

ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ СТАНДАРТИЗАЦІЇ ПАРАМЕТРІВ УПРАВЛІННЯ ДЛЯ SDN АРХІТЕКТУРИ ПРИ НАДІЙНІЙ ПЕРЕДАЧІ ІНФОРМАЦІЇ

В статті розглянуто питання використання та стандартизації параметрів управління програмно керованими мережами SDN при надійній передачі інформації. Ця концепція, що дістала назву мереж, що програмно конфігурувалися, або Software-Defined -Network(SDN) - розділення рівня управління мережею і передачі даних за рахунок перенесення функцій управління мережевими пристроями в додатки, які працюють на окремому сервері чи контролері.

Залежно від масштабу мережі сам контролер є сервером або групою серверів, на яких встановлено спеціалізоване програмне забезпечення. При цьому мережеві елементи, у яких відібрали функції управління мережею, виконують суто базові завдання - працюють по просуванню пакетів. Така архітектура дозволяє виділити з мережевого устаткування рівень управління і зробити його програмованим. При цьому базова інфраструктура передачі даних також відділяється від мережевих сервісів і додатків.

Також у статті розглянута узагальнена схема основних напрямів стандартизації та розробки таких мереж. Різні організації при стандартизації мереж SDN, ставлять за мету формування нової архітектури мережі та устаткування, що припускає відділення площини управління від площини передачі, і докладають значні зусилля до подолання виникаючих проблем, пов'язаних із складнощами міграції від традиційних мереж до SDN. Це надасть можливість користувачам отримувати всі послуги із необхідною якістю, достовірністю та вартістю.

Ключові слова: програмно керовані мережі SDN, управління мережевими пристроями, стандартизація архітектури SDN, надійність та завади передачі, інфраструктурний рівень.

Вступ. Сучасні інформаційні мережі стають більш динамічними, а їх системи управління – все більш інтелектуальними і складнішими. Існуючі мережі, що програмно конфігурувалися (П-КМ, англ. Software-Defined-Networks - SDN) – це інформаційні мережі, в якій рівень керування представлений програмним контролером та є достатньо відділеним від рівня передавання інформаційних даних. Технологія П-КМ забезпечує високу гнучкість управління мережею та спрощує віртуалізацію мережних ресурсів. Можливість динамічної конфігурації мережі з допомогою контролера без зміни апаратного та програмного забезпечення мережних пристроїв призвела до того, що сьогодні більшість операторів телекомунікаційних мереж впроваджують цю технологію, хоча алгоритми управління трафіком та методи передавання даних залишаються незмінними. Тому питання забезпечення якості управління і обслуговування трафіку згідно із вимогами користувачів та ефективності використання мережних ресурсів на сьогодні не втрачають актуальності. Значна кількість розроблених та впроваджених технічних рішень управління процесами передавання даних не вирішила задачі ефективної маршрутизації потоків для забезпечення вимог якості обслуговування інформаційного потоку в умовах перевантажених каналів та обмежених мережних ресурсів. Головною причиною цього є відсутність засобів контролю за процесом передавання окремих потоків, унаслідок чого система управління не має змоги зафіксувати погіршення якості обслуговування для цих потоків, а тому не може гарантувати рівень обслуговування, узгоджений з користувачами у сервісному договорі. Відсутність самої можливості здійснювати диференційоване управління окремими потоками користувачів та враховувати вимоги кожного потоку до параметрів обслуговування призводить до низької ефективності маршрутизації, неоптимального розподілу навантаження та погіршення обслуговування потоків реального часу. Тому в умовах постійного зростання обсягів потоку інформації та кількості користувачів сервісів потокового контенту актуальним є розроблення методів та моделей управління процесами передавання даних у інформаційних програмно - конфігуруємо мережах для підвищення якості обслуговування користувачів та ефективного

використання мережних ресурсів. Тому проблема забезпечення параметрів управління передачі інформації мереж SDN в сучасних умовах є актуальною.

Постановка задачі. Аналіз матеріалів щодо стану забезпечення управління інформаційними мережами, шляхів створення та тенденції розвитку систем управління, показує можливість виділити наступне. В розвинених країнах світу розроблено або вже розробляються та впроваджуються автоматизовані системи управління інформаційними мережами, які забезпечують необхідну ефективність і надійність роботи устаткування, що постійно ускладнюється. Розширення функцій інформаційної мережі та послуг, що надаються користувачеві, ставлять підвищені вимоги до гнучкості систем та оперативності управління, їх здатності адаптуватися до умов роботи та особливостей таких мереж, до забезпечення необхідної якості роботи та живучості як самої мережі, так і системи управління. При створенні сучасних національних та регіональних центрів управління перед усіма фірмами постає завдання - забезпечення управління обладнанням, оптимізації існуючого устаткування мереж зв'язку різних виробників-постачальників, розробка систем управління, які б забезпечували контроль роботи і управління як існуючого, так і нового обладнання. Тому надаються переваги системам управління, побудованих на базі та принципах систем пакетної комутації, а усі пошуки покращення управління мережами та удосконалення систем управління спрямовані на зниження затрат та підвищення показників якості управління інформаційними мережами.

З огляду на це основним недоліком існуючих методів управління є відсутність інформації про стан мережі в режимі реального часу. Більшість рішень про маршрутизацію приймаються на основі інформації, яка є відносно застарілою в умовах динамічного мультисервісного середовища. Згідно проаналізованих систем та методів моніторингу, збір статистики в існуючих системах моніторингу відбувається за допомогою агентів, що встановлені на мережних вузлах та збирають статистичну інформацію, яка передається з певним інтервалом у центр моніторингу. Зазвичай інтервал між двома точками опитуваннями є досить великим (може досягати хвилини), по скільки в сучасних маршрутизаторах частота опитування суттєво впливає на завантаження центрального процесора і на пропускну здатність обслуговуючого пристрою. Збільшення частоти опитування призводить до зростання обсягу службової інформації, яка буде генеруватися системою моніторингу в процесі обміну повідомленнями між центром моніторингу та агентами. Існуючі системи моніторингу дають змогу збирати обмежену інформацію про інформаційний потік, яка зводиться максимум до завантаження портів чи окремих черг у буфері. В той же ж час протокол Open-Flow надає можливість проводити моніторинг більшої кількості параметрів. На основі централізованої архітектури П-КМ розроблено нові методи вимірювання параметрів управління та обслуговування. Проте вони вимірюють тільки затримку в каналі для потоку, що не може адекватно відобразити якість обслуговування для потоку окремого класу, по скільки для їхнього обслуговування зазвичай на кожному маршрутизаторі використовуються алгоритми пріоритетного обслуговування. При високому завантаженні каналу передачі мережа повинна оперативно реагувати на критичні ситуації для уникнення перевантаження. Проте інтервал моніторингу існуючих мереж є незмінним і зазвичай перевищує 5 секунд [1]. Це означає, що контролер отримує усереднене значення інтенсивності завантаження каналу за 5 секунд і не зможе встановити факт виникнення моментального перевантаження внаслідок стрибка інтенсивності навантаження. Таким чином, піки інтенсивності навантаження згладжуються і система управління спостерігає рівномірне завантаження каналу без перевантаження. Враховуючи проведений аналіз, можна дійти до висновку, що існуючі моделі управління інформаційним потоком у програмно - конфігуруємо мережах:

