

АНАЛІЗ МОДЕЛЕЙ ТА ПРОГНОЗУВАННЯ РИЗИКІВ ФУНКЦІОНУВАННЯ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ SDN АРХІТЕКТУРИ

У статті розглянуто питання аналізу моделей та алгоритмів функціонування системи управління SDN архітектури для забезпечення більш якісної роботи мережі. Велика різноманітність самої апаратної реалізації пристроїв передачі даних SDN архітектури призводить до того, що різні комутатори можуть не підтримувати деякі функції чи підтримувати їх із обмеженою продуктивністю. У процесі роботи мережі це може суттєво вплинути на пропускну здатність окремих потоків передачі даних чи цілих доменів мережі. Маршрутизація потоків передачі здійснюється за критерієм якості обслуговування та за критерієм рівномірного завантаження мережевих ресурсів мережі. Підвищення якості обслуговування здійснюється із врахуванням класифікації потоку передачі, що досить обмежує можливість управління потоком даних. Більшість моделей таких мереж не враховують характеристик мультисервісного потоку даних, що призводить до погіршення якості обслуговування та підвищення ймовірності блокування каналів передачі мережі. Відсутність можливості здійснювати диференційоване управління для окремих потоків даних окремих клієнтів мережі та врахувати їхні вимоги щодо якості, призводить до низької ефективності каналу маршрутизації, неоптимального розподілу навантаження мережі, погіршення якості обслуговування високо пріоритетних потоків даних. Засоби контролю за процесом передачі окремих потоків передачі даних відсутні, внаслідок чого система управління не має змогу визначити погіршення обслуговування для цих потоків даних, а тому не зможе гарантувати необхідний рівень управління. Застосування нових моделей та алгоритмів забезпечення функціонування програмно – керованою мережею дозволить проводити маршрутизацію потоків даних мережі, диференціюючи їх за чутливістю до перемішування порядку пакетів та розриву з'єднання.

Метою даної статті є проведення аналізу моделей та алгоритмів функціонування системи управління архітектури SDN для більш надійної роботи мережі. Це надає можливість користувачам отримувати послуги із необхідною якістю, достовірністю та дозволить подолати виникаючі проблеми, пов'язані із складнощами міграції від традиційних мереж до архітектури SDN.

Ключові слова: програмно керовані мережі SDN, управління мережевими пристроями, архітектура SDN, моделі та алгоритми системи управління, рівень функціонування мережі.

Постановка проблеми. Основна ідея розвитку SDN-підходу при побудові мереж полягає у тому, щоб відділити керування мережевими обладнаннями від управління передачею даних за рахунок розроблення спеціального програмного забезпечення, яке може працювати на окремому обладнанні під контролем адміністратора мережі. Допоможе перейти від управління окремими екземплярами мережевого обладнання до керування мережею у цілому та створити інтелектуальний програмно – керований інтерфейс між мережним додатком та транспортним середовищем мережі. У стандартній архітектурі програмно керованих мереж виділяють три основних рівні – інфраструктурний рівень тобто рівень передачі даних, на якому функціонують мережеві комутатори та канали передачі даних, рівень керування - набір програмних засобів, логічно відділених від рівня передачі даних, що забезпечують реалізацію механізмів керування пристроями інфраструктурного рівня та рівень мережевих додатків – не уніфікований та незалежний від виробника рівень для простішого керування мережею і внесення додаткових функцій та елементів, які потрібні самому власнику мережі.

Протокол Open-Flow – це протокол управління процесом обробки даних, що передаються по мережі маршрутизаторами та комутаторами. Використовується для керування мережевими елементами із центрального пристрою - контролера мережі, яким може слугувати звичайний комп'ютер чи сервер. Протокол Open-Flow, що реалізує незалежний від виробника інтерфейс між логічним контролером мережі та мережевим транспортом, є однією з реалізацій концепції програмно - керованої мережі. Ядром рівня керування програмно - керованої мережі є мережева операційна система - програмний засіб, що забезпечує інтерфейс засобами рівня

передачі даних та прикладний програмний інтерфейс для рівня мережевих додатків, сформульований в термінах більш високого рівня абстракції порівняно з тим, який використовується в параметрах конфігурації мережевих пристроїв. На відміну від традиційного застосування мережевої операційної системи як операційної системи інтегрованої зі стеком мережевих протоколів, в даному випадку будемо розуміти програмну систему, що забезпечує моніторинг, доступ, керування ресурсами всієї мережі, а не конкретного вузла. Об'єктом керування мережевої операційної системи є один або кілька комутаторів. Контролер забезпечує набір інтерфейсів для створення, редагування, видалення, керування конфігурацією таблиць потоків у комутаторах. Комутатором керує програмний процес, який виконується на контролері. Контролер повинен володіти інформацією про топологію мережі в будь-який момент часу. Інформація про топологію мережі також містить інформацію про розміщення користувачів та серверів, інших елементів та сервісів мережі, а крім того, прив'язку між іменами та адресами. Тому однією з найважливіших задач, що розв'язуються мережевою операційною системою, є постійний моніторинг мережі та побудова топології мережі. Використання стандартизованого відкритого інтерфейсу площини передачі даних дає можливість впроваджувати інновації набагато оперативніше, ніж це відбувається сьогодні. Власники мережі та оператори можуть додавати нові функціональні можливості та послуги в таку програмно-керовану мережу. Нова функціональність та послуги впроваджуються за допомогою створення мережевих сервісів на мережевій операційній системі чи контролері з використанням стандартизованого API. Це суттєво прискорює розвиток мережі, наприклад, впровадження нових методів контролю доступу.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Проведений аналіз методів та моделей управління програмно-керованими мережами показав, що проблема забезпечення якості обслуговування займає досить важливе місце у наукових працях закордонних і вітчизняних дослідників. Значна увага науковців приділяється до адаптивності програмно-керованої мережі в умовах обслуговування мультисервісного потоку даних. Особливе місце тут займає забезпечення достовірності передачі інформації та сервісних послуг управління для мереж [1] де враховуються і програмно-конфігуровані мережі [2]. Система моніторингу пакетної затримки в програмно-конфігурованих телекомунікаційних мережах [3] покращує управління мережами із застосуванням сучасних технологій. Багатокритеріальна оптимізація параметрів програмно-конфігурованих мереж [4] дозволяє забезпечити задану стабільність та безперервність управління. Управління телекомунікаціями із застосуванням новітніх технологій [5] дозволяє забезпечити задану стабільність та безперервність управління. Визначення доступності програмних комплексів у системах з сервісно-орієнтованою архітектурою [6] забезпечується застосуванням інтелектуальних технологій для підвищення якості роботи мереж при невизначеності [7]. Метод автоматизації побудови програмно-керованих мереж [8] забезпечує оптимальну систему управління при проектуванні мереж [9], а метод балансування навантаження на основі інтегрованої архітектури управління [10] допомагає забезпечити достовірність передачі інформації. Знання сучасних сервісних послуг архітектури LTE для високошвидкісних мереж [11] допомагає в забезпеченні відмово-стійкості при використанні хмарних обчислень [12], багаторівневої ієрархії управління у програмно-конфігурованих мережах [13]. Враховуючи проведений аналіз, можна дійти до висновку, що існуючі моделі управління інформаційним потоком у програмно-конфігурованих мережах не завжди враховують вимоги окремого клієнта, а диференціюють потоки лише за класами інформації та не завжди використовують актуальні параметри управління та обслуговування як окремих каналів, так й індивідуальних потоків окремого клієнта мережі.

