

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

**ЧОРНОМОРСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ ПЕТРА МОГИЛИ**

КЛЮШНІЧЕНКО ВЛАДИСЛАВ ВЯЧЕСЛАВОВИЧ

УДК 004.042

**СИСТЕМА КОНТРОЛЮ ПОКАЗНИКА QUALITY OF SERVICE У
ПРОГРАМНО-КОНФІГУРОВАНИХ МЕРЕЖАХ ДЛЯ ПОТОКІВ ДАНИХ**
Спеціальність 123 – Комп'ютерна інженерія

Автореферат

магістерської роботи

на здобуття кваліфікації магістра з комп'ютерної інженерії

Миколаїв – 2020

Робота виконана у Чорноморському національному університеті ім. Петра Могили.

Науковий керівник: канд. техн. наук
Крайник Ярослав Михайлович,
ЧНУ ім. Петра Могили,
доцент кафедри комп'ютерної інженерії

Рецензент: др. техн. наук, проф. каф. ІС
Гожий Олександр Петрович,
ЧНУ ім. Петра Могили,
професор кафедри інтелектуальних
інформаційних систем

Консультант: д-р біол. наук, професор
Григор'єва Людмила Іванівна,
ЧНУ ім. Петра Могили,
Завідувач кафедри екології Медичного
інституту

Захист відбудеться «25» лютого 2019 р. о 12³⁰ на засіданні
Екзаменаційної комісії в ЧНУ ім. Петра Могили, ауд. 2-406

З магістерською роботою можна ознайомитись на сайті ЧНУ ім. Петра Могили за посиланням <http://chmnu.edu.ua>

Автореферат оприлюднений «24» лютого_2020 р.

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

В наш час мережеві пристрої працюють по принципах, закладених на зорі розвитку комп'ютерних технологій, вимоги до комп'ютерних мереж зростають та реалізація стає складнішою. Мережі потребують більшої швидкості передачі даних та покращання інструментів, які використовуються для мережевого керування та моніторингу. Подібна ситуація зумовлює до появи сучасних функціональних та технологічних мереж, з складнішою інфраструктурою. Давні методи моніторингу та управління не відповідають сучасним вимогам.

У новій мультисервісній мережі поширюється різний трафік та для будь-якого різновиду трафіку надаються власні вимоги до обслуговування. Мережі стрімко зростають, додаються всі сучасні послуги, та наявні методи забезпечення якості обслуговування Quality of Service (QoS) не завжди вирішують власні задачі на відповідному рівні.

Чимало потоків, невраховані з точки зору дизайну мережі, обробляються з пріоритетом Best Effort. Наявні протоколи динамічної маршрутизації при обранні маршруту керуються єдиним лише принципом (пропускною спроможністю каналів, кількості переприйомів), але не враховують справжню завантаженість мережі. Крім того, велика кількість методів обчислення мереж опирається на марковських моделях та формулах Ерланга, і не враховують особливостей самоподібності трафіку мереж з комутацією пакетів, що зумовлює до недооцінки навантаження.

Розв'язати чимало проблем мультисервісних мереж дозволяє сучасний підхід організації мереж SDN. SDN (Software-Defined Networking) передбачає відділивши площини управління від площини передачі в виділений централізований елемент SDN-контролер, котрий має програмований інтерфейс, і ним можливо просто керувати, створюючи особисті програми на кожній мові програмування.

Тому останнім часом росте популярність мереж SDN що програмно-конфігуруються. Мережі SDN більше дванадцяти років, але в останні кілька

років видатні компанії пропонують модерні реалізації, котрі розкривають багато можливостей. Однією з найпопулярніших є організація мережі SDN із сумісним використанням протоколу OpenFlow. Основним пріоритетом технології SDN є те, що вона працює відокремлено від пристроїв та контроль здійснюється оператором за підтримкою стандартного сервера.