- не враховують вимоги окремого клієнта, а диференціюють потоки лише за класами потоку інформації;
- не використовують актуальні параметри управління та обслуговування як окремих каналів, так й індивідуальних потоків окремого клієнта;
- не можуть справитися із перевантаження елементів мережі, вузлів чи каналів;

- проводять маршрутизацію потоків, не диференціюючи їх за чутливістю до перемішування порядку пакетів та розриву з'єднання [2]:

Основна частина. Сучасна організація передачі інформаційних потоків даних в мережних структурах вимагає нових підходів до управління у зв'язку із лавиноподібним збільшення комутаційних правил та трудомісткості управління мережною інфраструктурою. Традиційний загальний підхід до вирішення проблеми мережних взаємодій припускає послідовну обробку одиниць передачі (пакетів) на кожному рівні еталонної моделі мережної взаємодії ISO/OSI. Одним із напрямів “модернізації” класичного підходу до організації мережної архітектури є створення програмно - конфігуруємо мереж, що використовують протокол Open-Flow [2]. До основних переваг програмно - конфігуруємо мереж відносять - централізоване управління в середовищі, зменшення складності мережі за рахунок автоматизації, вищу швидкість впровадження інновацій, збільшення надійності та безпеки мережі, забезпечення узгодженості політик управління доступом, інжинірингу потоку передачі, параметрів послуг, безпеки, вузько спрямоване управління мережею, поліпшення якості сприйняття послуг користувачами.

Основна ідея П-КМ полягає в тому, щоб не змінюючи існуючого мережного устаткування відокремити чи перехопити управління цим устаткуванням за рахунок створення спеціального програмного забезпечення, яке може працювати на звичайному комп'ютері та знаходитися під контролем адміністратора мережі.

Основна суть П-КМ зводиться до розділення процесів пересилки даних та управління потоками. Безпосередньо пересилку виконують спеціальні комутатори Open-Flow на основі універсальних таблиць потоків, які формуються та підтримуються зовнішнім управляючим компонентом - контролером мережі [3]. Ключова особливість управління П-КМ в тому, що як таблиця потоків в комутаторах, так і правила функціонування самих контролерів доступні для управління зовнішніми програмними засобами через спеціалізовані сервіси.

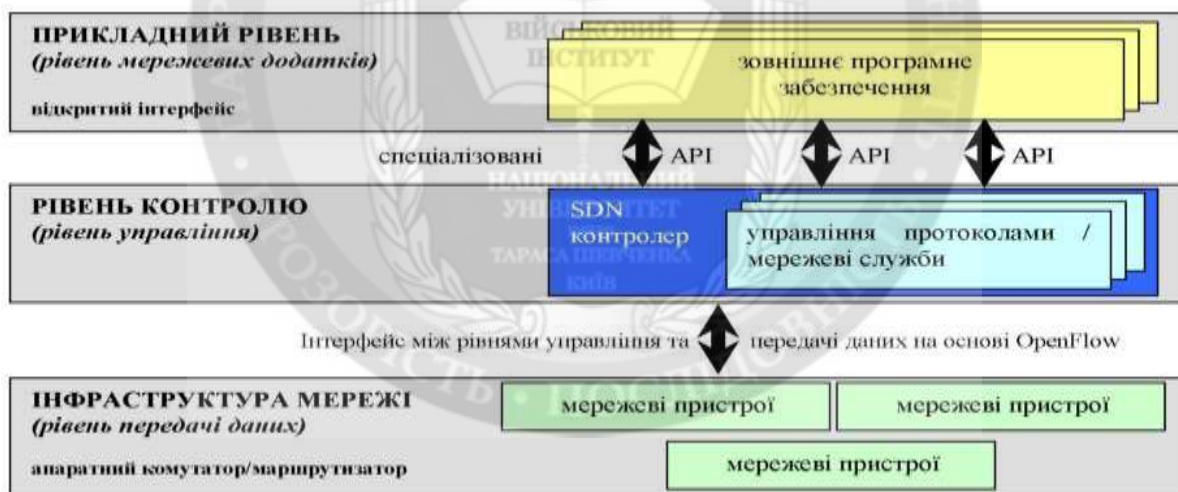


Рис. 1. Загальновідома архітектура програмно - конфігуруємо мереж (SDN)

У загальновідомій архітектурі SDN виділяють три рівні (рис. 1) [4]:

- інфраструктурний рівень, що надає набір мережних пристроїв;
- рівень управління, що включає в себе мережну операційну систему, яка забезпечує мережні сервіси та програмний інтерфейс для управління мережними пристроями;
- прикладний рівень - для гнучкого та ефективного управління інформаційною мережею
- прикладні рішення управління мережею (засоби забезпечення безпеки, балансування навантаження програмного між мережного екрану, адміністрування, виявлення вторгнень, а також функції інжинірингу потоку даних, управління мобільністю, управління доступом, організації ефективної роботи мережі тощо).