Мета роботи – провести аналіз моделей та алгоритмів функціонування системи управління архітектурою SDN для більш надійної роботи мережі. Це надає можливість користувачам отримувати послуги із необхідною якістю, достовірністю та дозволить подолати виникаючі проблеми.

Основний матеріал досліджень. В рамках аналізу складових елементів системи управління SDN архітектури, що забезпечують якість обслуговування потоків у програмно-керованих мережах є деякі недоліки. Це, незважаючи на вищий рівень оперативності обчислення

маршрутів та аналіз топології мережі, сама маршрутизація здійснюється за допомогою традиційних алгоритмів, що використовуються існуючими протоколами - OSPF та EIGRP. Різноманітність самої апаратної реалізації пристроїв передачі даних мережі призводить до того, що різні види комутаторів можуть не підтримувати деякі функції чи підтримувати їх із обмеженою продуктивністю. У процесі роботи мережі це може суттєво вплинути на пропускну здатність окремих потоків передачі даних чи цілих доменів мережі. Сама маршрутизація потоків передачі здійснюється за критерієм якості обслуговування чи за критерієм рівномірного завантаження мережевих ресурсів мережі. Підвищення якості обслуговування здійснюється із врахуванням класифікації потоку передачі згідно ІТУ-Т, що досить суттєво обмежує можливість управління потоком даних. Більшість моделей не враховують характеристик мультисервісного потоку даних, що призводить до погіршення якості обслуговування та підвищення ймовірності блокування каналів передачі мережі. Ще одна категорія методів базується на потокових аналітичних моделях для оптимізації мережі. Ці методи використовують моделі балансування навантаження потоків передачі даних, які не враховують чутливості потоку даних до перемішування порядку пакетів, погіршення затримки та тимчасового розриву з'єднання [1].

Розглянемо архітектуру SDN (рис. 1), що складається із рівня програми, рівня мережевого устаткування та рівня даних. Мережеві комутатори стають простими пристроями переадресації, а логіка управління в архітектурі SDN реалізована в логічно централізованому контролері.

