

АНАЛІЗ ОСОБЛИВОСТЕЙ ОСНОВНИХ КОНЦЕПЦІЙ ПОБУДОВИ ВІРТУАЛЬНИХ МЕРЕЖ

Національний авіаційний університет

teleshko@nau.edu.ua

Вступ

Незважаючи на свою розповсюдженість, сучасні мережі, побудовані на основі стеку TCP/IP, не відповідають зростаючим потребам щодо швидкості введення в експлуатацію та швидкості ре конфігурації мереж. Поява програмно-конфігурованих мереж (ПКМ) покликана змінити існуючий стан речей.

Головною відмінністю архітектури ПКМ є видалення логіки керування трафіком з складу програмного забезпечення маршрутизаторів та комутаторів, поява логіки централізованого управління мережею, а також можливість конфігурування мережі.

ПКМ мережа розриває вертикальну інтеграцію, тобто розділяє управлінську логіку (рівень керування) від нижче розташованих маршрутизаторів та комутаторів, котрі здійснюють передачу трафіку (рівень даних).

З появою розподілу цих рівнів на рівні даних здійснюється лише маршрутизація трафіку, а управління зосереджується централізованим контролером (мережевою операційною системою) . що спрощує введення мережевих політик, ре конфігурування мережі та її еволюцію.

Слід зазначити, що логічно централізована програмна модель не означає фізичної централізації системи. Натомість робочі станції ПКМ спираються на фізично розподілені керуючі рівні Розподілення цих рівнів є ключовим у досягненні бажаної гнучкості мережі одночасно розділяючи проблему керування мережею на більш прості задачі спрощуючи одночасно введення нових абстракцій.

В даний час відбувається кардинальна зміна парадигми телекомунікацій – перехід до мультисервісних мереж, які будуються на принципах комутації пакетів. Мультисервісна мережа, дозволяючи відмовитися від численних накладених вторинних мереж, створює єдину інформаційно-телекомунікаційну структуру, яка підтримує всі види трафіку (дані, голос, відео) та надає всі види послуг у будь якій точці у будь який час у будь якому обсязі[1].

Метою статті є висвітлення понять програмно-конфігурованих мереж у розрізі двох концепцій їх побудови, а саме, програмно-визначаємих (SDN) мереж та віртуалізації мережевих функцій (NFV); аналіз особливостей реалізацій означених підходів та створення бази можливостей подальших досліджень.

Визначення програмно-конфігурованих мереж

Концепція SDN-мереж

Програмно-конфігуровані мережі (SDN, Software-Defined Networking) – це набір методів, котрі дозволяють користувачам безпосередньо програмувати, організувати, контролювати та керувати мережевими ресурсами, що полегшує проектування, налаштування та функціонування мережевих сервісів в динамічному режимі з можливістю масштабування.

Архітектура SDN відрізняється виключною гнучкістю, можливістю роботи з різними типами комутаторів на різних рівнях протоколу[2].

SDN-комутатор виконує такі функції:

Інкапсулює та перенаправляє перший пакет потоку в SDN-контролер для

визначення необхідності додавання опису потоку до таблиці комутації потоків комутаторів;

Перенаправляє вхідні пакети відповідно до таблиці комутації потоків та з врахуванням можливої пріоритетності;

Фільтрує пакети у визначеному потоці за правилами, визначеними контролером, з метою забезпечення безпеки або вимог щодо управління трафіком.

Контролер SDN визначає потоки, існуючі у площині даних. Кожен потік у мережі має бути спочатку дозволений контролером і лише після цього визначаються маршрути для цього потоку та додаються записи до таблиць маршрутизації потоків комутаторів за маршрутом.

Для зв'язку між контролером і комутаторами використовується стандартний протокол і API. Найчастіше для цієї мети використовується протокол OpenFlow [4]. Реалізація такої архітектури у існуючих мережах потребує заміни всього комунікаційного обладнання що потребує значних капітальних витрат та повної зміни політики обслуговування мережі, що є доволі проблематичним на практиці. З цих причин повномасштабне функціонування SDN-мереж реалізовано здебільшого лише на центрах обробки даних[2].

З точки зору практичної реалізації на теперішній час більш цікавою є концепція віртуалізації мереж під назвою NVF (Network Function Virtualization, віртуалізація функцій мережі – ВФМ). В цій моделі комутатори не абстрагуються від виконання функцій керування мережею. А лише делегують такі функції SDN-контролеру, точніше, деякому набору віртуальних мережевих сервісів.