Виділення функції управління в окремий рівень та її делегування центральному компоненту (контролеру мережі, рис. 2) загалом націлені на оптимізацію мережних конфігурацій для вирішення прикладних завдань, та дозволяють отримати наступні переваги управління:

- формати даних, правила обробки та технології передачі у комутаторі не обмежені певним рівнем взаємодії, типом устаткування чи виробником;
- одиниця передачі може бути задана багатовимірним вектором, що включає в себе поля з різних рівнів моделі мережної взаємодії;
- при побудові правил пересилки пакетів по мережі можуть застосовуватися методи автоматизованої корекції потоків залежно від навантаження компонентів та інших критеріїв;
- контролери мережі можуть об'єднуватися у мережні домени, які дозволяють оптимізувати та резервувати канали передачі.

Основні інтелектуальні функції мережі зосереджені у централізованому мережному контролері, який відстежує загальний стан мережної інфраструктури та потоків, що протікають по ній. У такій системі управління всією мережею відбувається в єдиній логічній точці, що значно спрощує завдання конфігурації та управління. Також простіше виглядає і функціонування мережних пристроїв, тому що на відміну від традиційної моделі не потрібно більше підтримувати та обробляти безліч різних протоколів, а достатньо тільки отримувати та обробляти інструкції від контролерів П-КМ. Для налаштування такої мережі досить надбудувати програмний контролер мережі, замість того, щоб змінювати сотні рядків кодів у безлічі мережних пристроїв мережі. Поведінку мережі можна змінювати у реальному часі, а нові рішення впроваджувати за набагато коротший час, ніж в традиційній архітектурі. Централізуючи стан мережі в єдиному рівні контролю, П-КМ можуть конфігуруватися за допомогою програмних засобів. Мережні контролери також володіють набором прикладних інтерфейсів, які дозволяють реалізувати типові завдання по маршрутизації, зокрема багато адресність, безпека, контроль доступу, управління смугою пропускання, якість обслуговування, які вузько направлені та налаштовані під завдання конкретного споживача [5].

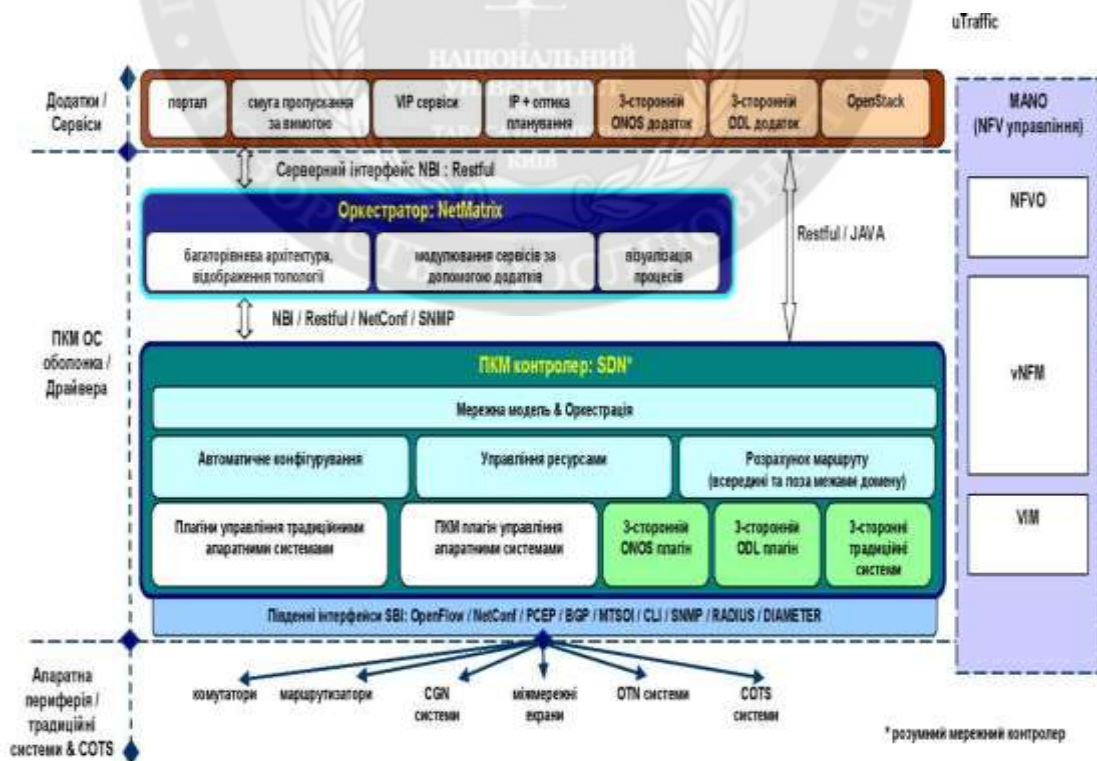


Рис. 2. Загальна розширена архітектура мереж, що програмно конфігуруються

У комутаторі такої архітектури реалізований тільки рівень передачі даних. Замість контролера використовується набагато простіший пристрій, завдання якого полягає в отриманні даних, які надходять, визначення їх адресів та якщо адресат є в таблиці комутації, негайної передачі даних комутаційній матриці [5]. Інакше комутатор по захищеному каналу відправляє запит на центральний контролер мережі, та на підставі отриманої від нього інформації вносить необхідні зміни у таблицю комутації, після чого здійснюється обробка отриманих даних (тут устаткування не пере налаштовується вручну, а налаштовується за допомогою спеціального програмного забезпечення). Ідея П-КМ у створенні уніфікованого, незалежного від виробника мережного устаткування, програмно-керованого інтерфейсу між контролером та транспортним середовищем мережі знайшла віддзеркалення в протоколі Open-Flow, що дозволяє користувачам самим визначати і контролювати, хто з ким, за яких умов та із якою якістю може взаємодіяти в мережі. Сьогодні адміністратор може вручну налаштовувати устаткування за заданими параметрами, а будь-які подальші зміни здійснюються переважно на апаратному рівні. Open-Flow дозволяє відійти від такого управління мережею, що позитивно позначається на її масштабованості.

Комутатор Open-Flow послідовно порівнює вміст переданого кадру із записами таблиці і при збігу виконує вказані в записі дії. Якщо збіг не знайдений, то залежно від налаштувань комутатору пакет може бути відкинтий або відправлений Open-Flow запит контролеру для ухвалення рішення. Контролер може додавати, модифікувати, видаляти записи з таблиць як на основі аналізу пакетів, що отримуються від мережного устаткування, так і виходячи з власних алгоритмів роботи. Мережа SDN дає можливість абсолютної гнучкості в управлінні потоком передачі, а теоретично - легке балансування потоку без залучення окремого приладу.