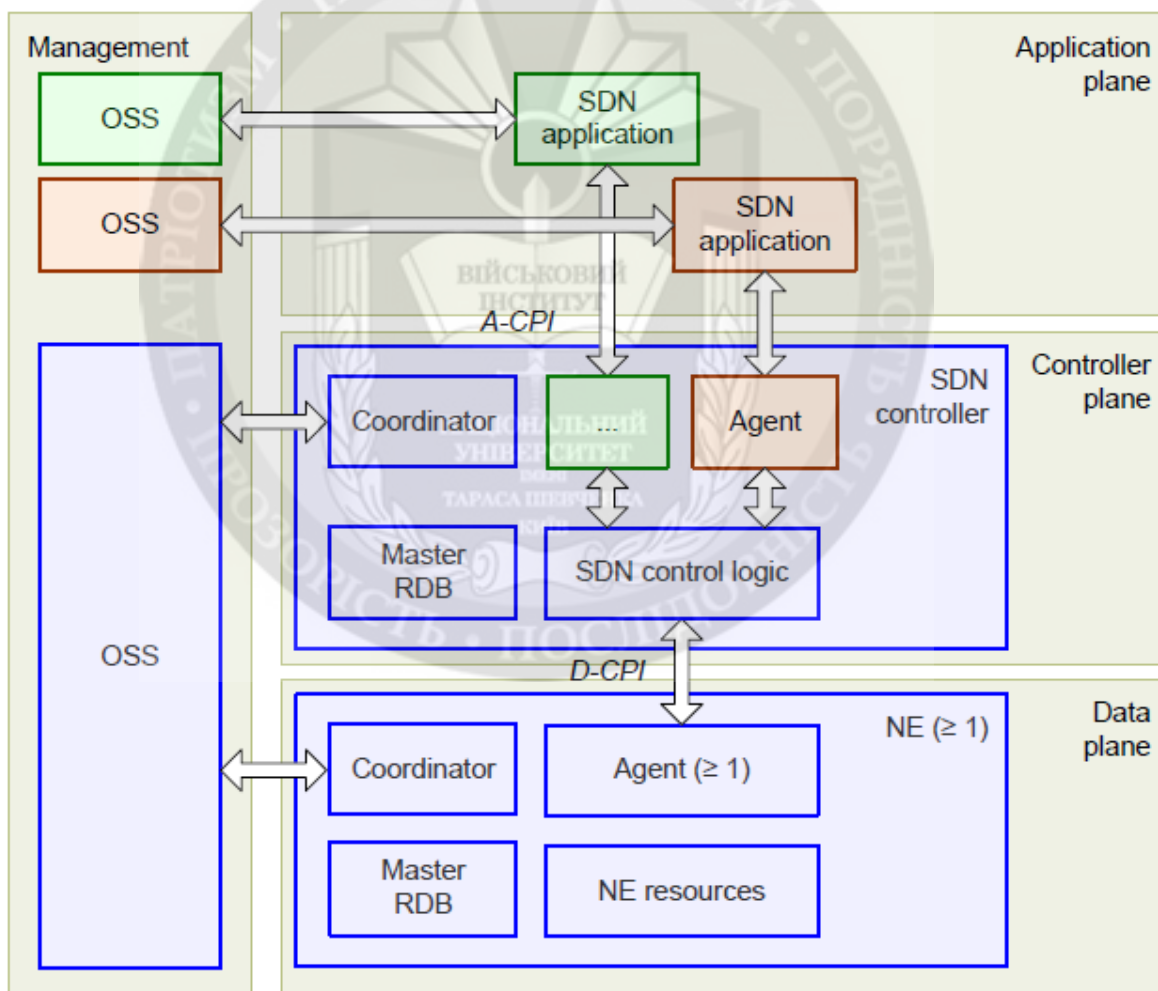


Рисунок 1 – Класична модель архітектура SDN мережі

SDN контролер управляє ресурсами даних через D-CPI інтерфейс. A-CPI інтерфейс використовується для реалізації зв'язку між додатками та контролером тому функція управління відбувається через інтерфейс управління. Така конфігурація може підтримувати різні

мережеві додатки. На відміну від традиційних мереж у мережах SDN маршрутизатор виконує лише функції передачі. Відмінність передачі пакетів у традиційних мережах та мережах SDN представлено на рис. 2 [3].

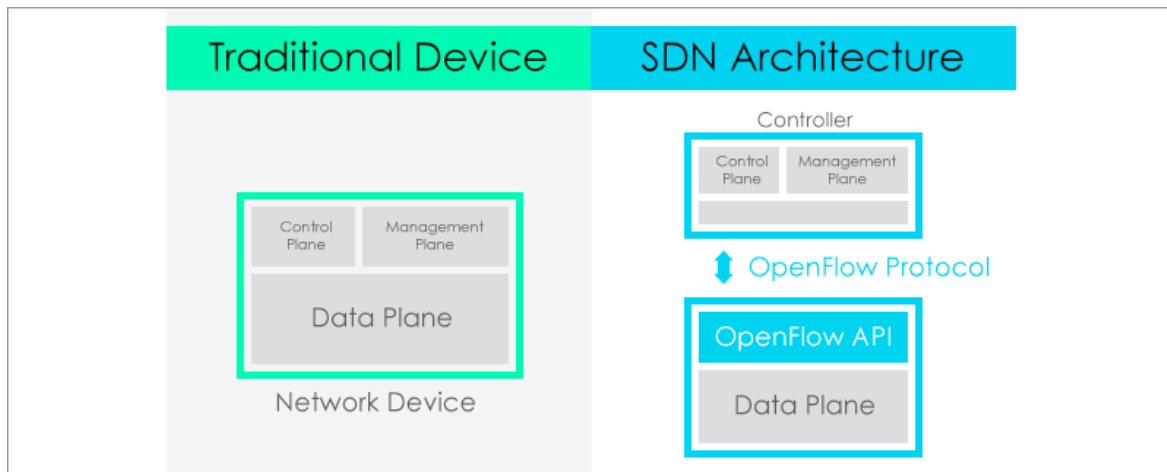


Рисунок 2 – Порівняння традиційної та SDN архітектури

При аналізі моделей та алгоритмів функціонування системи управління SDN архітектури розглянемо співвідношення до її традиційних мереж. Усі сучасні інформаційні технології висувають досить великі вимоги до гнучкості та масштабованості комп'ютерних мереж і очікується, що SDN мережі допоможуть вирішити цілий ряд наявних проблем, сприятимуть створенню автоматизованих, програмованих, гнучких та економічних мережевих інфраструктур, однак ця стратегія у різних провідних виробників помітно розрізняється. За оцінками GARTNER[3], на мережеву інфраструктуру припадає приблизно 17% IT - бюджету. При цьому вона далеко не завжди може адаптуватися до змін потреб бізнесу. Тому нові тенденції - віртуалізація, хмарні обчислення, мобільність користувачів, зростання обсягів передачі - змінюють вимоги до мережевих інфраструктур. Будуть виникати питання чи зможуть сьогодні мережеві продукти забезпечити підтримку майбутніх додатків і сервісів, якою мірою розвиток мережі буде прив'язаний до продуктів обраного виробника тощо. Пріоритетність рішень, архітектура традиційного мережевого обладнання робить цю прив'язку дуже міцною. Деякі виробники навіть характеризують поточну ситуацію у мережевий галузі як революційну. Ряд експертів [4] в якості рецепту усунення розкритих в мережах проблем називають перехід до архітектури програмно-керованих мереж (Software-Defined-Networking, SDN). Архітектура SDN обіцяє істотно послабити залежність від замовників технологій конкретного виробника. В архітектурі SDN вся логіка управління мережевими пристроями виноситься в так звану «площину управління», яка реалізується програмним чином. Конструктивно контролери в архітектурі SDN можуть будуватися на базі фізичних або віртуальних вузлів. В архітектурі SDN управління мережевими пристроями, як правило, здійснюється по протоколу Open-Flow. Головна ідея архітектури SDN - відділення функцій передачі даних від функцій управління. У традиційних комутаторах та маршрутизаторах ці процеси зв'язані. У архітектурі SDN мережа, що складається із безлічі пристроїв різних виробників, постає для застосування як один логічний комутатор. Архітектура SDN дозволяє адміністраторам програмувати мережу як єдине ціле, а не займатися окремими комутаторами, які можуть просто виконувати інструкції контролера. Реалізація такої концепції значно спрощує експлуатацію та функціонування мережі, її конфігурацію. Комутатори можуть бути простими та дешевими. Характеристики мережі можна оперативно змінювати у режимі реального часу, скорочуються терміни впровадження нових додатків та сервісів. Програмні інтерфейси (API), контролери дозволяють розробникам створювати додатки для управління такою мережею. Ці програми можуть виконувати найрізноманітніші функції, причому для цього не потрібно знати особливості роботи конкретних мережевих пристроїв. 3

