

ОСНОВНІ МЕТОДИ ПІДВИЩЕННЯ ПАРАМЕТРІВ ЯКОСТІ ІНФРАСТРУКТУРИ УПРАВЛІННЯ ЕЛЕМЕНТАМИ 5G МЕРЕЖІ НА ОСНОВІ SDN ПЛАТФОРМИ

Сазонов Б.О., Сабурова С.О.

Харківський національний університет радіоелектроніки,
кафедра інфокомунікаційної інженерії ім. В.В. Поповського,
Україна.

E-mail: svitlana.saburova@nure.ua,
: lbohdan.sazonov@nure.ua

Abstract

The article focuses on the fault tolerance of a 5G system that is always available, reliable, working properly and quickly recovering from attacks or failures. The technical capabilities of a resilient 5G system combine security, privacy protection, reliability, availability, and reliability. These key features are already present in today's telecommunications networks and further enhanced by new tools based on the SDN platform. Analysis of research results shows, that SDLL based on the SDN platform can guarantee system QoS for low E2E delay compared to the other two solutions, especially, when channels congested in CNN; many critical low-latency services run in parallel. The use of TSN devices (routers) allows traffic to be scheduled in a deterministic manner to maintain a minimum latency boundary. The OpenFlow switch model eliminates the packet processing overhead of routers for path determination and network management costs during 5G network escalation. An OpenFlow packet processing algorithm is presented in Operation Technology SDN for the Open vSwitch (OVS) implementation solution, but also for any other technology with an integrated database and NBI interfaces that allow QM and flow rules to be set. A model of interaction between each user and RAP based on SDN-platform for 5G network is proposed

Під будь-яким новим поколінням мобільного зв'язку розуміються інноваційні зміни в безпроводових мережах, їх архітектурі і, в першу чергу, в сегменті радіодоступу. Такі зміни нових поколінь, як правило, вимагають суттєвих витрат на розробку та впровадження нових рішень, але тільки ці процеси забезпечують технологічний ривок при еволюційному розвитку.

5G мережа може забезпечити високу швидкість/пропускну здатність, високу надійність, низьку затримку, підвищену пропускну здатність, доступність і підключення, а також динамічний розподіл пропускну здатності. Існуючі атрибути і вимоги системи якості (Quality of services, QoS) використовують та характеризують 5G сервіси, які вони обслуговують.

Варіанти використання 5G мережі включають [1]:

– eMBB (Enhanced Mobile Broadband) – розширений мобільний широкосмуговий зв'язок, що вимагає високої швидкості, пропускну здатності та динамічного її розподілу. У той час як висока швидкість допомагає завантажувати трафік відеовмісту швидше та в гігабайтах, пропускну здатність може бути виділена на вимогу для відео надвисокої чіткості (Ultra High Definition Video, UHD), віртуальної реальності, веб-додатками, тощо;

– uRLLC (Ultra-Reliable and Low-Latency Communications) – наднадійний зв'язок із малою затримкою до 0,5мс, а послуги вимагають високої надійності та високої доступності. Висока

надійність підтримує критично важливі послуги, такі як підключення роботизованої фабрики та дистанційної хірургії, а низька затримка робить критично важливі затримки таких послуг,

як автономні автомобілі та дистанційно управляємі дрони;

– mMTC (Massive Machine-Type Communications) – комунікації масового машинного типу, це висока пропускна здатність, висока швидкість, динамічний розподіл смуги пропускання, показники яких характеризують цей клас послуг. Він найбільше підходить для послуг Інтернету речей (IoT), таких як розумні міста, які обслуговують мільярди «речей» і «пристроїв» із щільністю до мільйона на квадратний кілометр.

Дослідження структури програмно визначеної низької затримки (Software-Defined Low Latency, SDLL) на основі програмно визначеної мережі (Software-Defined Networking, SDN) показують то, щоб забезпечити якість обслуговування (Quality of Service, QoS) і гарантувати наднизьку затримку в 5G мережі і за межами транспортних мереж. (Transport Networks, TN).

