

ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ ПРОДУКТИВНОСТІ СУЧАСНИХ ПРОГРАМНИХ КОМУТАТОРІВ

Берестовенко О.О., Маньківський В.Б.

*Навчально-науковий інститут телекомунікаційних
систем КПІ ім. Ігоря Сікорського, Україна*

E-mail: o.berestovenko@kpi.ua, v.b.mankivskiy@gmail.com

COMPARATIVE ANALYSIS OF THE PRODUCTIVITY OF MODERN SOFTWARE SWITCHES

In recent years, Network Function Virtualization (NFV) has become increasingly popular as a way to replace proprietary hardware appliances with Virtual Network Functions (VNFs) implemented in software. To effectively route traffic between VNFs and physical Network Interface Cards (NICs), it is essential to compare the performance of different software switch designs and architectures. This paper proposes a comprehensive methodology for this comparison, exploring the design spaces of four state-of-the-art software switches and evaluating their performance under four representative test scenarios.

Звичайний комутатор — це пристрій, який дозволяє з'єднувати мережеві пристрої і відправляти мережевий трафік на потрібні порти. Програмні комутатори будуються на базі програмного забезпечення, яке дозволяє перетворити звичайний сервер в комутатор. Вони працюють на основі відкритих протоколів мережі, що дозволяє їм працювати з різноманітним обладнанням та програмним забезпеченням. Програмний комутатор має спеціальні драйвери, які дозволяють йому працювати з фізичними мережевими інтерфейсами, а також програмне забезпечення, що забезпечує обробку трафіку та передачу його по мережі. Всі ці елементи дозволяють програмному комутатору працювати як звичайний комутатор, але з додатковими можливостями конфігурації та моніторингу роботи мережі [1].

Розглянемо та порівняємо чотири програмних комутатора: FastClick, OVS-DPDK, Snabb та VPP. Порівнювалися саме ці комутатори, оскільки вони є представниками різних підходів до проектування віртуальних комутаторів, які використовуються в області віртуалізації мережі. Ці комутатори є популярними та широко використовуються у віртуалізованих середовищах [2].

Крім того, кожен з цих комутаторів має свої особливості та переваги в певних сценаріях використання. Порівняння цих комутаторів дозволяє зрозуміти, які підходи до проектування віртуальних комутаторів є більш ефективними в різних сценаріях використання та дозволяє знайти найбільш підходящий комутатор для конкретного використання. Розглянемо їх особливості детальніше:

FastClick - це програмний комутатор, який дозволяє використовувати мову програмування C++ для створення правил обробки мережевого трафіку який працює на рівні ядра операційної системи та надає можливість програмувати маршрутизацію, фільтрацію та обробку пакетів за допомогою

спеціальної мови програмування. Основна перевага FastClick полягає в його гнучкості та програмованості. Розроблений як проект Массачусетського технологічного інституту який має назву Click Modular Router Project був спочатку розроблений для побудови спеціалізованих маршрутизаторів та комутаторів, але в подальшому був адаптований для використання в хмарних середовищах [3].

OVS-DPDK - це програмний комутатор на базі Open vSwitch, який використовує Data Plane Development Kit (DPDK) для прискорення обробки мережевого трафіку. OVS-DPDK використовує розподілену архітектуру, яка дозволяє виконувати функції комутатора на рівні додатку, що дозволяє забезпечувати високу пропускну здатність та низьку затримку. Розроблений VMware та Linux Foundation спеціально для використання у віртуалізованих середовища і має високу продуктивність завдяки використанню технології Data Plane Development Kit (DPDK) [4].