точки зору виробників, такий підхід не повинен викликати ентузіазму у розробників мережевого устаткування, які багато років удосконалювали унікальні функції своїх комутаторів та маршрутизаторів. Можливість використання простих та дешевих комутаторів, створення додатків сторонніми розробниками за рахунок відкритих API підриває бізнес таких компаній, позбавляє їх джерела додаткової вартості. Проте великі замовники, включаючи провідних операторів зв'язку та провайдерів, вже перейнялися ідеями архітектури SDN, а виробники мікросхем комутаторів оголосили про підтримку Open-Flow, тому поставники не можуть залишатися осторонь. Структура Open-Flow маршрутизатора представлена на рис. 3. Open-Flow маршрутизатор складається із однієї або декількох таблиць потоків. Маршрутизатор обмінюється повідомленнями з контролером за допомогою протоколу Open-Flow. За допомогою протоколу Open-Flow, контролер виконує такі дії з записами потоків в таблицях як додавати, оновлювати, видаляти.

У таблицях потоків маршрутизатора містяться набори записів, а усі записи визначаються полями порівнянь, лічильниками та набором інструкцій, які застосовуються до пакету та співпали із полями. При передачі, заголовки пакетів порівнюються із полями порівнянь записів в порядку пріоритету, а це одне із полів порівняння. Якщо знайдені відповідні записи, то до пакету застосовуються інструкції, асоційовані із цим записом. Якщо не знайдено жодного запису, то пакет скидається або передається для аналізу прийняття рішення контролеру.

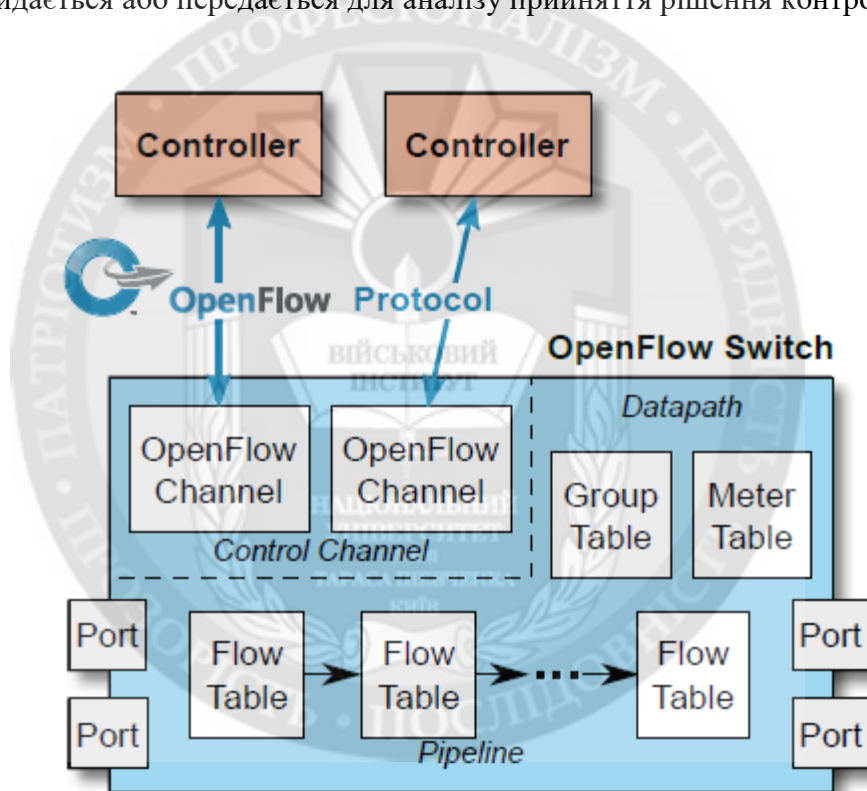


Рисунок 3 – Стандартний алгоритм функціонування Open-Flow маршрутизатора

Інструкції у відповідних записах Open-Flow маршрутизатора містять дії, які застосовуються до пакету та визначають безпосередньо самі правила пересилання, чи визначають подальшу обробку пакета, у наступних таблицях потоків - конвеєрна обробка. Конвеєрна обробка дозволяє передавати аналіз пакета із однієї таблиці в іншу, додатково пересилаючи спеціальні метадані. Обробка закінчується, коли відповідні інструкції не містять команд пересилання в наступну таблицю у цей момент виконується модифікація пакету, виконання "накопичених" дій. Завдяки такій моделі, Open-Flow комутатор може функціонувати як простий комутатор, маршрутизатор, мережевий екран чи як інше мережевий пристрій. Все визначається за таблицею передачі. Така модель обробки пакета відкриває унікальні можливості. Пристрій може використовуватися в ролі як комутатора, так і маршрутизатора чи мережевого екрану. Групова таблиця містить записи груп, а кожен запис містить також список інструкцій зі специфічною