Основні вимоги до SDN [6]:

- Централізоване управління для різних поставників устаткування.
- Зниження складності налаштувань та конфігурації мережі за рахунок автоматизації настройки та конфігурації.
- Високий рівень змінності в реальному часі для підтримки нових комерційних вимог.
- Посилення безпеки та стабільності роботи мережі.
- Детальний контроль мережі для служб підтримки сервісів.
- Збір, обробка статистики мережі та управління.

За допомогою сучасних маршрутизаторів зазвичай вирішуються два основних завдання: передача даних - просування пакету від вхідного порту на певний вихідний порт та управління даними - обробка пакету та ухвалення рішення про тих, куди його передавати далі, на основі потокового стану маршрутизатору. Це відповідає рівню передачі даних, на якому зібрані засоби передачі (лінії зв'язку, канало-утворюючі устаткування, маршрутизатори, комутатори) і рівню управління станами засобів передачі даних (рис. 1.3).

Розвиток маршрутизаторів до цих пір йшов по шляху зближення цих рівнів, проте з нахилом на передачу (апаратне прискорення, вдосконалення програмного забезпечення та впровадження нових функціональних можливостей для збільшення швидкості прийняття рішення з маршрутизації кожного пакету), тоді як рівень управління залишався достатньо примітивним та спирався на складні розподілені алгоритми маршрутизації та хитромудрі інструкції з конфігурації та налаштування мережі [7].

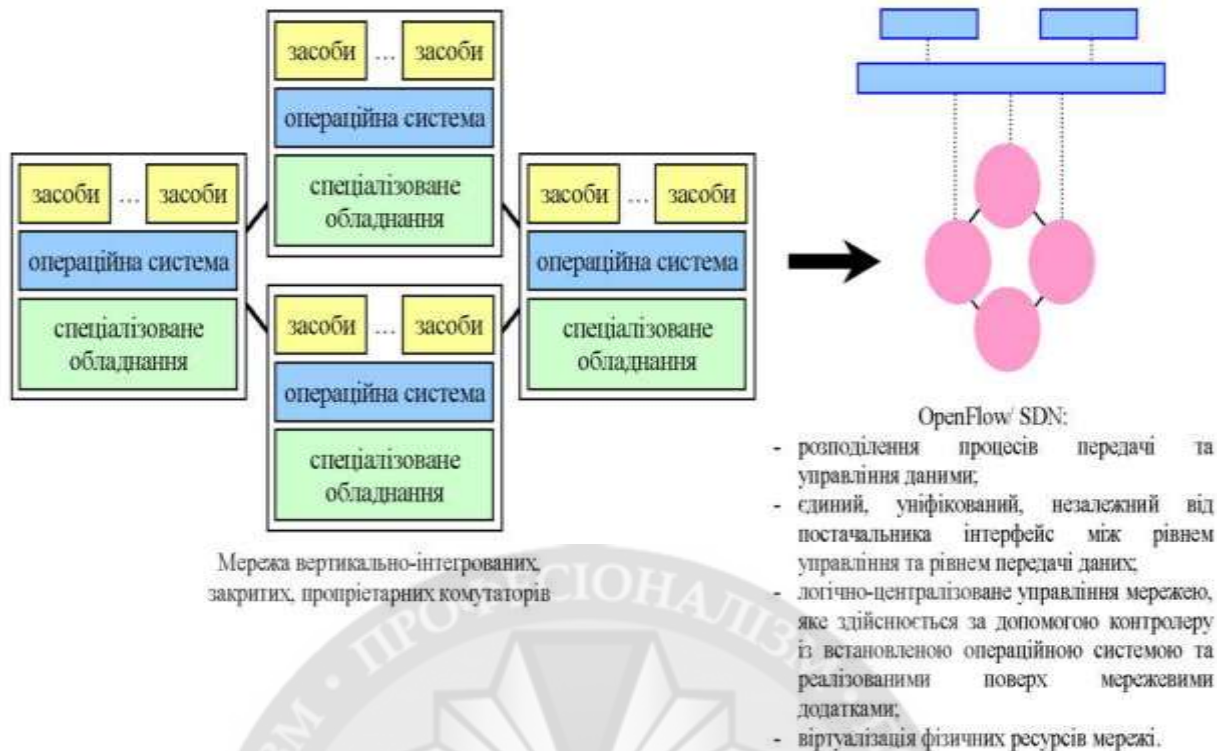


Рис. 3. Порівняння загальних традиційних та SDN мереж

Саме логічно-централізоване управління даними у мережі припускає винесення всіх функцій управління мережею на окремий фізичний сервер, контролер, який знаходиться у веденні адміністратора мережі. Контролер може управляти як одним, так і декількома OpenFlow комутаторами та містить мережну операційну систему, що надає мережні сервіси по рівню управління мережею, сегментами мережі та станом мережних елементів, а також додатки, що здійснюють управління мережею та потоками даних.

Розробкою стандартів SDN і дослідженнями в цьому напрямі у даний час займається велике число галузевих об'єднань та міжнародних організацій, в яких беруть участь зацікавлені комерційні компанії - виробники мережного устаткування, оператори мереж зв'язку, розробники програмного забезпечення. Концепція SDN активно просувається, проте її розуміння ще не настало, а ключові стандарти знаходяться на різних стадіях розробки та апробації. Так, галузеві стандартизуючі організації: Фонд відкритих мережних технологій (англ. Open-Networking-Foundation, ONF), Робоча група по інженерних завданнях Інтернет (англ. Internet-Engineering-Task-Force, IETF) та MCE-T (Сектор стандартизації Міжнародного союзу електров'язку) - пропонують наступні визначення такої мережі:

ONF. SDN – це динамічна, керована та здатна до адаптації мережна архітектура, у якій розділені рівні управління мережею та передачі даних, що забезпечує програмне управління мережею та абстрагування чи ізоляцію (рівня) мережної інфраструктури від (рівня) додатків та мережних послуг чи сервісів [8].

IETF. SDN - підхід до побудови інформаційних мереж, що забезпечує пряме управління ресурсами та мережами, а також їх розподіл за рахунок додавання власних засобів обробки, адміністрування та програмного управління за допомогою відкритих мережних інтерфейсів і абстракції (абстрагування, ізоляції) рівня мережі [9].

