

ДОДАТОК А

Графічний матеріал кваліфікаційної роботи

Харківський національний університет
радіоелектроніки
факультет КІУ
кафедра ЕОМ

Магістерська кваліфікаційна робота
на тему:
Методи аналізу роботи протоколу OpenFlow у програмно-
конфігурованих мережах SDN

Керівник:
доц. каф. ЕОМ
Іванісенко І.М.

Розробив:
ст. гр. СММ-21-1
Пушкар А.І.

Харків 2022

Мета й задачі проекту

Мета кваліфікаційної роботи полягає у підвищенні характеристик якості роботи програмно-конфігурованих мереж з використанням протоколу OpenFlow шляхом зниження затримки і втрат пакетів

Для досягнення цієї мети необхідно вирішити такі **задачі**:

- зробити аналіз алгоритмів роботи мережі SDN та провести дослідження створення записів у таблиці потоків;
- виконати розробку моделі для аналізу величини наскрізної затримки;
- провести дослідження величини затримки трафіку, що передається в мережі SDN;
- розробити алгоритм та модифікований метод вимірювання затримки передавання пакетів для потоків окремого користувача;
- експериментально підтвердити отримані розрахунки та дослідження.

Структура мереж SDN

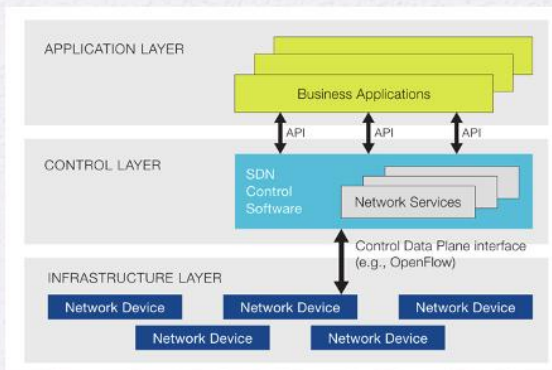


Рисунок 1 - Схематичне зображення архітектурної взаємодії на різних рівнях у мережах SDN

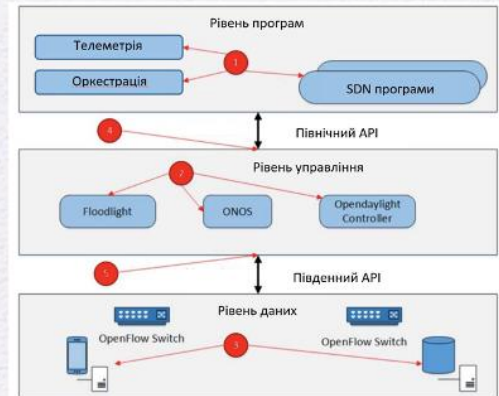


Рисунок 2 - Логічне представлення архітектури мережі SDN

3

Архітектура мереж SDN

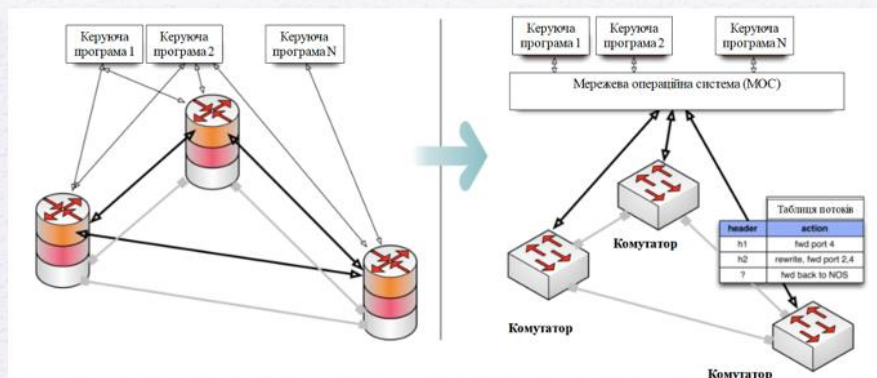


Рисунок 1 – Архітектура мереж SDN

Основна ідея розвитку SDN-підходу полягає в 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;
- перейти від управління окремими екземплярами мережевого обладнання до керування мережею в цілому;
- створити інтелектуальний програмно-керований інтерфейс між мережним додатком та транспортним середовищем мережі.