семантикою, що залежить від типу групи. Дії в одній застосовуються для всіх пакетів, що посилаються до цієї групи. Збір статистики реалізується за допомогою лічильників. Лічильники можуть бути призначені для кожної таблиці, потоку, порту, черги, групи чи набори лічильників, визначені спеціалізацією Open-Flow. Всі Open-Flow сумісні лічильники можуть бути реалізовані в програмному забезпеченні та відображають інформацію на основі опитування апаратних лічильників, які мають обмежений діапазон значень. Любий потоковий запис містить набір інструкцій, які виконуються в тому разі, коли пакет відповідає правилу. Усі інструкції діляться на наступні типи: для негайного виконання, для очищення списку інструкцій, для додавання нової інструкції, для запису метаданих, для переходу до наступної таблиці. Інструкції для негайного виконання дають вказівку застосувати певні дії негайно, без будь-яких змін у наборі дій. Така інструкція може бути використана для модифікації пакета при передачі його до іншої таблиці. Інструкції для очищення видаляють всі інструкції з набору інструкцій для окремого потоку. Інструкції для додавання нової інструкції доповнюють наявний набір інструкцій для окремого правила новими інструкціями. Інструкція переходу до наступної таблиці містить номер таблиці, в яку пакет буде переданий після обробки в поточній таблиці. Номер наступної таблиці обов'язково повинен бути більшим від номера поточної таблиці.

Дослідження та аналіз моделей і алгоритмів забезпечення функціонування й процесів управління мережею, побудованою за принципами SDN, показує, що спочатку необхідно здійснити модернізацію механізмів моніторингу стану її ресурсів, поскільки при використанні стандартного механізму спостерігається генерація надлишкової службової інформації для елементів, що простоюють. Це може мати досить негативний вплив на ефективність роботи через завантаженість каналів передачі. Тому при аналізі моделей та алгоритмів функціонування системи управління SDN архітектури, у зв'язку із недоліками існуючих систем моніторингу, у багатьох публікаціях [7] пропонується використовувати метод динамічної адаптації параметрів системи моніторингу, наприклад, зміну інтенсивності моніторингу стану мережевого елемента залежно від його поточної завантаженості. Інтелектуальний моніторинг в мережі на основі SDN реалізується шляхом встановлення головного додатку моніторингу на контролер та відповідних підконтрольних йому агентів на кожен комутатор. Загалом процес моніторингу ґрунтується на двох основних підходах:

- зміна інтенсивності моніторингу залежно від попередньо накопиченої статистичної інформації про стан завантаженості у пам'яті керуючого пристрою мережі. На основі аналізу можна визначати характеристики потоку інформації в певний період часу та змінювати інтенсивність відповідно до визначених потреб. В години пікового навантаження, наприклад, слід збільшувати інтенсивність моніторингу, а вночі можна зменшити;

- динамічна зміна інтенсивності моніторингу, залежно від завантаженості елементів мереж на основі зібраних у режимі реального часу. У випадку наближення завантаженості мережі до критичного рівня, збільшується частота опитування мережевих вузлів і таким чином здійснюється перехід у стан пильного моніторингу відповідних елементів мережі.

Тому аналіз моніторингу виконує додаток, встановлений на контролері, а підконтрольні йому агенти виконують функції збору інформації, модифікацію та відправлення на контролер. Розподіл інтенсивності моніторингу окремих сегментів мережі дає можливість усунути надлишкові процеси моніторингу та обробки даних про стан мережі, виконуючи необхідну інтенсивність лише на тих вузлах, де все це необхідно робити. На основі інтенсивності моніторингу можна збільшувати гнучкість управління елементами мережі на основі SDN, та ефективніше використовувати обчислювальні ресурси пристроїв рівня управління. Володіючи поточною службовою інформацією, можна здійснювати оптимальний розподіл навантаження на мережі, попереджуючи таким чином негативні явища перевантаження мережевих вузлів. Також можна переводити елементи, що простоюють, у режим очікування, зберігаючи при цьому можливість надійного та швидкого їх відновлення до нормального режиму роботи. Це значно зменшить витрати та збільшує час «життя» мережевих пристроїв. Повністю відключати обслуговування не завжди доцільно, поскільки його ввімкнення потребує певного часу для відновлення таблиць комутації, запуску усіх апаратних та програмних процесів комутатора, що впли-

ває на час перебудови топології мережі та спричиняє стрибок службової інформації між контролером та комутатором. Особливістю розглянутого механізму є зміна інтенсивності моніторингу лише конкретного мережевого вузла, який цього потребує, однак це не впливає на інтенсивність моніторингу інших вузлів. Такий алгоритм [7] функціонування системи управління SDN архітектури та пропонуваній механізм є адаптованим до сучасного динамічного потоку даних та забезпечує хорошу базу для подальшого процесу балансування навантаження. Чим вище миттєве значення завантаження каналу, тим швидше відбудеться наступне опитування, тому чим більше завантаження каналу, тим частіше система моніторингу здійснює опитування щодо кількості переданої інформації. Такий метод можна використовувати стосовно усіх параметрів комутатора у випадку, коли підвищення інтенсивності їхнього опитування не впливає негативно на характеристики продуктивності та якості функціонування мережі. Ще важливим параметром процесу моніторингу є кількість інформації, що генерується цим процесом. При роботі мережі, у випадку підвищення інтенсивності моніторингу кількість службової інформації, навантаження на інформаційний канал зростає, що загалом призводить до часткового зниження ефективності використання інформаційного каналу. Функція зміни інтенсивності моніторингу буде різною для кожного окремого параметру мережі, а її максимальне значення залежатиме від рівня навантаження процесу моніторингу на мережеві елементи. Обмеження щодо частоти моніторингу деяких параметрів часто встановлюють виробники, вказуючи критичне значення у документації до пристроїв.