Проте, як і будь-яка сучасна технологія, SDN досі має велику кількість проблем, вирішення яких є актуальним завданням. Головними є масштабованість та безпека рівня управління.

У цій роботі пропонується розробити систему контролю показника Quality of Service у програмно-конфігурованих мережах для потоків даних, SDN сприяє виконувати моніторинг різноманітних параметрів трафіку, причому ця задача вирішується набагато дешевше, ніж дозволяють альтернативні методи. Суттєво спрощується створення сучасних протоколів. Сформований ряд основних задач дослідження SDN. На підставі отриманих результатів запропоновані методи удосконалення процесів розробки та впровадження SDN мереж, а також приведений метод перевірки відповідності компонентів мережі, що працює на основі протоколу OpenFlow та вимогам специфікації. Протокол OpenFlow дозволяє програмному забезпеченню SDN взаємодіяти з відповідними частинами мережі - маршрутизаторами та комутаторами через відкриті Application Programming Interface (API). Шлях пакетів в мережі, що програмно-конфігурується, визначається не обладнанням виробників та "захистими" в них алгоритми обробки потоків даних, а особливим контуром, що керує, на програмному рівні.

Оскільки попит на хмарні обчислення та послуги зберігання даних росте завдяки як індивідуальним абонентам, так і корпоративним користувачам. Нові центри обробки даних дуже добре оснащені з точки зору інформаційних технологій. Оператори ЦОД мають можливість практично миттєво добавляти або змінювати віртуальні сервери та системи зберігання даних відповідно до запитів споживачів.

Мета: збільшити ефективність функціонування програмно-конфігурованих мереж за рахунок нової структури рівня контролю показника Quality of Service.

Об'єктом дослідження є програмно-конфігуровані мережі SDN (Software-Defined Networks).

До задач даної роботи відносяться:

- розробка системи контролю показника Quality of Service у програмно-конфігурованих мережах для потоків даних;
- аналіз предметної області;
- розробка функціональної схеми програми;
- розрахунки системи SDN.

Предметом дослідження є спосіб побудови рівня управління програмно-конфігурованої мережі SDN.

Наукова новизна: проведено аналітичний огляд інфраструктур рівня управління програмно-конфігурованих мереж SDN за допомогою контролю показника Quality of Service та показано, що на сьогодні є невирішеним питання масштабованості і швидкодії контролерів в мережі.

Запропоновано спосіб побудови рівня управління мережі SDN, який відрізняється від існуючих швидкодією та дозволяє зменшити час відгуку контролера приблизно в 5 разів.

Гіпотеза: збільшення ефективності роботи програмно-конфігурованої мережі SDN за допомогою контролю показника Quality of Service .

Практичне значення: практичне значення магістерської роботи полягає в отриманні результатів тому, що запропонована структура приводить до перспективи зростання кількості вузлів в мережі без втрати продуктивності програмно-конфігурованої мережі SDN, порівнюючи з існуючими структурами.

Апробація результатів магістерської роботи відбулася під час:

- XXII Всеукраїнської науково-практичної конференції «Могилянські читання-2019» (Миколаїв, 2019).

- Всеукраїнської науково-практичної конференції молодих вчених, аспірантів і студентів «Інтелектуальні інформаційні системи» (Миколаїв, 2020)

Публікації. Основні положення та результати магістерської роботи опубліковані в 2 друкованих працях, з них: 2 тези у збірниках матеріалів Всеукраїнської науково-практичної конференції [1][2].

Структура та обсяг роботи. Магістерська робота складається з анотації на 3 сторінках, вступу, трьох розділів, висновків, переліку джерел посилання з 25 найменувань, 1 додаток на 4 сторінках,. Основна частина роботи становить 91 сторінку, серед яких 28 рис. та 12 табл.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У першому розділі відбувся аналітичний огляд програмно-конфігурованих мереж та причини їх виникнення, розглянуті основні переваги SDN, була розглянута архітектура програмно-конфігурованої мережі. (рис. 1).