4

Використання протоколу OpenFlow в мережі SDN

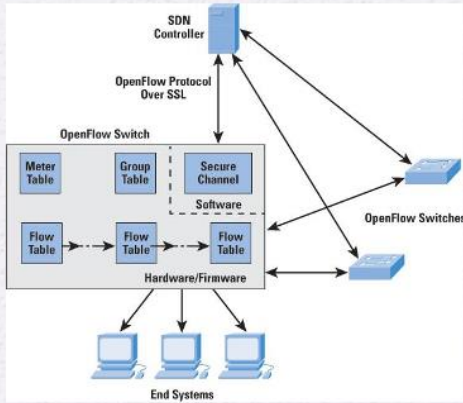


Рисунок 1 – Використання протоколу OpenFlow в мережі SDN

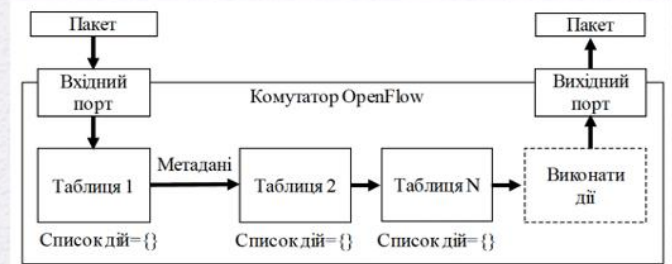
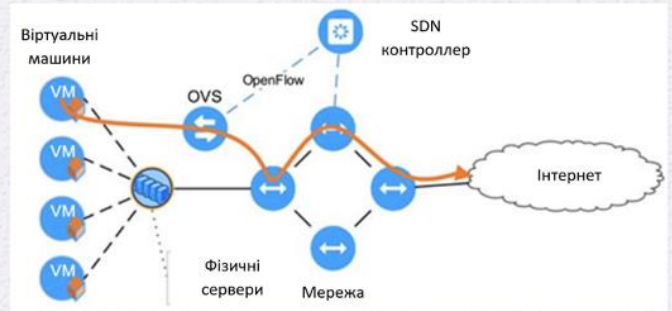


Рисунок 2 – Спрощена схема проходження потоку пакетів через комутатор OpenFlow

5

Дослідження роботи програмно-конфігурованої мережі

Інструменти дослідження

- VirtualBox
- Емулятор мережі Mininet
- Контролер мережі SDN OpenDaylight
- Аналізатор мережевого трафіку Wireshark



Рисунок 1 – Використання VirtualBox

```

Mininet-VM [Pafonaet] - Oracle VM VirtualBox
Ubuntu 14.04.4 LTS mininet-on tty1
mininet-vm login: mininet
Password:
last login: Thu Aug 6 17:24:14 PDT 2020 on tty1
Welcome to Ubuntu 14.04.4 LTS (GNU/Linux 4.2.0-27-generic x86_64)

 * Documentation:  https://help.ubuntu.com/
mininet@mininet-vm:~$ sudo mn --topo single,h3 --controller=remote,ip=192.168.1.100,port=6653 --switch ovs,protocols=openflow11
*** Creating network
*** Adding controller
*** Adding hosts:
h1 h2 h3
*** Adding switches:
s1
*** Adding links:
(h1, s1) (h2, s1) (h3, s1)
*** Configuring hosts
h1 s1 s3
*** Starting controller
c0
*** Starting 1 switches
s1 ...
*** Starting CLI:
mininet_
    
```

Рисунок 3 – Створення мережі

6

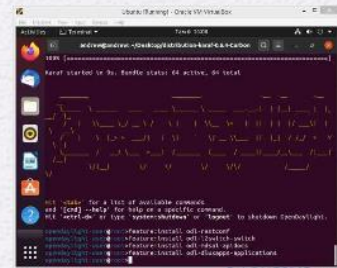


Рисунок 2 – Встановлення контролера OpenDaylight

Дослідження роботи мережі SDN

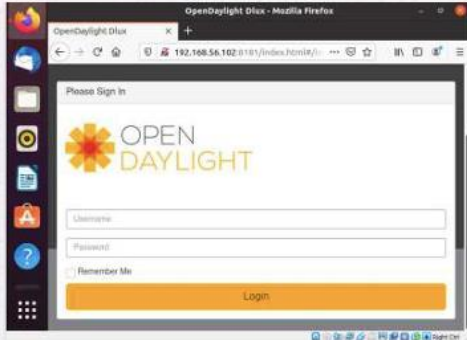


Рисунок 1 – Графічний інтерфейс OpenDaylight



Рисунок 2 – Вкладка топології в контролері OpenDaylight

Nodes

Node Id - openflow:1

Search Node Co

Node	Connector Id	Name	Port Number	Mac Address
openflow:1.3	s1-eth3	3		5e:4b:84:83:51:c2
openflow:1.LOCAL	s1		4294967294	c2:f3:24:2b:32:49
openflow:1.1	s1-eth1	1		ce:f1:5c:7b:50:43
openflow:1.2	s1-eth2	2		1e:f5:8c:93:0c:59