MCE-T. SDN – це технологія побудови мереж, яка дозволяє реалізувати централізований, програмований рівень управління та ізоляцію (абстракцію) рівня даних; при цьому рівні управління та даних розділені, завдяки чому оператори мереж зв'язку можуть безпосередньо управляти своїми віртуальними ресурсами і мережами. Програмований рівень управління - рівень управління, який повинен бути програмованим і керованим централізованим чином;

ізоляція (абстракція) рівня даних - моделі рівня даних повинні бути абстрактними і спрощеними, а не спеціалізованим апаратним забезпеченням [10].

На сьогодні дослідженням загальних питань та стандартизацією SDN займаються ONF, IETF, Дослідницька група Інтернет - технологій (англ. Internet-Research-Task-Force, IRTF), Європейський інститут по стандартизації в області телекомунікацій (англ. European-Telecommunications-Standards-Institute, ETSI) та MCE-T. Приватні питання стосовно SDN розглядаються і учасниками Форуму оптичної між мережної взаємодії (англ. Optical-Internetworking-Forum, OIF). Ця некомерційна організація, яка розробляє угоди по реалізації (англ. Implementation-Agreement, IA) для устаткування оптичних мереж, оцінює концепцію SDN як перспективну та займається розробкою вимог до SDN в частині транспортних мереж із боку операторів оптичних мереж і постачальників послуг, структури SDN та її співвідношення з архітектурою оптичних мереж з автоматичною комутацією (англ. Automatically-Switched-Optical-Network, ASON), а також демонстрацією і тестуванням SDN.

Загальні вимоги OIF до SDN із погляду операторів транспортних мереж включають:

- функції рівня управління транспортної мережі SDN;
- функціональні вимоги до загального оператора, що координує функції та служби на різних рівнях транспортної мережі і з кінця в кінець в суміжних доменах SDN;
- співвідношення рівнів SDN в транспортній мережі - рівня передачі даних, управління, адміністрування та загального оператора.

Узагальнена схема основних напрямів стандартизації та розробки представлена на рис. 4 [11], де овалами показані організації стандартизації, а білими - об'єднання галузевих виробників та проекти з розробки відкритого програмного забезпечення. IETF слідує в сторону SDN іншим шляхом, додаючи властивості відкритих інтерфейсів в існуючу архітектуру та захищаючи, таким чином, вкладені ONF, як родоначальник SDN, ставить за мету формування нової архітектури мережі та устаткування, що припускає відділення площини управління від площини передачі, і докладє значні зусилля до подолання виникаючих проблем, пов'язаних із складнощами міграції від традиційних мереж до SDN і з труднощами стандартизації площини передачі із-за перешкод з боку провідних світових виробників устаткування.

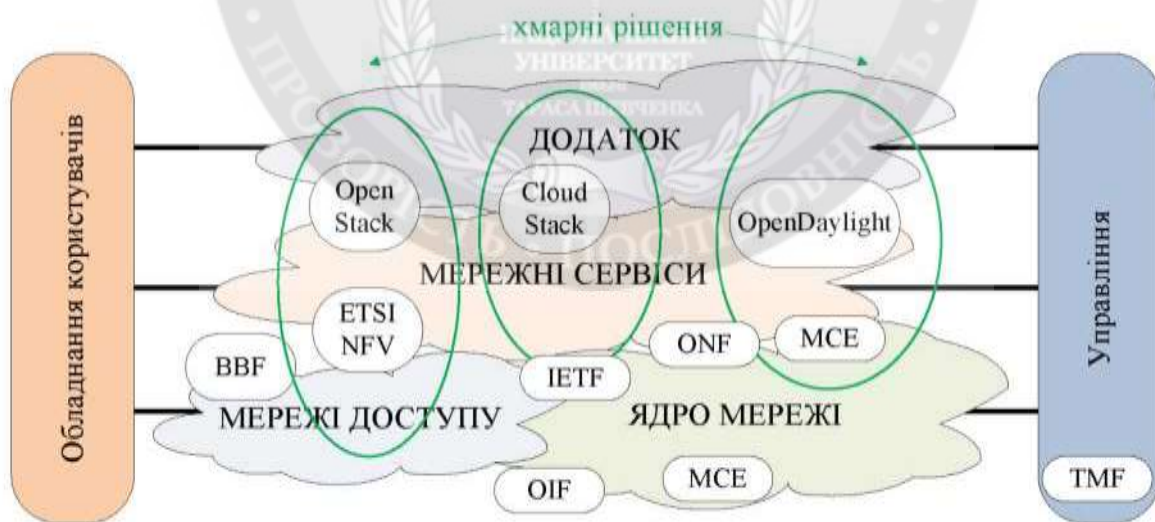


Рис. 4. Розподіл організацій, які займаються стандартизацією архітектури SDN

Розглянемо вплив завад при передачі даних на достовірність у мережах SDN. Періоду збереження надійної роботи каналу передачі відповідає коефіцієнт збереження каналу – значення показника використання об'єкта за призначенням за певну тривалість експлуатації до номінального значення цього показника, розрахованого за умови, що відмови каналу

передачі протягом того ж періоду не виникають. Надійність роботи каналу передачі мережі SDN оцінюємо аналогічно [12] за допомогою відомого співвідношення:

$$P_s(t) = \prod_{i=1}^n P_i(t), \quad (1)$$

де $P_s(t)$ – ймовірність безвідмовної роботи каналу передачі мережі SDN;

$P_i(t)$ ймовірність безвідмовної роботи складової частини каналу мережі SDN.

Функцію готовності $\Gamma(t)$ роботи каналу передачі мережі SDN представимо як:

$$\Gamma(t) = P(t) + \int_0^t P(t-\tau) \cdot \omega_k(\tau) d\tau = P(t) + P_{ze}(t). \quad (2)$$

Границя функції готовності каналу передачі $\Gamma(t)$ для $t \rightarrow \infty$ матиме значення:

$$\lim_{n \rightarrow \infty} \Gamma(t) = \frac{1}{\mu_{T0} - \mu_{TB}} \cdot \int_0^{\infty} P(t) dt = \frac{\mu_{T0}}{\mu_{T0} - \mu_{TB}} = k_r. \quad (3)$$

Тут μ_{T0} і μ_{TB} – постійні величини, які визначаються за процедурою усереднення функції $P(t)$;

k_r – граничне значення (для $t \rightarrow \infty$).