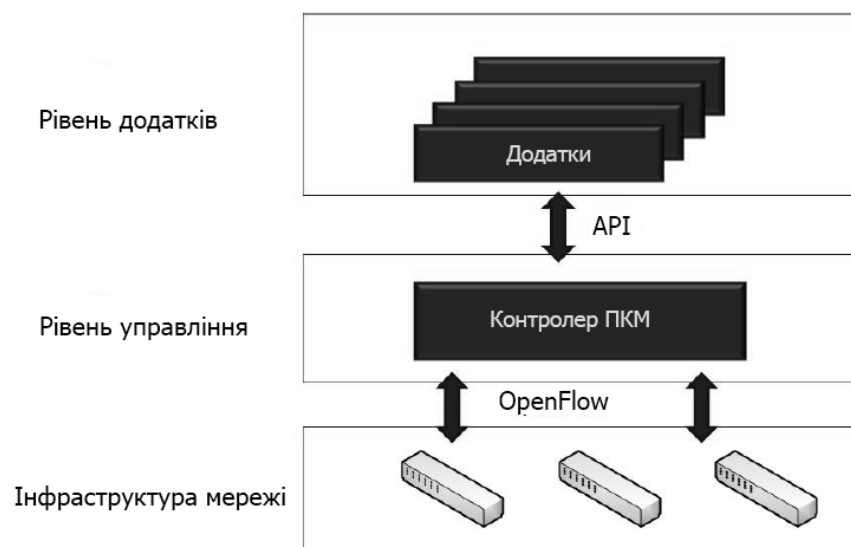


Рисунок 1 – Архітектура програмно-конфігурованої мережі

Здійснено аналіз головних принципів побудови SDN. Розглянуто передумови виникнення SDN, з яких можливо зробити власний висновок, що концепція мереж що програмно-конфігурується має велечезний потенціал та

сприяє вирішуванню проблеми, що зустрічаються в класичних підходах до організації мереж, наприклад зменшити витрати на організацію мережі за рахунок застосування більш простих пристроїв та спростити контроль за мережею, за рахунок чіткого відокремлення рівня даних та рівня управління. В розділі проаналізовані головні особливості архітектури мережі, що побудована за даним замислом та ключові деталі. Досліджені основні протоколи для організації цього виду мереж, а також основні типи додатків.

Другий розділ присвячений методам забезпечення QoS в програмно-конфігурованих мережах, в якому була розроблена структурна схема взаємодії компонентів системи SDN рис.2.