Спрощені підходи до аналізу потоків даних і спроби отримання інформації про мережеві додатки на підставі легкодоступних атрибутів та характеристик потоків найчастіше виявляються непродуктивними. У більшості програм обміну файлами активно використовуються прийоми, що ускладнює достовірну ідентифікацію таких додатків – динамічне призначення портів, децентралізовані сховища, використання поширених прикладних протоколів як транспортних, а також криптографічні методи приховування та маскуванню потоку даних. Тому для виявлення мережевих аномалій необхідний ретельний аналіз. Ці обставини вимагають використання додаткових технічних, програмних та алгоритмічних засобів і математичних моделей досліджуваних процесів. Характеристики функціонування програмно-керованої мережі, що складається з різномірних Open-Flow комутаторів, залежать від апаратних характеристик кожного комутатора. З метою зменшення складності та вартості комутатора постачальники можуть обмежити функціональні можливості Open-Flow, наприклад, розмір апаратної таблиці потоків чи можливостей цієї таблиці щодо пошуку за певними полями, виконання певних дій над пакетами. Додатки, що встановлюються на контролері, повинні враховувати ці обмеження, щоб уникнути можливих проблем, пов'язаних із погіршенням продуктивності мережі в процесі її роботи. Використання нових моделей та алгоритмів дозволяє забезпечити централізований моніторинг параметрів мережевих пристроїв та формувати характеристики функціонування програмно-керованої мережі на виході. Результати моніторингу можуть бути додатково використані при плануванні роботи мережі чи для динамічної оптимізації мережі - встановлення правил із врахуванням апаратних характеристик комутатора та передачі потоку даних через різні шляхи для уникнення вузьких місць у такій мережі. Специфікація Open-Flow визначає необхідну функціональність, яка повинна бути реалізована у кожному комутаторі Open-Flow. Основною метою цієї специфікації є забезпечення уніфікованих процесів контролю та управління програмно-керованою мережею, що складається із пристроїв різних моделей від різних виробників. Реалізація необхідної функціональності є індивідуальною та змінюється від одного виробника до іншого [7] та може привести до змін продуктивності у реальній мережі. Проблеми виникають уже тоді, коли програмно-керована мережа налаштована та окремі комутатори починають створювати вузькі місця, погіршуючи продуктивність та якість обслуговування мережі. Такі недоліки можна врахувати на стадії проектування програмно-керованої мережі та розробки програмного забезпечення для контролера. Тому необхідно, щоб розробники додатків для програмно-керованих мереж змогли отримати інформацію про обмеження продуктивності конкретного комутатора із метою забезпечення стабільної та надійної роботи мережі. Завдяки такій системі розробники зможуть отримати необхідні дані та можливість охарактеризувати продуктивність конкретного комутатора. Комутатор, залежно

від апаратної реалізації, може надавати доступ до окремих параметрів. Специфікація Open-Flow містить загальний алгоритм роботи та список параметрів доступних для моніторингу:

- статистика потоків передачі - тривалість існування, пріоритет, кількість оброблених пакетів, байт;
- статистика таблиць потоків даних - кількість правил, кількість оброблених пакетів, байт;
- статистика портів передачі - кількість переданих чи відкинутих пакетів, байт, помилок передачі та колізій);
- статистика черг передачі - довжина черги, кількість переданих пакетів, байт, кількість відкинутих пакетів через переповнення;
- інші специфікації - STP, збірка сегментів IP пакетів тощо.

Розглянута система дозволяє здійснювати моніторинг як Open-Flow параметрів, так і параметрів QoS, пов'язаних із роботою комутатора. Параметри Open-Flow - максимальна кількість правил із конкретною структурою, тривалість встановлення правил, тривалість опитування статистики таблиці потоків, тривалість обробки пакетів із використанням програмних таблиць потоків даних, тривалість зчитування інформації із лічильників, а також завантаження центрального процесора пристроєм [9]. Основним компонентом розглянутої системи моніторингу є додаток моніторингу, який встановлюється на фізичному сервері. Цей додаток виконує ключову роль збору, форматування та представлення інформації у форматі, зручному для користувача і для подальшої обробки цієї інформації іншими додатками. База даних зберігає інформацію, необхідну для роботи додатка, наприклад, для налаштування комутаторів, моделі та технічні особливостей того чи іншого комутатора. Ці дані заносяться в базу даних адміністратор програмно-керованої мережі. У базі даних зберігаються зібрані дані моніторингу та оброблені статистичні характеристики поведінки мережі в певні періоди.

Прогнозування ризиків та стабільності якості функціонування системи управління SDN архітектури. Ступінь очікуваних ризиків функціонування можна подати як добуток імовірності небажаних наслідків на відповідну величину втрат аналогічно як у працях [11]:

$$R = \sum_{i=1}^n R_i = \sum_{i=1}^n p_i \cdot Z_i, \quad (1)$$

де R – величина ризику;

p_i – ймовірності небажаних впливів каналу передачі;

Z_i – величини втрат каналу.

Для оцінювання ризику якості функціонування мережі SDN також використовують величину середньозваженого модуля відхилення ΔZ (тут $n=12$) [11]:

$$\Delta Z = \sum_{i=1}^n p_i \cdot (Z_i - \bar{Z}) \quad \bar{Z} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n Z_i. \quad (2)$$

Також визначають середньоквадратичне відхилення [11]:

$$\sigma = \sqrt{\sum_{i=1}^n p_i \cdot (Z_i - \bar{Z})^2}, \quad (3)$$

Якщо взяти до уваги негативні відхилення від запланованих параметрів від параметра \bar{Z} , то ступінь ризику якості функціонування оцінюється показником варіації S_Z і його значення визначається з допомогою співвідношення [11]:

$$S_Z = \sqrt{\sum_{i=1}^n p_i \cdot (Z_i - \bar{Z})^2 \cdot I_{vi}} / \sum_{i=1}^n p_i \cdot I_{vi}, \quad (4)$$

де $I_i = \{I_{vi}\}$ – індикатор несприятливих відхилень якості роботи, якому відповідають:

0, для сприятливого відхилення $I_{vi} = 0$,

1, для несприятливого відхилення $I_{vi} = 1$.