Значення $\Gamma(t)$ при $t \rightarrow \infty$ прямує до певного значення k_r , яке можна назвати коефіцієнтом готовності всієї мережі SDN. Коефіцієнт k_r залежить від ймовірності того, що канал передачі буде в працездатному стані у процесі передачі в довільний момент часу, окрім періодів, коли мережа SDN не використовується. Коефіцієнт готовності k_r можна пов'язати із частиною загального часу, протягом якого канал передачі функціонує ефективно. Задача забезпечення достовірності та оптимального управління, яка дозволяє удосконалити функціональні властивості каналів передачі мереж SDN, ставиться як задача визначення умов допустимого управління із квадратичним критерієм якості, що мінімізує функцію втрат швидкості передачі при завадах мережі SDN $F(u)$:

$$F(u) = \frac{1}{2} \int_{t_0}^{t_k} [x_{cr}(t) \cdot M \cdot x(t) + u_{cr}(t) \cdot N \cdot u(t)] dt, \quad (4)$$

для процесу, який описується такою системою рівнянь зміни передачі мережі SDN:

$$\begin{aligned} \frac{dx(t)}{dt} &= A \cdot x(t) + B \cdot u(t) \text{ при } x(t) = x_0, \\ y(t) &= C \cdot x(t) + D \cdot u(t), \end{aligned} \quad (5)$$

де $x(t)$, $u(t)$, $y(t)$ – вектори стану роботи, управління та швидкості для каналу передачі мережі SDN в залежності від набору параметрів;

A, B, C, D – матриці постійних коефіцієнтів із визначеними розмірностями; M, N – симетричні вагові коефіцієнти, які можуть змінюватися в часі;

t_0, t_k – фіксовані моменти часу, які відповідають початку та кінцю інтервалу передачі;

x_0 – початкове значення вектора стану каналу; n – кількість компонентів вектора стану каналу передачі мережі SDN;

p – кількість керуючих змінних управління мережею SDN;

$x_{cr}(t)$, $u_{cr}(t)$ – критичні значення відповідних функцій стану каналу та управління, що характеризують втрати у каналах передачі при завадах у мережі SDN (інформації, робочого часу, ресурсів тощо).

На стадії формування цільової функції, з використанням якої контролюється процес каналів передачі мережі SDN, закладається можливість отримання результатів у певній формі, зручній для подальшої практичної реалізації. Можливі два підходи до форми оптимальних розв'язків для визначення достовірності передачі інформації у мережі SDN:

– у вигляді рекомендацій для подальшої реалізації в системі управління каналами передачі мережі SDN;

– доведення результатів розрахунку до узагальнень управління каналами передачі мережею SDN.

Візьмемо міру якості та достовірності прийнятого рішення в умовах невизначеності. Для цього використаємо вектор $x(t)$ – сукупність інформативних величин, які характеризують вихідні дані (початкові умови); вектор $z(t)$ – сукупність величин, які характеризують прийняте рішення. Якість прийнятого рішення щодо удосконалення каналів передачі мережі SDN описуємо за допомогою інтегральної функції втрат швидкості передачі за рахунок впливу завад, до якої приводить розв'язок z при заданих значеннях x . $F(z, x)$ як і $R(t)$ називають функцією ризику при завадах передачі. Тут обмежуємось розглядом регресійного співвідношення, згідно з яким за даним значенням величини X проводиться оцінки величини Y (параметра моделі, який характеризує зміни функціоналу оцінювання якості передачі. При заданій функції втрат ризик завад мережі SDN $F(z, x)$ визначається як умовне математичне сподівання функції втрат швидкості передачі при даних значеннях x, z :

$$F(z, x) = M(\zeta(Y, z), x) = \int \zeta(y, z) f(y, x) dx. \quad (6)$$

де $f(y, x)$ – функція розподілу вектора x (встановлюється експертним методом); $M(.)$ – формальний запис математичного сподівання.

Для прогнозування функціонування каналів передачі мережі SDN в умовах ризику виникнення завад мінімізуємо середній квадрат відхилень набору параметрів стану для заданого вектору x . Якість процедури прогнозування характеризується квадратом модуля відхилень.

Із врахуванням вищевказаних виразів функцію ризику виникнення завад мережі SDN $F(z, x)$ визначимо наступним чином:

$$F(z, x) = M(|z - Y|^2, x) = \int |z - Y|^2 f(y, x) dx \quad (7)$$

Функцію ризику $F(z, x)$ мінімізуємо. Ці співвідношення складають основу моделі, яка характеризує надійність та достовірність роботи каналів передачі інформації у мережах SDN.

Висновки. Дослідження та аналіз мереж, що програмно-конфігурувалися, розділення рівня управління мережею і передачі даних за рахунок перенесення функцій управління мережевими пристроями в додатки, які працюють на окремому сервері чи контролері. Це дає можливість в залежності від масштабу мережі SDN, можливо використовувати сам контролер як сервер або група серверів, на яких встановлено спеціалізоване програмне забезпечення. Мережеві елементи, у яких відібрали функції управління мережею, виконують тут суто базові завдання - працюють по просуванню пакетів у мережі.. Така архітектура дозволяє виділити із мережевого устаткування рівень управління та зробити його програмованим рівнем. Базова інфраструктура передачі даних також відділяється від мережевих сервісів та додатків. Розглянута узагальнена схема основних напрямів стандартизації та розробки мереж SDN показує, що різні організації при стандартизації мереж SDN, ставлять за мету формування такої архітектури мережі та устаткування, що припускає відділення площини управління від площини передачі та докладають значних зусиль до подолання виникаючих проблем, пов'язаних із складнощами міграції від традиційних мереж до SDN. Це в подальшому надасть можливість користувачам отримувати необхідні послуги із необхідною надійністю, достовірністю та вартістю.