Підхід NVF передбачає відділення функцій логічних мережевих елементів від забезпечуючої їх апаратної інфраструктури за рахунок віртуалізації таких функцій. Все це дає можливість використання уніфікованого комп'ютерного обладнання, що забезпечує використання широких обчислювальних можливостей для управління смугою пропускання мереж. При цьому ресурси уніфікованого обладнання

можуть динамічно перерозподілятися між програмно реалізованими віртуальними мережевими функціями (Virtual Network Functions – VNF)[5].

Незважаючи на більш пізню, в порівнянні з концепцією SDN появу, оператори ринку телекомунікаційних послуг розглядають можливості впровадження рішень NVF у коротко та середньостроковій перспективі. Це пов'язано з такими особливостями концепції:

Непотрібно достроково виводити з експлуатації обладнання, що успішно використовується;

Впровадження NVF, на думку учасників ринку, має привести до скорочення капітальних та операційних витрат, пов'язаних з окремими послугами;

Впровадження NVF може здійснюватися обмежено та поступово за рахунок додання нових послуг що дозволяє розглядати його як економічно обґрунтоване;

Для рішень NVF, на відміну від рішень SDN, вже існує напрацьована практика застосування, пов'язана з хмарними та іншими рішеннями, що дозволяє розглядати NVF-концепцію як більш зрілу та готову для комерційної експлуатації.

Рішення NVF

На відміну від рішень SDN, орієнтованих здебільшого на нижні рівні архітектури – передачу даних і управління, рішення, що пропонуються на ринку NVF є, насамперед, функціями VNF. Це відповідає закладеній у концепції NVF можливості обмеженого та поступового впровадження у відповідності до потреб. В зв'язку з цим існуючи рішення можна кваліфікувати у відповідності до сфери їх застосування у тому числі:

Платформа NFV – комплекс засобів, що забезпечують функціонування VNF, оркестрацію та управління;

Функції VNF, віртуалізуючи пристрої мережі пакетного дротового зв'язку (vCPE, vSBS, vBRAS, прикладні та інші шлюзи);

Функції VNF, віртуалізуючи компоненти мобільних телефонних мереж;

Функції мереж радіо доступу (Cloud RAN, vRAN, vBS, vNodeB, veNodeB);

Ядро мережі (vEPS).

Архітектуру віртуалізації мережевих функцій (NFV), розроблену ETSI, описує документ ETSI GS NFV-0010 V0.1.7 і зображена на рис. 1.

Архітектура NFV включає в себе такі основні елементи[5]:

✓ VNF (Virtual Network Function) – віртуальна мережева функція, наприклад,

DNS, DHCP, комутатор, маршрутизатор, балансувальник.

✓ EMS (Element Management System) – система управління та адміністрування однієї, або декількох VNF.

✓ NFVI (Network Function Virtualization Infrastructure) – інфраструктура NFV: апаратні та програмні ресурси у фізичному або віртуальному вигляді, на котрих працюють віртуальні мережеві функції VNF, котрі можуть бути розташовані або локально або територіально розподілено.