Рисунок 3 – Вкладка «Вузли»

Фільтрування пакетів OpenFlow

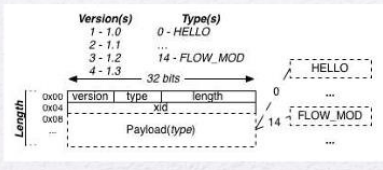


Рисунок 1 – Структура заголовка повідомлення OpenFlow

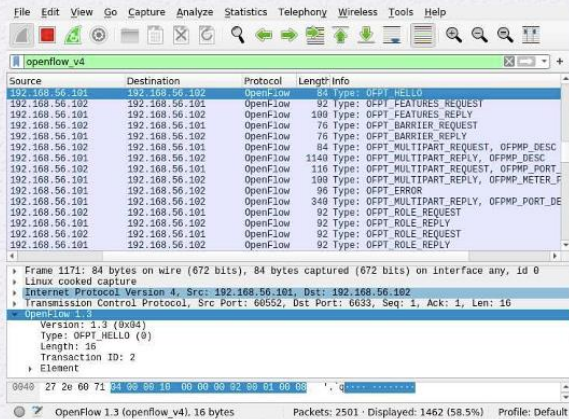


Рисунок 2 – Фільтрування пакетів OpenFlow

Метод вимірювання затримки передачі пакетів для потоків окремого користувача

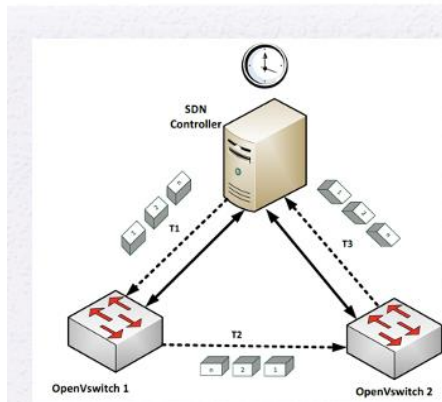


Рисунок 1 - Схема вимірювання затримки окремого потоку в програмно-керованій мережі SDN

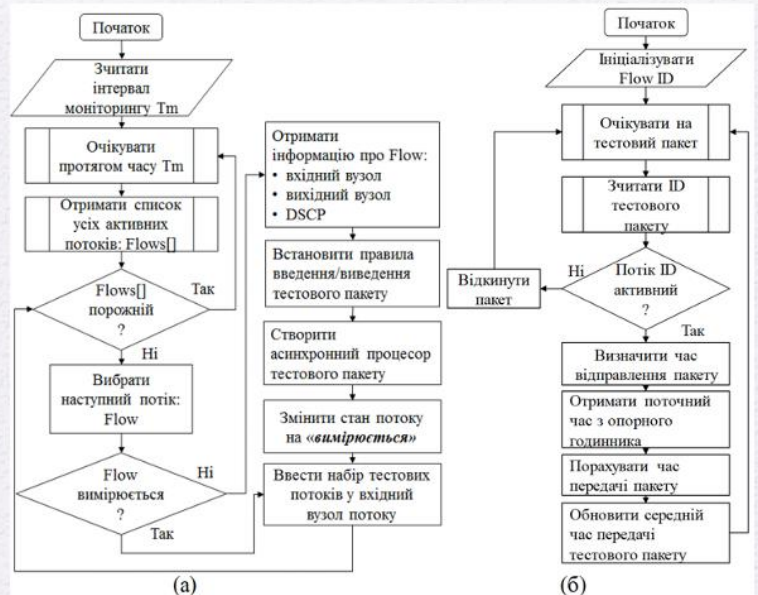


Рисунок 2 - Алгоритми відправки (а) та очікування (б) пакету для вимірювання затримки потоку

9

Модель адаптації системи моніторингу до властивостей процесу передачі даних

Процес моніторингу ґрунтується на **двох** основних підходах:

- **перший** – зміна інтенсивності моніторингу залежно від попередньо накопиченої статистичної інформації про стан завантаженості в пам'яті керуючого пристрою.
- **другий** – динамічна зміна інтенсивності моніторингу залежно від завантаженості елемента мережі на основі зібраних у режимі реального часу даних стану елемента мережі.

$$f(\rho_i) = \begin{cases} 1 - \frac{\rho_i}{2}, & 0 < \rho_i \leq 0.5; \\ \frac{0.1}{(\rho_i - 0.367)}, & 0.5 < \rho_i \leq 1, \end{cases} \quad (1)$$

де f – функція завантаженості, що використовується для визначення інтервалу опитування комутатора;
 ρ – завантаження інтерфейсу комутатора, безрозмірний коефіцієнт;
 i – порядковий номер опитування.