Висновки. Аналіз моделей та алгоритмів функціонування SDN мереж показує, що більшість моделей не враховують характеристик мультисервісного потоку даних і це призводить до погіршення якості функціонування та підвищення ймовірності блокування каналів передачі мережі. Відсутність можливості здійснювати диференційоване управління для окремих потоків даних окремих клієнтів мережі та врахувати їхні вимоги щодо якості, призводить до низької ефективності каналу маршрутизації, неоптимального розподілу навантаження мережі, погіршення якості обслуговування високо пріоритетних потоків даних. Засоби контролю за процесом передачі окремих потоків передачі даних відсутні, внаслідок чого система управління мережею не має змогу визначити погіршення якості функціонування для цих потоків даних, а тому не зможе гарантувати рівень якості, узгоджений у сервісі. Враховуючи проведений аналіз, можна дійти до висновку, що існуючі моделі управління інформаційним потоком у програмно - конфігуруємо мережах не завжди враховують вимоги окремого клієнта, а диференціюють потоки лише за класами потоку інформації. Розглянута схема розробки мереж SDN показує, що різні організації при створенні 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 архітектури SDN. Це в подальшому надасть можливість користувачам отримувати послуги із необхідною якістю, надійністю, достовірністю та прогнозувати ризики і стабільність якості функціонування системи управління такої архітектури.

ЛІТЕРАТУРА:

1. 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.
2. Орлов Є. В. Програмно - конфігуровані мережі (SDN): архітектура, міжнародна стандартизація / Є. В. Орлов // – К.: Наукові записки УНДІЗ, 2014. - №4(32). - С. 85-91.
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 // – К.: 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. 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.
7. 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, – К.: 2017. - Вип. 56. - С. 146-153.
8. Олизарович Е. В. Метод автоматизации построения программно- конфигурируемых сетей / Е. В. Олизарович, А. И. Бражук // Вестник Гродзенского государственного университета им. Я. Купалы, 2013. - №3(159) - С. 128-134.
9. Стеклов В.І. Проектування телекомунікаційних мереж. Підручник для студ. вищ. навч. закл. за напрямком "Телекомунікації"/ В.І. Стеклов, Л.Н.Беркман // -К.: Техніка, 2002.-792 с.
10. 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

11. 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, – К.: 2017. - Вип. 56. - С. 177-185.

12. Муляр І.В. Захист від прихованих загроз в середовищі хмарних обчислень / І.В. Муляр, О. В. Мірошниченко, А.В. Краснік, Л.В. Солодева// Збірник наукових праць Військового інституту Київського національного університету імені Тараса Шевченка. – К.: ВІКНУ, 2018. – Вип. № 59. – С. 115-126.

13. 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.

REFERENCES:

1. Xmel"nyc"kyj, Yu.V. and Yakovlyev, D.P. (2017), "Zabezpechennya dostovirnosti peredachi informaciyi ta servisnyx posluh dlya vysokoshvydkisnyx merezh pry zavadaх" [Ensuring the reliability of data transmission and services for high-speed networks at hindrances], VIKNU, Zbirnyk naukovyx prac" Vijs"kovoho instytutu Kyyivs"koho nacional"noho universytetu imeni Tarasa Shevchenka, Kyiv, No.57, pp. 111-119.

2. Orlov, Ye. V. (2014), "Prohramno - konfihurovani merezhi (SDN): arxitektura, mizhnarodna standartyzaciya" [Software - defined networking (SDN): architecture, international standardization], Naukovi zapysky UNDIZ, Kyiv, No. 4(32), pp. 85-91.

3. Klymash, M.M., Selyuchenko, M.O. and Panchenko, O.M. (2016), "Systema monitorynhu paketnoyi zatrymky v prohramno - konfihurovanyx telekomunikacijnyx merezhax" [System of monitoring packet delay in software - defined networks], NTTU «KPI», Kyiv, X Mizhnarodna naukovo -texnichna konferenciya «Problemy telekomunikacij» PT-2016: Zbirnyk materialiv konferenciyi, pp.345-347.

4. Tolubko V. B. , Berkman, L. N., Komarova L. O. and Orlov Ye. V. (2014), "Bahatokryterial"na optymizaciya parametriv prohramno - konfihurovanyx merezh (SDN) "[Multi-criteria optimization of the parameters of software defined networking (SDN)], Telekomunikacijni ta informacijni tehnolohiyi, Kyiv, No.4, pp. 5-11.

5. Kryvuca, V.H., Steklov, V.K., Berkman, L.N., Kostik, B.Ya., Olijnyk, B.F. and Sklyarenko, S.M. (2007), "Upravlinnya telekomunikiyamy iz zastosuvannyam novitnix tehnolohij" [Management of telecommunication with latest technology], Tekhnika, Kyiv, Pidruchnyk dlya VNZ, 384p.

6. Stryxalyuk, B.M., Shpur, O.M. and Selyuchenko, M.O. (2014), "Vyznachennya dostupnosti prohramnyx kompleksiv u systemax z servisno-orientovanoyu arxitekturoyu" [Determining availability of software systems in the systems with service-oriented architecture], Naukovi prac'i DonNTU. Seriya: Obchyslyval"na tekhnika ta avtomatyzaciya, Donec"k, No.2(27), pp.109-120.