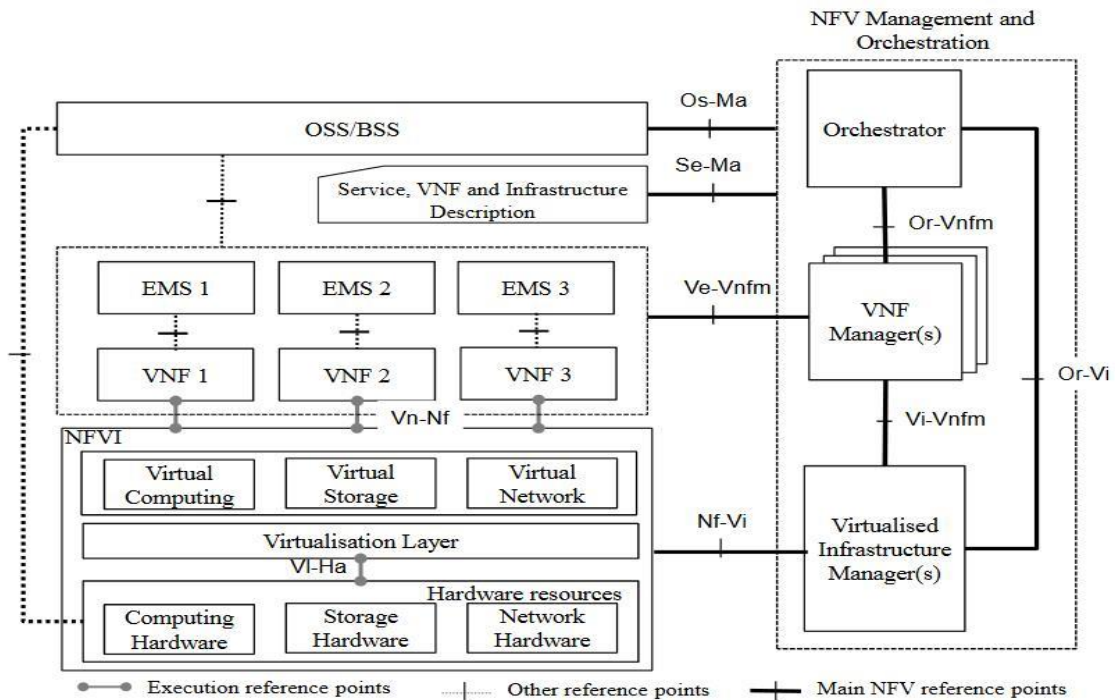


Рис. 1. Архітектура віртуалізації мережевих функцій

✓ Hardware Resources (апаратні ресурси, тобто обчислювальні, мережеві та ресурси зберігання) – це фізична частина інфраструктури NFV – будь-який стандартний комутатор, фізичний сервер, пристрій зберігання, таке інше.

✓ NFV Orchestrator (оркестратор NFV) – адміністрування інфраструктури NFV програмними ресурсами, створення завершеної послуги з декількох VNF.

✓ VNF Manager – менеджер, який відповідає за життєвий цикл VNF: інсталяція, активація, масштабування, інсталяція,

активація, оновлення і термінація. Може керувати однією або декількома VNF.

✓ Virtualized Infrastructure Manager менеджер віртуальної інфраструктури) – відповідає за взаємодію віртуальної мережевої функції з апаратними та програмними ресурсами та інвентаризацію наявних ресурсів, за збір статистики та питання продуктивності мережі.

Переваги та труднощі застосування NFV

Основні цілі, які можуть бути досягнуті в результаті переходу на концепцію NFV:

✓ прискорення інноваційних процесів в наданих сервісах за допомогою програмного розгортання і впровадження мережеских функцій та наскрізних послуг

✓ поліпшення експлуатаційної ефективності в результаті спільної автоматизації і скорочення операційних процедур, а також зниження енергоспоживання за рахунок міграції робочих навантажень і відключення невикористаного обладнання;

✓ стандартизація інтерфейсів між мережевими функціями і їх керуючими об'єктами і можливість надання мережеских елементів різними гравцями (наприклад, VNFAaS-провайдер 1 на базі IaaS-провайдера 2);

✓ підвищення ефективності капіталів і загальної гнучкості мережевої архітектури завдяки відходу від апаратних реалізацій.

До факторів, що стримують розвиток NFV, слід віднести:

✓ Стандарти та сумісність. Стандарти NFV недостатньо розроблені, що призводить до різнобою у вендорних реалізаціях та призводить до проблем з сумісністю NFV різних вендорів.

✓ Недостатня зрозумілість мети з точки зору бізнесу. Перші комерційні реалізації NFV з'явилися лише в 2015 р. Цінність для бізнесу від реалізації NFV поки лежить в теоретичній площині і реальних підтверджуючих кейсів все ще недостатньо.

✓ Проблеми міграції. Міграція традиційної мережевої інфраструктури до архітектури NFV є складним і багатоступінчастим завданням. В даний час оператори і вендори обладнання поки не мають систематичного досвіду подібних переходів і переконливих «історій успіху».

✓ Проблеми організаційної структури. На даний момент в структурі практично будь-якого оператора зв'язку департамент інформаційних технологій (IT) і технічний департамент мережі зв'язку оператора (CT) організаційно розділені. Тим часом, NFV і SDN відносяться саме до сфери IT. Тому потрібна не лише трансформація

базової мережі оператора, а й його організаційної структури. А це доволі нетривіальне завдання. Однак, після його вирішення, як внутрішня корпоративна мережа оператора, так і його базова мережа, матимуть єдину інфраструктуру, що призведе як зниження накладних витрат, так і до підвищення ефективності бізнесу.