10

Завантаженість мережевого елемента та інтенсивність моніторингу



11

Експериментальне виявлення залежності затримки передачі службового трафіку від затримки контролера

Рисунок 1 – Топологія мережі

Таблиця 1 – Результати вимірювання, отримані під час експерименту

Кількість комутаторів у мережі, шт.	Затримка $d\tau_{NF}$, мс	Затримка S_{NF} , мс	Затримка C_{NF} , мс
3	9,868	0,184	4,688
7	12,236	0,240	7,433
15	16,252	0,431	6,847
31	23,881	1,870	11,441

Рисунок 2 – Залежність величини затримки від кількості комутаторів у мережі

$$r = \frac{\sum xy - (\sum x)(\sum y)}{\sqrt{(n \sum x^2 - (\sum x)^2) \cdot (n \sum y^2 - (\sum y)^2)}}$$

$r(d\tau_{NF}, C_{NF}) = 0.935, r(d\tau_{NF}, S_{NF}) = 0.951$

12

Експериментальне виявлення затримки трафіку в мережі SDN (1)

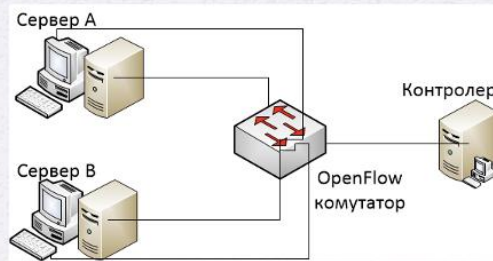


Рисунок 1 – Платформа виміру

- Сервер А використовується для створення пакетів для нових потоків відповідно до різних параметрів.
- Сервер В використовується для створення базового трафіку.
- Сервер А, Сервер В встановлено з двома мережевими адаптерами 10 Гбіт/с.
- Контролер підключено до порту керування через порт 1 Гбіт/с
- Годинник на різних серверах не синхронізується.

13

Експериментальне виявлення затримки трафіку в мережі SDN (2)

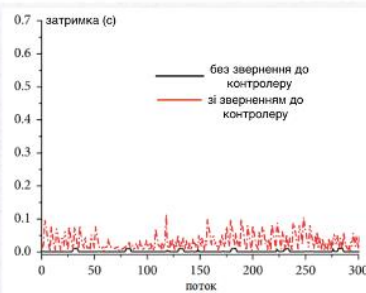


Рисунок 1 – Затримка пакетів з/без звернення до контролера, коли нова швидкість потоку становить 50 пакетів/с

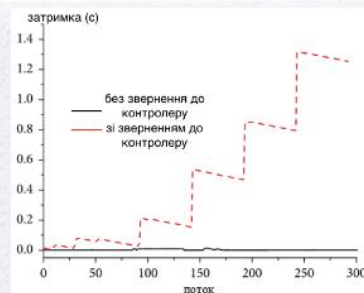


Рисунок 2 – Затримка пакетів з/без звернення на контролер, коли нова швидкість потоку становить 500 пакетів/с

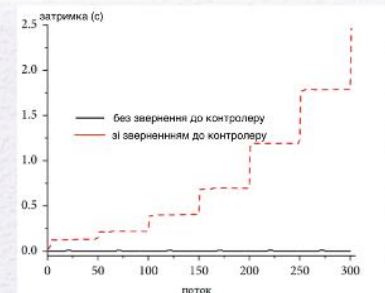


Рисунок 3 – Затримка пакетів з/без звернення на контролер, коли нова швидкість потоку становить 5 тисяч пакетів/с

Таблиця 1 – Використання ЦП з/без обробки на контролері за різних нових швидкостях потоку

Вид	50 пакетів/с	Швидкість течії 500 пакетів/с	5000 пакетів/с
Без звернення до контролеру	3% – 4.1%	12%	13.20%
Зі зверненням до контролеру	24% - 30%	36% - 48%	35.2% - 67%

14

Висновки

Відповідно до мети кваліфікаційної роботи та поставлених задач дослідження у роботі отримані наступні результати:

- проведений аналіз алгоритмів роботи мережі SDN та дослідження створення записів у таблиці потоків;
- виконано розробку моделі для аналізу величини наскрізної затримки;
- проведене дослідження величини затримки трафіку, що передається в мережі SDN;
- розроблений алгоритм та модифікований метод вимірювання затримки передавання пакетів для потоків окремого користувача;
- експериментально підтверджені отримані результати розрахунків.