7. Selyukov, O.V., Xmel"nyc"kyj, Yu. V., Obertyuk, I.V. and Solodyeyeva, L.V. (2017), "Zastosuvannya intelektual"nyx tehnolohij dlya pidvyshhennya yakosti roboty telekomunikacijnyx merezh pry nevyznachenosti" [Application of intelligent technologies to improve the quality of work of telecommunication networks under uncertainty], Zbirnyk naukovyx prac" Vijs"kovoho instytutu Kyyivs"koho nacional"noho universytetu imeni Tarasa Shevchenka, Kyiv, No.56, pp. 146-153.

8. Olyzarovych, E. V. and Brazhuk, A. Y. (2013), "Metod avtomatyzacyu postroennyа prohrammno-konfyhuryruemyx setej" [Method of automated build software - defined networks], Vestnyk Hrodzenskoho hosudarstvennoho unyversyteta ym. Ya. Kupaly, Bilorus", No. 3(159), pp. 128-134.

9. Styeklov, V.I. and Berkman, L.N. (2002), "Proektuvannya telekomunikacijnyx merezh. Pidruchnyk dlya stud. vyshh. navch. zakl. za napryamkom "Telekomunikiyi" " [Design of telecommunication networks. The textbook for the stud. visch. proc. zakl. in the field of telecommunications], Tekhnika, Kyiv, 792p.

10. Stryxalyuk, B.M., Shpur, O.M. and Selyuchenko, M.O. (2015), "Metod balansuvannya navantazhennya na osnovi intehrovanoyi arxitektury upravlinnya z vykorystannyam funkciyi NVF" [Load balancing based on integrated control architecture using NVF], IX Mizhnarodna naukovo-texnichna konferenciya «Problemy telekomunikacij» PT-2015: Zbirnyk materialiv konferenciyi, NTTU «KPI», Kyiv, pp.322-325.

11. Xmel"nyc"kyj, Yu.V., Hunchenko, S.Yu., Lyenkov, O.S. and Yakovlyev, D.P. (2017), "Servisni posluhy arxitektury LTE dlya vysokoshvydkisnyx merezh" [Fault tolerance for multi-level control hierarchy in software-defined networks], Zbirnyk naukovyx prac" Vijs"kovoho instytutu Kyyivs"koho nacional"noho universytetu imeni Tarasa Shevchenka, Kyiv, No.56, pp.177-185.

12. Muliar I.V., Miroshnychenko O.V, Krasnik A.V. and Solodyeyeva, L. V. (2018) "Zakhyst vid prykhovanykh zahroz v seredovyshchi khmarnykh obchyslen" [Protection from hidden threats in the cloud

computing environment], Zbirnyk naukovykh prac" Vijs"kovoho instytutu Kyuyivs"koho nacional"noho universytetu imeni Tarasa Shevchenka, Kyuyiv, No.59, pp.115-126.

13. Klymash, M.M., Selyuchenko, M.O. and Lavriv, O.A. (2014), "Zabezpechennya vidmovostijkosti bahatorivnevoyi iyerarxiyi upravlinnya u prohramno -konfihurovanykh merezhax" [Service architecture LTE for high-speed networks], Suchasni problemy telekomunikacij i pidhotovka faxivciv v haluzi telekomunikacij: Materialy konferenciyi, L"viv, pp.225-228.

д.т.н., с.н.с. Селюков О.В., к.т.н., доц. Хмельницкий Ю.В.,
Ковпа Д.М., Лісовський О.С.

АНАЛИЗ МОДЕЛЕЙ И ПРОГНОЗИРОВАНИЕ РИСКОВ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ SDN АРХИТЕКТУРЫ

В статье рассмотрены вопросы анализа моделей и алгоритмов функционирования системы управления SDN архитектуры для обеспечения более качественной работы сети. Большая разнообразность самой аппаратной реализации устройств передачи данных SDN архитектуры приводит к тому, что разные коммутаторы могут не поддерживать некоторые функции или поддерживать их с ограниченной производительностью. В процессе работы сети – это может существенно повлиять на пропускную способность отдельных потоков передачи данных или целых доменов сети. Маршрутизация потоков передачи осуществляется по критерию качества обслуживания и по критерию равномерной загрузки сетевых ресурсов сети. Повышение качества обслуживания осуществляется с учетом классификации потока передачи, что весьма ограничивает возможность управления потоком данных. Большинство моделей таких сетей не учитывают характеристик мульти сервисного потока данных, что приводит к ухудшению качества обслуживания и повышению вероятности блокирования каналов передачи. Отсутствие возможности осуществлять дифференцированное управление для отдельных потоков данных отдельных клиентов сети и учесть их требования относительно качества, приводит к низкой эффективности канала маршрутизации, неоптимального распределения нагрузки сети, ухудшение качества обслуживания высоко приоритетных потоков данных. Средства контроля над процессом передачи отдельных потоков передачи данных отсутствуют, вследствие чего система управления не имеет возможность определить ухудшение обслуживания для этих потоков данных, а потому не сможет гарантировать необходимый уровень управления. Применение новых моделей и алгоритмов обеспечения функционирования программно – управляемой сетью позволит проводить маршрутизацию потоков данных сети, дифференцируя их по чувствительности к перемещению порядка пакетов и разрыва соединения.

Целью данной статьи является проведение анализа моделей и алгоритмов функционирования системы управления архитектуры SDN для более надежной работы сети. Это предоставляет возможность пользователям получать услуги с необходимым качеством, достоверностью и позволит преодолеть возникающие проблемы, связанные со сложностями миграции от традиционных сетей к архитектуре SDN.

Ключевые слова: программно управляемые сети SDN, управление сетевыми устройствами, архитектура SDN, модели и алгоритмы системы управления, уровень функционирования сети.