SDLL має на меті усунути слабкі сторони чутливої до часу мережі (Time Sensitive Networking, TSN), забезпечуючи гнучкість з точки зору інженерії трафіку (Traffic Engineering, TE) і управління чергами (Queue Management, QM), щоб гарантувати низьку наскрізну (End-to-End, E2E) затримку навіть в часи найбільш навантаження (ЧНН) каналів. SDLL забезпечує гнучкий і на вимогу спосіб змінювати наскрізні шляхи та конфігурації черги (наприклад, додавати або видаляти черги).

Результати експериментів дозволили порівняти продуктивність управління трафіком із двома стандартними рішеннями через найкоротший шлях (SDN Shortest Path, SDNSP) – одна черга на порт і Software-Defined QoS (SDQoS)) – три черги на порт.

З'єднання 5G мереж включає різні сегменти, наприклад RAN, базову мережу (Core Network, CN) і транспортну мережу (Transport network, TN). TN включає не тільки канали, що з'єднують CN з RAN, але також – це мережі з'єднання RAN, CN і TN.

Більшість існуючих підходів для гарантування низької затримки в 5G TN покладаються на чутливу до часу мережу (TSN), яка розроблена Інститутом електротехніки та електроніки (Institute of Electrical and Electronic Engineers (IEEE)).

Специфікації 5G мережі визначають доставку більш 10-ти послуг критичної затримки з різними рівнями критичності. Наприклад, розподіл електроенергії є критичною послугою з найвищою затримкою (затримка E2E–5 мс), тоді як повідомлення від транспортного засобу до чогось (Vehicle-to-Everything, V2X) та ігри в реальному часі можна вважати менш критичними (затримка E2E–50 мс). Відповідно, 5G мережа повинна мати здатність захищати критичні служби з найвищою затримкою, навіть у присутності інших. Цього можна досягти лише за допомогою гнучкої системи управління чергами (Queue management, QM), що неможливо в TSN.

Запропоноване рішення, а саме SDLL, спирається на нові специфікації 5G рівня даних. Він використовує інформацію ідентифікації потоку якості (Quality Flow Identification, QFI) для відображення послуг 5G у класах трафіку TN (і черзі) для забезпечення необхідної якості обслуговування (QoS) [2]. Крім того, SDLL адаптується до навантаження мережі шляхом динамічного оновлення черг (додавання або видалення), що дозволяє розділяти трафіки URLLC і, отже, захищати трафіки з найвищим пріоритетом (сервіси, критичні до затримки).

SDLL – це рішення на основі SDN-платформи, яке контролює та управляє 5GTN (Backhaul), що складається з кількох програмованих комутаторів. SDLL використовує функції створення, читання, оновлення та видалення (CRUD) для забезпечення гнучкості в управлінні сервісним трафіком 5G мережі, щоб гарантувати необхідний QoS і, зокрема, низьку затримку для служб, критичних до затримок (відомих як служби URLLC). У SDLL можна використовувати відображення, запропоноване в [2], яке визначає набір 3GPP QoS Class Identifier (QCI) і відображень 5QI в DSCP, щоб узгодити рекомендації маркування, запропоновані 3GPP, з рекомендаціями, запропонованими Інженерною групою Інтернету (Internet Engineering Task Force, IETF). Це забезпечує послідовну підтримку QoS між 5G мережами та Інтернетом. Варто зазначити, що граничні комутатори повин-

ні аналізувати GTP заголовок, щоб отримати QFI та змінити заголовок IP (рівень 2) за допомогою відповідного значення DSCP, щоб маршрутизувати пакет через 5GTN відповідно до управління SDLL.

Процес відображення виконується в двох напрямках трафіку, тобто на висхідний і низхідний канали (Uplink і Downlink).

На рис.1 модель SDLL платформи на рівнях управління описує SDLL взаємодію елементами на різних 3-х рівнях клієнт-сервер 5GTN. Програмне забезпечення (ПЗ) SDLL розташоване на першому рівні. ПЗ встановлюється поверх контролера SDN.

Контролер SDN - це контролер відкритої мережної операційної системи (ONOS), створеному на Java. Додатки SDLL містять дві частини, а саме управління чергами та розробку трафіку. Перший використовує ONOS (Representational State Transfer Application Programming Interface, REST API) і Open vSwitch Database Management (OVSDb) [3].