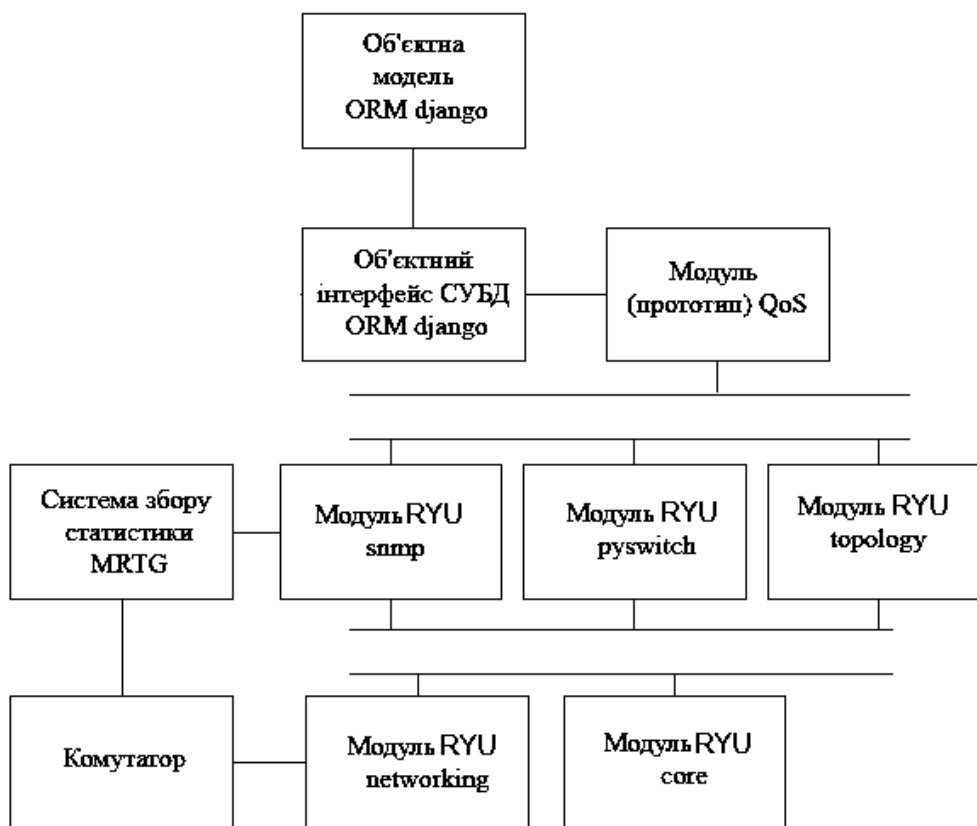


Рисунок 2 – Архітектура програмно-конфігурованої мережі

У розділі була закладена основа реалізації якості обслуговування (QoS) яка базується на контролі входу та виходу пакетів з пристрою. Реалізації QoS зводяться до визначення пріоритетів конкретних пакетів. Контроль над проходженням пакетів через мережу доступний тільки в межах центру обробки

даних (ЦОД), за межами ЦОД уся відповідальність лягає на провайдерів телекомунікаційних послуг. Протокол OpenFlow дозволяє програмному забезпеченню SDN взаємодіяти з елементами мережі – маршрутизаторами та комутаторами - через відкриті інтерфейси API.

Запропонований сучасний підхід до реалізації мереж SDN, що програмно-конфігуруються. Це дозволяє оцінити мережеві характеристики, що впливають на показники QoS. Запропонована модель мережі, взаємозв'язок "контролер-комутатор". Особливістю запропонованої мережі є облік зворотного зв'язку, який обумовлюється функціонуванням протоколу OpenFlow. Приведені формули для розрахунку таких показників як продуктивність вузла, що характеризується кривій обслуговування, затримка та об'єм даних, що зберігаються у буфері.

В даному розділі було обрано мову програмування, яка задовольняє всім вимогам системи контролю показника Quality of Service у програмно-конфігурованих мережах для потоків даних. Основною метою є створити простий, легкий у використанні інструмент порівняльного аналізу, який може бути основою для контролю показника Quality of Service у SDN. Тому в роботі розроблена система контролю показника Quality of Service у програмно-конфігурованих мережах для потоків даних з виконаних параметрів функціонування комутатора OpenFlow з використанням мови програмування Python.

Була побудована та описана блок-схема роботи алгоритму.

В результаті розробки було створено систему контролю показника Quality of Service у SDN мережах для потоків даних.

Було проведено експеримент та тестування системи SDN з чергами та без черг, з чого можливо зробити висновок що реалізований алгоритм є ефективним

При проведенні експерименту з потоками даних, а також з чергами відео яке проходило через мережу SDN при перегляді мало гарну картинку, а відео

без потоків передавалося з мерехтінням. Головною відмінністю відео чергами завантажувалося швидше

ВИСНОВКИ

В результаті виконання дипломної роботи була розроблена система контролю показника Quality of Service у програмно-конфігурованих мережах для потоків даних.