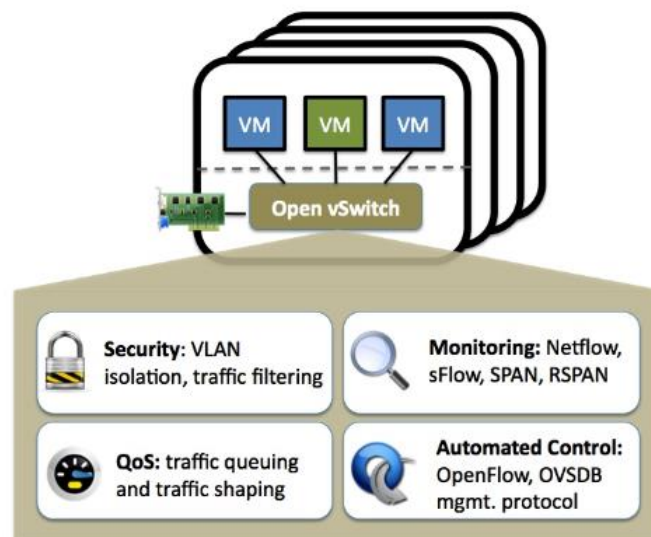


Рис.1 Коммутатор OVS-DPDK.

Snabb - це програмний комутатор, який був розроблений спеціально для використання в вимогливих застосунках мережевої віртуалізації. Snabb пропонує відкриту архітектуру для розробки додатків та можливість використання мов програмування, таких як C та Lua. У порівнянні з іншими комутаторами у цьому дослідженні, Snabb має найнижчу затримку, що робить його відмінним вибором для застосувань з вимогами до низької затримки. Однак, Snabb має меншу пропускну здатність порівняно з OVS-DPDK. Розроблена добровольцями із Snabb Community він був розроблений з метою забезпечення високопродуктивного мережевого з'єднання віртуальних машин, але може бути застосоване для реалізації різних мережевих функцій [5, 7].

VPP - використовує відкриту архітектуру та пропонує можливості для налаштування та оптимізації обробки мережевого трафіку. VPP має дуже високу пропускну здатність та низьку затримку. Однак, в порівнянні з іншими комутаторами у цьому дослідженні, VPP вимагає більше ресурсів для обробки мережевого трафіку. Розроблений компанією Linux foundation backed на основі

технології Vector Packet Processing. Щоб забезпечити масштабованість мереж, VPP зчитує найбільший доступний сектор пакетів на рівні мережевого вводу-виводу. Замість того, щоб обробляти кожен пакет окремо по всьому графу з кількома вузлами, VPP вибирає весь вектор пакетів і проштовхує їх через вузол графу, перш ніж перейти до наступного вузла. Потім кеш інструкцій адаптується до процесу, а пакети, що залишилися, обробляються ще швидше завдяки раніше вивченим інструкціям з першого векторного пакета.

Кожен з програмних комутаторів має свої переваги та недоліки в залежності від конкретного застосування. Наприклад, якщо важливо досягнути максимальної пропускної здатності та мінімальної затримки, то варто використовувати OVS-DPDK або VPP [6, 8]. Якщо ж необхідна більш гнучка конфігурація та налаштування, то можна використовувати Click або Snabb. Крім того, вибір програмного комутатора може залежати від характеристик обчислювальних ресурсів та мережевого обладнання, що використовується.

Кожен комутатор, що реалізований в програмному забезпеченні, або пристрій для тестування (DUT), оцінюється за 2 різними тестовими сценаріями: фізичний NIC до фізичного NIC (p2p), VNF до VNF (v2v) як ілюстровано на рис. 2. Потіки даних 2 сценаріїв пояснюються наступним чином:

(p2p) фізичний до фізичного: у цьому сценарії пакети надходять через фізичний NIC, отримує пристрій для тестування та пересилаються через інший NIC. Вимірювання проводяться на джерелі та приймачі потоку пакетів, поза пристроєм для тестування. Це найпростіший тестовий сценарій без VNF, що працюють у віртуальному середовищі, і надає базові результати для всіх програмних комутаторів.

(v2v) virtual-to-virtual: У випадку v2v пакети генеруються джерелом VNF та вводяться в пристрій для тестування. Потім він пересилає пакети у приймач VNF для вимірювання. Цей сценарій демонструє ефективність пристроїв щодо пересилання трафіку між VNF.