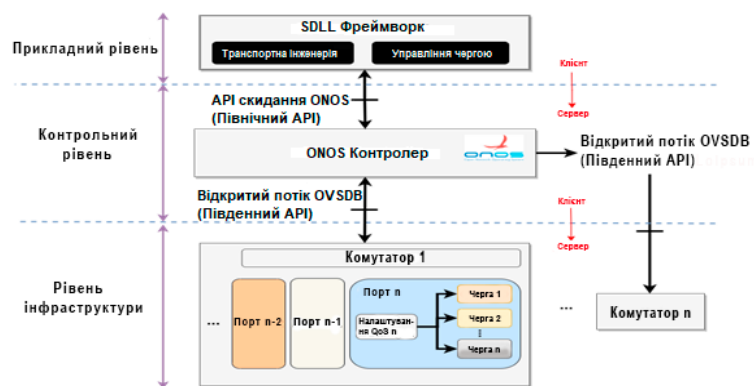


Рис. 1. Модель SDLL платформи на рівнях управління взаємодією клієнт-сервер

У 5G існує лише одна мережа функції рівня користувача – UPF – для передачі даних між gNB і ядром. У 5G існує зв'язок «один до багатьох» між тунелем GTP-U з N3 і DRB на радіоінтерфейсі. Кожен потік QoS з N3 відображається в одному тунелі GTP-U. GNB може відображати окремі потоки QoS на ще один DRB. Тому сеанс PDU може містити кілька потоків QoS і кілька DRB, але лише один тунель N3 GTP-U. DRB може транспортувати один або більше потоків QoS [2].

Протокол для управління чергами на комутаторах і отримання їх статистики, тоді як перший протокол визначає правила для потоку передачі трафіка на 5G мережі зв'язку між комутаторами через OpenFlow протокол.

Open Flow Protocol, який забезпечує передачу даних спрощеним шляхом видалення дійсної площини управління і централізації управління площиною управління.

OpenFlow – це загальний стандарт площини управління, який використовується в Operation Technology SDN, що робить його сумісним з іншими рішеннями SDN. Різниця полягає в тому, що OpenFlow є єдиною площиною управління в switch.

В свою чергу switch підтримується через цикли живлення, а всі потоки та резервування про-активно забезпечують передачу трафіка, щоб комутатори могли виконувати переадресацію, на яку вони налаштовані завдяки ресурсам інфокомунікацій [3].

Операції управління мережею та пересилання роз'єднані в дизайні SDN, що дозволяє напряму програмувати управління мережею та відокремлювати базову інфраструктуру від програм і мережних служб.

Щоб визначити шлях від джерела до місця призначення, OpenFlow пропонує мережним адміністраторам програмне управління потоками. В архітектурі OpenFlow вся система складається з багатьох пристроїв із підтримкою Open-Flow, якими управляє один або більше контролерів OpenFlow.

Знову ж таки, пристрої OpenFlow використовують одну або кілька таблиць потоку. Потік може являти собою набір пакетів із однаковими MAC-ідентифікаторами чи IP-адресами, пакети з однаковим тегом VLAN або пакети, що надходять із порту. Модель switch OpenFlow зображено на рисунку 2 [3].



Рис.2. Модель switch OpenFlow

Розроблено алгоритм обробки пакетів у протоколі OpenFlow в Operation Technology SDN представлено на рисунку 3.