В роботі був проведений аналітичний огляд мереж що програмно-конфігуються мереж та причини їх виникнення, розглянуті основні переваги SDN, була розглянута архітектура програмно-конфігурованої мережі. Проаналізовано передумови виникнення SDN, з яких можна зробити висновок, що концепція програмно-конфігурованих мереж має великий потенціал та допомагає вирішити проблеми, що зустрічаються в класичних підходах до організації мереж, зокрема зменшити витрати на організацію мережі за рахунок використання більш простих пристроїв і спростити контроль за мережею, за рахунок чіткого відокремлення рівня даних та рівня управління. В розділі проаналізовані особливості загальної архітектури мережі, що побудована за даною концепцією і ключові деталі. Досліджені та описані основні протоколи для організації цього виду мереж, а також основні типи додатків.

Забезпечення QoS в програмно-конфігурованих мережах, в якому була розроблена структурна схема взаємодії компонентів системи SDN, а також була закладена основа реалізації якості обслуговування (QoS) базується на контролі входу та виходу пакетів з пристрою. Реалізації QoS зводиться до визначення пріоритетів конкретних пакетів. Контроль над проходженням пакетів через мережу доступний тільки в межах центру обробки даних (ЦОД), за межами ЦОД уся відповідальність лягає на провайдерів телекомунікаційних послуг. Протокол OpenFlow дозволяє програмному забезпеченню SDN взаємодіяти з елементами мережі – маршрутизаторами та комутаторами - через відкриті інтерфейси API.

Запропонований сучасний підхід до реалізації мереж SDN, що програмно-конфігуруються. Це дозволяє оцінити мережеві характеристики, що впливають на показники QoS. Запропонована модель мережі, взаємозв'язок "контролер-комутатор". Особливістю запропонованої мережі є облік зворотного зв'язку, який обумовлюється функціонуванням протоколу OpenFlow. Приведені формули для розрахунку таких показників як продуктивність вузла, що характеризується кривій обслуговування, затримка та об'єм даних, що зберігаються у буфері.

В третьому розділі було обрано мову програмування, яка задовольняє всім вимогам системи контролю показника Quality of Service у програмно-конфігурованих мережах для потоків даних. Основною метою є створити простий, легкий у використанні інструмент порівняльного аналізу, який може бути основою для контролю показника Quality of Service у SDN. Тому в роботі розроблена система контролю показника Quality of Service у програмно-конфігурованих мережах для потоків даних з виконаних параметрів функціонування комутатора OpenFlow з використанням мови програмування Python.

Була побудована та описана блок-схема роботи алгоритму.

В результаті розробки було створено систему контролю показника Quality of Service у SDN мережах для потоків даних.

Було проведено експеримент та тестування системи SDN з чергами та без черг, з чого можливо зробити висновок що реалізований алгоритм є ефективним.

СПИСОК ПУБЛІКАЦІЙ ЗА ТЕМОЮ РОБОТИ

1. Ключніченко В. В. Аналіз системи контролю показника quality of service у програмно-конфігурованих мережах для потоків даних. *Могиланські читання-2019, XXI Всеукраїнська науково-методична конференція: тези доповідей* / ЧНУ ім. Петра Могили. 2019. С. 94-96.

2. Ключніченко В. В. Системи контролю показника quality of service у

програмно-конфігурованих мережах для потоків даних. *Інтелектуальні інформаційні системи, Всеукраїнська науково-практична конференція молодих вчених, аспірантів і студентів: тези доповідей / ЧНУ ім. Петра Могили. – Миколаїв : Вид-во ЧНУ ім. Петра Могили, 2020. С. 47-49.*

АНОТАЦІЯ

Клюшніченко В. В. Система контролю показника Quality of Service у програмно-конфігурованих мережах для потоків даних.

Магістерська робота спрямована на дослідження програмно-конфігурованих мереж для потоків даних, за допомогою контролера OpenFlow Ryu на базі віртуального оточення mininet.

Розглянуто архітектуру програмно-конфігурованих мереж та обрано контролер для мережі.