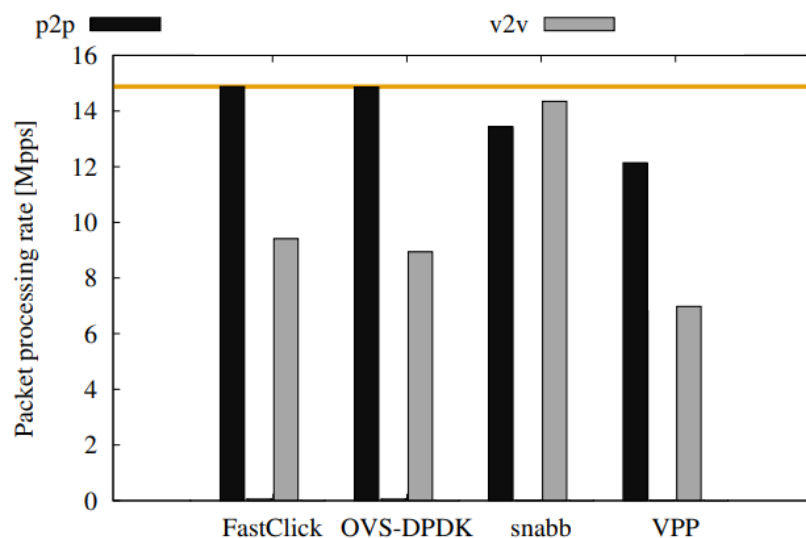


Рис.2: Результати тестів пропускної здатності для всіх сценаріїв. Віртуальна машина дозволяє максимум надсилати 14,9 млн пакетів на секунду для пакетів розміром 64 Б.

Результати дослідження. На рис. 2 показана одностороння пропускна здатність розглянутих програмних комутаторів у сценаріях, описаних вище. Як ми можемо побачити, жоден програмний комутатор не переважає в розглянутих сценаріях. Наприклад Snabb виявляється кращим у сценарії v2v, оскільки його реалізація vhost-user є більш ефективною для доставки пакетів між віртуальними машинами.

На основі результатів дослідження можна зробити висновок, що Snabb має найкращу продуктивність серед усіх програмних комутаторів для віртуалізації функцій мережі. Проте, враховуючи важливість затримки для деяких додатків, OVS-DPDK може бути кращим вибором випадку коли будуть розглядатися мережі із фізичними та віртуалізованими функціями мережі. Крім того, важливо враховувати розмір буферів для оптимальної продуктивності.

Різні підходи до проектування віртуальних комутаторів дозволяють вирішувати різні завдання в області віртуалізації мережі. Наприклад, FastClick може бути корисним для налагодження тестових середовищ, тоді як OVS-DPDK може забезпечити високу пропускну здатність для обробки великої кількості трафіку. Snabb може бути корисним для використання в телекомунікаційних мережах, тоді як VPP може бути корисним для використання в хмарних середовищах та мережах інтернету речей.

Література

1. H. Song, X. Zuo, and L. Liu, "A Comprehensive Survey on Software-Defined Networking," *Journal of Network and Computer Applications*, vol. 135, pp. 23-35, 2019.
2. N. K. Yadav, P. Patil, R. Poddar, and R. Buyya, "Performance Benchmarking of State-of-the-Art Software Switches for NFV," *IEEE Access*, vol. 8, pp. 37374-37390, 2020.
3. The Click Modular Router <https://github.com/kohler/click>
4. Open vSwitch Project, "Open vSwitch," [Online]. Available: <http://www.openvswitch.org>.
5. Snabb <https://github.com/snabbco/snabb>
6. "Performance Comparison of OVS and VPP on High-Performance Networking" by Hyunwoo Nam, Eunji Lee, Sangwon Hyun, and Taesoo Kwon, published in the *IEEE Access Journal* in 2019.
7. Романов О.І., Свид І.В., Корнієнко Н.І., Романов А.О. Управління оптичною мережею контролером SDN на базі ONOS//Радіотехніка, № 210, 2022, С.188-196, DOI:10.30837/rt.2022.3.210.16
8. Romanov, O., Nesterenko, M., Mankivskiy, V., Zhuk, O. Principles of Building Modular Control Plane in Software-Defined Network//Lecture Notes in Networks and Systems, 2023, 548, pp. 333–355, DOI: 10.1007/978-3-031-16368-5_17
https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-031-16368-5_17