ЛІТЕРАТУРА:

1. Орлов Є.В. Програмно - конфігуровані мережі (SDN): архітектура, міжнародна стандартизація / Є. В. Орлов // Наукові записки УНДІЗ. – 2014. – №4(32). – С. 85-91.
2. Хмельницький Ю.В. Забезпечення достовірності передачі інформації та сервісних послуг для високошвидкісних мереж при завадах / Ю.В Хмельницький, Д.П. Яковлев // Збірник наукових праць Військового інституту Київського національного університету імені Тараса Шевченка. – К.: ВІКНУ, 2017. – Вип. № 57. – С. 111-119.
3. Климаш М.М. Система моніторингу пакетної затримки в програмно – конфігурованих телекомунікаційних мережах / М.М.Климаш, М.О.Селюченко, О.М.Панченко // X Міжнародна науково-технічна конференція «Проблеми телекомунікацій» ПТ-2016: Збірник матеріалів конференції (м. Київ, 19-22 квітня 2016 р.). – К.: НТТУ «КПІ», 2016. – С.345-347.
4. Толубко В. Б. Багатокритеріальна оптимізація параметрів програмно - конфігурованих мереж (SDN) / В. Б. Толубко, Л. Н. Беркман, Л. О. Комарова, Є. В. Орлов // Телекомунікаційні та інформаційні технології. – 2014. – №4. – С. 5-11.
5. Кривуца В.Г. Управління телекомунікаціями із застосуванням новітніх технологій / В.Г. Кривуца, В.К. Стеклов, Л.Н. Беркман, Б.Я.Костік, В.Ф.Олійник, С.М.Скляренко // Підручник для ВНЗ. – К.: Техніка, 2007. – 384 с.
6. Селюков О. В. Застосування інтелектуальних технологій для підвищення якості роботи телекомунікаційних мереж при невизначеності / О. В. Селюков, Ю. В. Хмельницький, І. В. Обертюк, Л. В. Солодєєва // Збірник наукових праць Військового інституту Київського національного університету імені Тараса Шевченка. – 2017. – Вип. 56. – С. 146-153.
7. Стрихалюк Б.М. Визначення доступності програмних комплексів у системах з сервісно-орієнтованою архітектурою / Б.М.Стрихалюк, О.М.Шпур, М.О.Селюченко // Наукові праці ДонНТУ. Серія: Обчислювальна техніка та автоматизація. – Донецьк, 2014. – №2 (27). – С.109-120.
8. Олизарович Е. В. Метод автоматизації побудови програмно– конфігуруємих мереж / Е. В. Олизарович, А. И. Бражук // Вестник Гродзенского государственного университета им. Я. Купалы. – 2013. – №3(159) – С. 128-134.
9. Стрихалюк Б.М. Метод балансування навантаження на основі інтегрованої архітектури управління з використанням функції NVF / Б.М.Стрихалюк, О.М.Шпур, М.О.Селюченко // IX Міжнародна науково-технічна конференція «Проблеми телекомунікацій» ПТ-2015: Збірник матеріалів конференції (м. Київ, 21-24 квітня 2015 р.). – К.: НТТУ «КПІ», 2015. – С.322-325.
10. Гурман І.В. Метод адаптивної маршрутизації в мережах передачі даних з урахуванням самоподібності трафіка / І.В. Гурман, В.В. Завадовський, І.В. Муляр // Збірник наукових праць Військового інституту Київського національного університету імені Тараса Шевченка. – К.: ВІКНУ, 2014. – Вип. № 46. – С. 166-170.
11. Климаш М.М. Забезпечення відмовостійкості багаторівневої ієрархії управління у програмно-конфігурованих мережах / М.М.Климаш, М.О.Селюченко, О.А.Лаврів // Сучасні проблеми телекомунікацій і підготовка фахівців в галузі телекомунікацій: Матеріали конференції (м. Львів, 30 жовтня - 2 листопада 2014 р.). – Львів, 2014. – С.225-228.
12. Хмельницький Ю.В. Сервісні послуги архітектури LTE для високошвидкісних мереж / Ю. В. Хмельницький, С.Ю. Гунченко, О.С. Ленков, Д.П. Яковлев // Збірник наукових праць Військового інституту Київського національного університету імені Тараса Шевченка. – 2017. – Вип. 56. – С. 177-185.

REFERENCES:

1. Orlov Є.В. Programno – konfigurovani merezhi (SDN): arhitektura, mizhnarodna standartizaciya / Є. В. Orlov // Naukovi zapiski UNDIZ. – 2014. – №4(32). – S. 85-91.
2. Hmel'nic'kij YU.V. Zabezpechennya dostovirnosti peredachi informacii ta servisnih poslug dlya visokoshvidkisnih merezh pri zavadah / YU. V Hmel'nic'kij, D.P. YAKovlev // Zbirnik naukovih prac' Vijs'kovogo institutu Kiivs'kogo nacional'nogo universitetu imeni Tarasa SHEvchenka. – K.: VIKNU, 2017. – Vip. № 57. – S. 111-119.
3. Klimash M.M. Sistema monitoringu paketnoi zatrimki v programno – konfigurovanih telekomunikacijnih merezhah / M.M. Klimash, M.O. Selyuchenko, O.M. Panchenko // X Mizhnarodna naukovo -tekhnichna konferenciya «Problemi telekomunikacij» PT-2016: Zbirnik materialiv konferencii (m. Kiiv, 19-22 kvitnya 2016 r.). - K.: NTTU «KPI», 2016. - S.345-347.

