та ОС для кожного екземпляра. Саме тому контейнери вважаються більш легким рішенням – вони потребують менше ресурсів без шкоди для продуктивності [1].

Для проведення порівняльного аналізу було використано єдину апаратну платформу хост-машини. Вимірювання характеристик трафіку здійснювалося за допомогою програмного забезпечення iperf3, затримки – за допомогою команди ping, а аналіз споживання апаратних ресурсів виконувався вбудованими засобами моніторингу Windows Task Manager. Дослідження проводилось в ізольованій внутрішній взаємодії між

вузлами на одному хості та зовнішній взаємодії між фізичним комп'ютером у локальній мережі та контейнером.

Під час тестування ізольованої внутрішньої взаємодії технологія контейнеризації продемонструвала значний приріст продуктивності. Максимальна пропускна здатність TCP-з'єднання між контейнерами склала 52,3 Гбіт/с в однопотоковому режимі та 59,3 Гбіт/с при багатопотоковій передачі даних. Для порівняння, аналогічний тест через внутрішній комутатор у середовищі Hyper-V обмежився показником 36,9 Гбіт/с.

При тестуванні UDP-трафіку контейнерна мережа дозволила досягти пропускної здатності 3,89 Гбіт/с із джитером 0,002 мс та втратою пакетів на рівні 0,56%. У середовищі Hyper-V стабільна передача UDP завершувалася на позначці 1,6 Гбіт/с. Затримка при обміні ICMP-пакетами між контейнерами також виявилась вдвічі нижчою і склала в середньому 0,225 мс проти 0,479 мс у гіпервізорі.

Основним показником ефективності контейнеризації став аналіз споживання апаратних ресурсів. Під час максимального навантаження внутрішньої мережі Hyper-V використовував 65% ресурсів центрального процесора та 82% оперативної пам'яті. Натомість Docker забезпечив вищу пропускну здатність, використовуючи лише 29% процесору та 67% оперативної пам'яті.

Ще більш показовими стали результати маршрутизації трафіку від зовнішнього фізичного клієнта. У середовищі Hyper-V маршрутизація зовнішнього потоку вимагала 75% процесорного часу та 91% оперативної пам'яті. Використання Docker із прокиданням портів для обробки аналогічного зовнішнього трафіку (на рівні 202–242 Мбіт/с у фізичній локальній мережі) знизило навантаження на процесор хост-машини до 8%, а використання оперативної пам'яті до 64%.

Результати порівняльного аналізу доводять, що перехід від традиційної апаратної віртуалізації до контейнеризації дозволяє підвищити внутрішню пропускну здатність інфокомунікаційної мережі на 42–60%, одночасно зменшивши затримки маршрутизації вдвічі. Головною перевагою контейнеризації є значне зниження накладних витрат ресурсів центрального процесора хост-системи. Це робить контейнерну архітектуру найбільш перспективним та економічно вигідним підходом для побудови сучасних центрів обробки даних та розгортання мереж наступних поколінь.

Список використаних джерел:

1. Aleksic M. Containerization vs. Virtualization: understand the differences. Ubuntu. Blog. 18.01.2023. URL: <https://ubuntu.com/blog/containerization-vs-virtualization> (дата звернення: 06.03.2026).