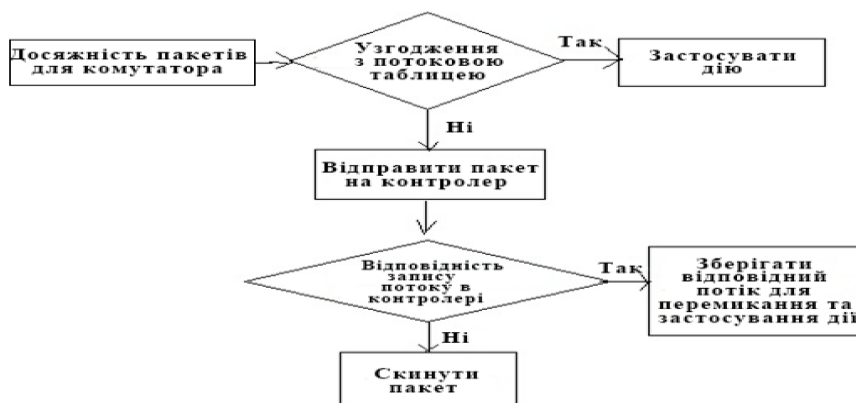


Рис. 3. Алгоритм обробки пакетів у протоколі OpenFlow в Operation Technology SDN

Для забезпечення гарантії стабільного з'єднання між кожним користувачем і RAP необхідно розробити модель управління елементами на основі SDLL платформи для 5G мережі, яка буде забезпечувати необхідний взаємозв'язок між площиною даних і площиною управління.

На рисунку 4 запропоновано модель взаємодії між кожним користувачем і RAP на основі SDN платформи для 5G мережі.

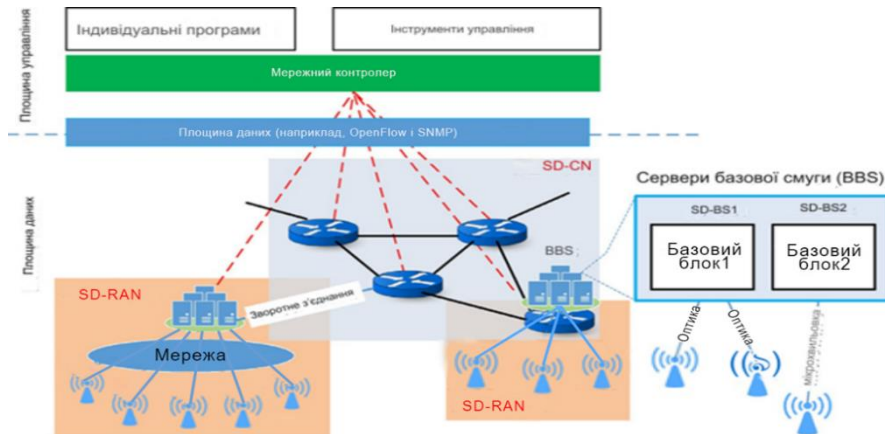


Рис. 4. Модель взаємодії між кожним користувачем і RAN на основі SDN платформи для 5G мережі

У запропонованій моделі площина управління, яка управляється мережними серверами, надаються інструменти управління та оптимізації для площини даних, якою управляє базова 5G мережа. Вона складається з програмно визначених базових станцій (Software-Defined Base Stations, SD-BS) у RAN та програмно-визначених switches (Software-Defined Switches, SD-switches). Контролер обслуговує фізичні, MAC (Medium Access Control) і мережні рівні функцій на комп'ютерах і віддалених центрах обробки даних.

Висновки

Аналіз результатів досліджень показує, що SDLL на базі SDN-платформи може гарантувати низьку затримку E2E порівняно з двома іншими рішеннями, особливо коли: канали перевантажені в ЧНН; багато критичних служб із низькою затримкою працюють паралельно. Використання пристроїв TSN (маршрутизаторів) дозволяє планувати передачу трафіку детермінованим способом, щоб підтримувати мінімальну межу для затримки. Модель switch OpenFlow дозволяє усунути накладні витрати на обробку пакетів маршрутизаторів для визначення шляху та витрати на управління мережею під час ескалації 5G мережі. Представлено алгоритм обробки пакетів за протоколом OpenFlow в Operation Technology SDN для рішення реалізації Open vSwitch (OVS), але також для будь-якої іншої технології з інтегрованою базою даних та інтерфейсами NBI, які дозволяють установку QM і правил для потоку. Запропоновано модель взаємодії між кожним користувачем і RAN на основі SDN платформи для 5G мережі.

Література

1. What are the differences between SDN and Traditional Network? 31.03.2023. URL: <https://techjunction.co/tech-question/what-are-the-differences-between-sdn-and-traditional-networks/>.
2. Akram Hakiri, Pascal Berthou. "Leveraging SDN for The 5G Networks: Trends, Prospects and Challenges". arXiv:1506.02876. June 2015.
3. SDN and NFV for QoE-driven multimedia services delivery: The road towards 6G and beyond networks. URL: <https://doi.org/10.1016/j.comnet.2022.109133> Get rights and content.