4. Tolubko V.B. Bagatokriterial'na optimizaciya parametriv programno - konfigurovanih merezh (SDN) / V. B. Tolubko, L. N. Berkman, L. O. Komarova, С. V. Orlov // Telekomunikacijni ta informacijni tehnologiji. - 2014. - №4. - S. 5-11.
5. Krivuca V.G. Upravlinnya telekomunikacijami iz zastosuvannjam novitnih tehnologij / V.G. Krivuca, V.K. Steklov, L.N. Berkman, B.YA. Kostik, B.F. Olijnik, S.M. Sklyarenko // Pidruchnik dlya VNZ. – K.: Tekhnika, 2007. – 384 s.
6. Selyukov O.V. Zastosuvannya intelektual'nih tehnologij dlya pidvishchennya yakosti roboti telekomunikacijnih merezh pri nevznachenosti / O. V. Selyukov, YU. V. Hmel'nic'kij, I. V. Obertyuk, L. V. Solodeeva // Zbirnik naukovih prac' Vijs'kovogo institutu Kiïvs'kogo nacional'nogo universitetu imeni Tarasa SHEvchenka. - 2017. - Vip. 56. - S. 146-153.
7. Strihalyuk B.M. Vznachennya dostupnosti programnih kompleksiv u sistemah z servisno-orientovanoyu arhitekturoyu / B.M. Strihalyuk, O.M. SHpur, M.O. Selyuchenko // Naukovi praci DonNTU. Seriya: Obchislyval'na tekhnika ta avtomatizaciya. - Donec'k, 2014. - №2 (27). - S.109-120.
8. Olizarovich E. V. Metod avtomatizacii postroeniya programmno- konfiguruemyh setej / E. V. Olizarovich, A. I. Brazhuk // Vestnik Grodzenskogo gosudarstvennogo universiteta im. YA. Kupaly. - 2013. - №3(159) - S. 128-134
9. Strihalyuk B.M. Metod balansuvannya navantazhennya na osnovi integrovanoï arhitekturi upravlinnya z vikoristannjam funkcii NVF / B.M. Strihalyuk, O.M. SHpur, M.O. Selyuchenko // IX Mizhnarodna nauково-tekhnichna konferenciya «Problemi telekomunikacij» PT-2015: Zbirnik materialiv konferencii (m. Kiïv, 21-24 kvitnya 2015 r.). - K.: NTTU «KPI», 2015. - C.322-325
10. Hurman I.V. Metod adaptivnoyi marshrutyzatsiyi v merezhakh peredachi danykh z urakhuvannjam samopodibnosti trafika / I.V. Hurman, V.V. Zavadovs'kyy, I.V. Mulyar // Zbirnyk naukovykh prats' Viys'kovoho instytutu Kyiv's'koho natsional'nogo universytetu imeni Tarasa Shevchenka. – K.: VIKNU, 2014. – Vyp. 46. – S. 166-170.
11. Klimash M.M. Zabezpechennya vidmovostijkosti bagatorivnevoï ierarhii upravlinnya u programno -konfigurovanih merezhah / M.M. Klimash, M.O. Selyuchenko, O.A. Lavriv // Suchasni problemi telekomunikacij i pidgotovka fahivciv v galuzi telekomunikacij: Materiali konferencii (m. L'viv, 30 zhovtnya - 2 listopada 2014 r.). - L'viv, 2014. - S.225-228.
12. Hmel'nic'kij YU.V. Servisni poslugi arhitekturi LTE dlya visokoshvidkisnih merezh / YU. V. Hmel'nic'kij, S.YU. Gunchenko, O.S. Lenkov, D.P. YAKovlev // Zbirnik naukovih prac' Vijs'kovogo institutu Kiïvs'kogo nacional'nogo universitetu imeni Tarasa Shevchenka. - 2017. - Vip. 56. - S. 177-185.

Рецензент: д.т.н., проф. Ленков С.В., головний науковий співробітник науково-дослідного центру Військового інституту Київського національного університету імені Тараса Шевченка

**д.т.н., с.н.с. Селюков А.В., к.т.н. Хмельницький Ю.В., к.т.н. Лоза В.Н., Бойко Р.В.
ОБЕСПЕЧЕНИЕ СТАНДАРТИЗАЦИИ ПАРАМЕТРОВ УПРАВЛЕНИЯ ДЛЯ SDN
АРХИТЕКТУРЫ ПРИ НАДЕЖНОЙ ПЕРЕДАЧИ ИНФОРМАЦИИ**

В статье рассмотрены вопросы использования и стандартизации параметров управления программно управляемыми сетями SDN при надежной передаче информации. Эта концепция, получившая название сетей, программная - конфигурация, или Software-Defined-Network (SDN) - разделение уровня управления сетью и передачи данных за счет переноса функций управления сетевыми устройствами в приложения, которые работают на отдельном сервере или контроллере.

В зависимости от масштаба сети сам контроллер является сервером или группой серверов, на которых установлено специализированное программное обеспечение. При этом сетевые элементы, у которых отобрали функции управления сетью, выполняют сугубо базовые задачи - работают по продвижению пакетов. Такая архитектура позволяет выделить из сетевого оборудования уровень управления и сделать его программируемым. При этом базовая инфраструктура передачи данных также отделяется от сетевых сервисов и приложений.

Также в статье рассмотрена обобщенная схема основных направлений стандартизации и разработки таких сетей. Различные организации при стандартизации сетей SDN, ставят цель формирования новой архитектуры сети и оборудования, что предполагает отделение плоскости управления от плоскости передачи, и прилагают значительные усилия к преодолению возникающих проблем, связанных с сложностями миграции от традиционных сетей к SDN. Это

предоставит возможность пользователям получать все услуги с требуемым качеством, достоверностью и стоимостью.

Ключевые слова: программно управляемые сети SDN, управление сетевыми устройствами, стандартизация архитектуры SDN, надежность и помехи передачи, инфраструктурный уровень.

**prof. Selyukov A.V., Ph.D. Khmelnsky Yu.V., Ph.D. Loza V.M., Boyko R.V.
ENSURE STANDARDIZATION OF MANAGEMENT OPTIONS FOR SDN ARCHITECTURE
WITH A RELIABLE INFORMATION TRANSFER**

The article deals with the use and standardization of the management options program controlled networks SDN with a reliable information transfer. This concept is called networking, software configurability, or Software-Defined Network (SDN) - the division-level network control and data transmission due to the transport of management functions of network devices in applications that run on a separate server or controller.

Depending on the scale of the network controller itself is a server or group of servers with specialized software. In this case network elements, in which selected functions of network management, strictly comply with the basic tasks - working on promotion packages. This architecture allows the allocation of network equipment a level of control and makes it programmable. The basic infrastructure of data transfer is also separated from network services and applications.

The article describes the General scheme of the main directions of the standardization and development of such networks. Various organizations in the standardization of SDN, set the goal of forming a new network architecture and equipment, which involves the separation of the control plane from the plane of the transmission, and considerable effort has been made to overcome the problems associated with the complexities of migration from traditional networking to SDN. This will give the opportunity to the user to all services with the required quality, reliability and cost.

Keywords: software driven networks SDN control of network devices, the standardization of the SDN architecture, reliability and interference transmission infrastructure level.