✓ Моніторинг продуктивності і якісних параметрів мережі. Перші ж реалізації показали, що існуючі системи моніторингу не адаптовані під завдання NFV. Якщо ми ведемо мову про часткову заміну обладнання на стандартні сервера, то і апаратні рішення для моніторингу каналів зв'язку повинні бути теж замінені на програмне рішення для установки на стандартний сервер. Але такі рішення вже з'являються, наприклад, TruSpeed NFV від Viavi Solutions.

Таким чином, на поточному етапі технічні фахівці мають сконцентрувати свої зусилля, по-перше, на стандартизації, по-друге, на побудові більш розгалужених моделей з метою розробки ефективних засобів моніторингу та керування мережею.

Висновки

Реалізація архітектури SDN-NFV забезпечує наступні переваги: зменшення капітальних витрат і операційних витрат (CAPEX / OPEX) за рахунок зниження вартості обладнання і зниження споживання енергії; скорочення часу «виходу на ринок» для розгортання нових мережеских сервісів, поліпшення віддачі від інвестицій в нові послуги; велика гнучкість для збільшення, зменшення або розвитку послуг; відкритість для ринку віртуальних пристроїв і «чистих» учасників; можливість апробування та впровадження нових інноваційних послуг з меншим ризиком; скорочення різноманітності парку апаратних пристроїв.

Перехід до NFV можна порівняти тільки з переходом від аналогових телефонних станцій до цифрових на початку 70-х років, коли виробникам обладнання знадобилося така ж переорієнтація і таке ж переоснащення. Незважаючи на велику кі-

лькість дискусій безумовним є те, що віртуалізація мережевих функцій дозволить відповідати на вимоги користувачів в частині нових послуг істотно швидше і зможе скоротити витрати на модернізацію мережі.

Література

1. *Логинов С.С.* Об уровнях управления в программно-конфигурируемой сети (SDN) // Т-Comm: Телекоммуникации и транспорт. – 2017.

2. *Semenovukh A.A.* Comparative analysis of SDN controllers. / *Semenovukh A.A., Laponina O.R.* // International Journal of Open Information Technologies ISSN: 2307-8162 vol. 6, no.7., 2018 – P. 50-56.

3. *Stallings W.* Software-defined networks and openflow // The internet protocol Journal. – 2013. – Т. 16. – №. 1. – С. 2-14. – Режим доступу: <http://www.cisco.com/c/en/us/about/press/internet-protocol-journal/back-issues/table-contents-59/161-sdn.html>.

4. OpenFlow Switch Specification Version 1.4.0 (Wire Protocol 0x05). – 2013. – Режим доступу: <https://www.opennetworking.org/images/stories/downloads/sdn-resources/onf-specifications/openflow/openflow-spec-v1.4.0.pdf>.

5. *Ефимушкин В.А.* Обзор решений SDN/NFV зарубежных производителей / *Ефимушкин В.А., Ледовских Т.В., Корабельников Д.М., Языков Д.Н.* // Т-Comm: Телекоммуникации и транспорт. – 2015. – Том 9. – №8. – С. 5-13.

Телешко І.В.

АНАЛІЗ ОСОБЛИВОСТЕЙ ОСНОВНИХ КОНЦЕПЦІЙ ПОБУДОВИ ВІРТУАЛЬНИХ МЕРЕЖ

Комунікаційне середовище, побудоване на основі стеку TCP/IP, не завжди відповідає потребам щодо швидкості введення в експлуатацію та швидкості реконфігурації сучасних мультисервісних мереж. Вирішенню проблеми покликана реалізація такої мережевої архітектури, у якій логіка керування трафіком видалена зі складу програмного забезпечення маршрутизаторів та комутаторів і оформлена у вигляді окремої логіки централізованого управління мережею. Мережа, побудована за такою архітектурою, отримала назву програмно конфігурованої мережі (ПКМ). Логічно централізована програмна модель не означає фізичної централізації системи. Натомість робочі станції

ПКМ спираються на фізично розподілені керуючі рівні. Розподілення цих рівнів є ключовим у досягненні бажаної гнучкості мережі одночасно розділяючи проблему керування мережею не більш прості задачі спрощуючи одночасно введення нових абстракцій.