Практичне значення результатів дослідження полягає в реалізації мережі SDN та контролю показника Quality of Service для потоків даних, а також проведення експериментів та тестування системи SDN з чергами та без черг.

Пояснювальна записка магістерської роботи складається зі вступу, чотирьох розділів, висновків та додатків. У вступі визначається актуальність теми, сформульована мета, об'єкт, предмет та завдання дослідження, а також розроблення мережі SDN. У першому розділі проведено аналіз основних принципів побудови SDN, проаналізовані особливості загальної архітектури мережі. Досліджені основні протоколи SDN мереж. У другому розділі закладена основа реалізації якості обслуговування (QoS) базується на контролі входу та виходу пакетів з пристрою. Запропонований новий підхід до моделювання мереж, які програмно-конфігуруються. Приведені формули для розрахунку таких показників як продуктивність вузла, що характеризується кривій обслуговування, затримка та об'єм даних, що зберігаються у буфері. Третій розділ містить у собі мову програмування, яка задовольняє всім вимогам системи контролю показника Quality of Service у програмно-конфігурованих мережах для потоків даних. Була побудована схема алгоритму програми. В

четвертому спеціальному розділі до магістерської роботи були розглянуті основні положення охорони праці та безпеки у надзвичайних ситуаціях на ТОВ «САВ-ДИСТРИБЬЮШН». У висновках наведено аналіз виконаної роботи та створено систему контролю показника Quality of Service у SDN мережах для потоків даних. Було проведено експеримент та тестування системи SDN з чергами та без черг, з чого можливо зробити висновок що реалізований алгоритм є ефективним. У додатку А наведено блок-схему роботи алгоритму. У додатку Б наведений лістинг програми.

В цілому, магістерська робота без додатків містить 80 сторінок друкованого тексту, 30 рисунків, 12 таблиць, 30 джерел посилання.

Ключові слова: Software-Defined Networking, Quality of Service, OpenFlow, Mininet, центр обробки даних, комутатор, система управління базами даних.

ABSTRACT

Kliushnichenko V. Quality-of-service indicator control system in software-configured networks for data streams.

The master's work is focused on studying software-configurable networks for data streams using the OpenFlow Ryu controller based on the mininet virtual environment.

The software-configurable networks structure is considered and a controller for the network is selected.

The practical significance of the research results lies in the implementation of the SDN network and monitoring the Quality of Service indicator for data flows, as well as conducting experiments and testing the SDN system with and without queues.

The master's explanatory note consists of an introduction, four sections, conclusion and appendices. The introduction defines the relevance of the topic, the stated purpose, object, subject and objectives of the study, as well as the development of the SDN. The first section analyzes the basic principles of SDN construction, analyzes the features of the overall network architecture. Basic protocols of SDN networks are investigated. The second section provides a framework for Quality-of-

Service (QoS) implementation based on the control of packet entry and exit. A new approach to software-configurable networks modeling is proposed. Formulas for calculating such indicators as the performance of a node, characterized by a service curve, the delay, and the amount of data stored in the buffer, are given. The third section contains a programming language that satisfies all the requirements of the Quality-of-service indicator control system in software-configured networks for data streams. The scheme of the program algorithm was constructed. In the fourth special section of this master's work were considered the main provisions of occupational health and safety in emergency situations at SAV-DISTRIBUTION LLC. The conclusion provides an analysis of the work performed and create a Quality-of-Service metric monitoring system for SDN data flow networks. An experiment and testing of the SDN system with queues and without queues was carried out, due to the results of which we can make the main conclusion that the implemented algorithm is effective. Appendix A provides a flow chart of the algorithm. The application contains the program list.

In general, the master's work contains 80 pages of printed text without applications, 30 figures, 12 tables, 30 sources of links.

Keywords: Software-Defined Networking, Quality-of-Service, OpenFlow, Mininet, data center, switchboard, database management system.