У статті висвітлено поняття програмно-конфігурованих мереж у розрізі двох концепцій їх побудови, а саме, програмно-визначаємих (SDN) мереж та віртуалізації мережевих функцій (NVF). Підхід NVF передбачає відділення функцій логічних мережевих елементів від забезпечуючої їх апаратної інфраструктури за рахунок віртуалізації таких функцій. Все це дає можливість використання уніфікованого комп'ютерного обладнання, що забезпечує залучення широких обчислювальних можливостей для управління смугою пропускання мереж. При цьому ресурси уніфікованого обладнання можуть динамічно перерозподілятися між програмно реалізованими віртуальними мережевими функціями.

З точки зору практичної реалізації на теперішній час більш цікавою є концепція NVF. В цій моделі комутатори не абстрагуються від виконання функцій керування мережею, а лише делегують такі функції SDN-контролеру, або деякому набору віртуальних мережевих сервісів. Незважаючи на більш пізню, в порівнянні з концепцією SDN появу, оператори ринку телекомунікаційних послуг розглядають можливості впровадження рішень NVF у коротко та середньостроковій перспективі. Основними мотивами цього є, по-перше, те що впровадження NVF може здійснюватися обмежено та поступово за рахунок додання нових послуг, а також без дострокової заміни обладнання, що успішно використовується. По-друге, для рішень NVF, на відміну від рішень SDN, вже існує напрацьована практика застосування, пов'язана з хмарними та іншими рішеннями, що дозволяє розглядати NVF-концепцію як більш зрілу та готову для комерційної експлуатації.

До основних факторів, що стримують розвиток NFV, слід віднести недостатню розробленість стандартів, що призводить до різнобою у вендорних реалізаціях та до проблем з сумісністю NFV різних вендорів; організаційні проблеми операторів зв'язку пов'язані з необхідністю перенесення частини функцій з технічного департаменту до департаменту інформаційних технологій. Загалом перехід до NFV можна порівняти з переходом від аналогових телефонних станцій до цифрових на початку 70-х років, коли виробникам обладнання знадобилося така ж переорієнтація і таке ж переоснащення.

Ключові слова: програмно-конфігуровані мережі, віртуалізація мережевих функцій, SDN, NFV, комп'ютерні мережі.

Teleshko I.V.

ANALYSIS OF THE PECULIARITY THE MAIN CONCEPTS OF CONSTRUCTION VIRTUAL NETWORKS

The TCP/IP stack-based communication environment does not always meet the needs of the speed of commissioning and the speed of reconfiguration of modern multiservice networks. The solution to this problem is to implement such a network architecture, in which the logic of traffic management is removed from the software of routers and switches and designed as a separate logic of centralized network management. A network built on this architecture is called Software Defined Network (SDN). Logically centralized software model does not mean physical centralization of the system. Instead, SDN workstations rely on physically distributed control levels. Sharing these levels is key to achieving the desired flexibility of the network, while separating the problem of network management into simpler tasks while simplifying the introduction of new abstractions.

The article covers the concept of software-configured networks in the context of two concepts of their construction, namely, software-defined (SDN) networks and virtualization of network functions (NFV). The NFV approach involves separating the functions of logical network elements from their hardware infrastructure by virtualizing such functions. All of this makes it possible to use unified computer hardware that delivers extensive computing capabilities to manage bandwidth. In this case, the resources of the unified equipment can be dynamically redistributed between the software implemented virtual network functions.

In terms of practical implementation, the NFV concept is more interesting now. In this model, the switches do not abstract from the performance of network management functions, but only delegate such functions to the SDN controller or to some set of virtual network services. Despite the later appearance of telecommunication services, compared to the concept of SDN, telecommunications market operators are considering the possibility of implementing NFV solutions in the short and medium term. The main reasons for this are, firstly, that the implementation of NFV can be limited and progressive through the provision of new services and without early replacement of successfully used equipment. Second, for NFV solutions, unlike SDN solutions, there is already a well-established application practice associated with cloud and other solutions that makes the NFV concept more mature and commercially available.

The main factors hampering the development of NFVs include insufficiently developed standards, leading to diversity in vendor implementations and NFV interoperability issues across vendors; organizational problems of telecommunication operators are connected with necessity of transfer of a part of functions from technical department to the department of information technology. In general, the transition to NFV can be compared to the transition from analogue telephone exchanges to digital ones in the early 1970s, when equipment manufacturers experienced the same reorientation and re-equipment.

Keywords: *software-configured networks, network function virtualization, SDN, NFV, computer networks.*