

## ПІДВИЩЕННЯ ПРОПУСКНОЇ ЗДАТНОСТІ ЛЯМДА-МУЛЬТИПЛЕКСОРІВ ІНФОКОМУНІКАЦІЙНИХ МЕРЕЖ

Вінницький національний технічний університет

### *Анотація*

*Розглянуті переваги лямда-комутації для обробки великих обсягів даних та особливості використання комутаторів оптичних сигналів в інформаційних мережах. Розглянуто методи і засоби модуляції оптичних сигналів для побудови повністю оптичних комутаторів. Виконано оцінювання доцільності використання оптичних процесорів і визначено умови їх застосування для керування процесом комутації оптичних сигналів.*

**Ключові слова:** оптична мережа, лямда-комутація, модуляція оптичного сигналу.

### *Abstract*

*The advantages of lambda-switching for the processing of large volumes of data and features of the use of optical signal switches in information networks were considered. The methods and means of optical radiation modulation for the construction of fully optical signals were considered. The estimation of expediency of using of optical processors and determination of conditions of their application for management of process of switching of optical signals were executed.*

**Keywords:** optical network, lambda-switching, modulation of the optical signal.

### Вступ

Основною тенденцією розвитку телекомунікаційних мереж є перехід до «повністю оптичних мереж» (All-Optical Networks). Ці мережі дозволяють забезпечити високу пропускну здатність для впровадження великої кількості високошвидкісних інфокомунікаційних послуг. Розробка повністю оптичних систем комутації забезпечить підвищення пропускну спроможності телекомунікаційних мереж і дозволить уникнути дороговартісного оптоелектричного перетворення сигналу, що є важливим чинником для впровадження повністю оптичної мережі в Україні. Таким чином, завдання дослідження особливостей комутації оптичних сигналів при використанні різних технологій мультиплексування є важливим і актуальним.

Метою дослідження є підвищення ефективності процесу комутації інформаційних потоків в оптичних транспортних мережах зі складною структурою в умовах динамічно-змінної інтенсивності трафіку та неоднорідних вимог до параметрів якості передавання даних.

Задачами дослідження є удосконалення методу агрегації трафіку мереж доступу в крайових вузлах оптичної транспортної мережі для покращення показників якості передавання даних, а також моделювання та дослідження показників ефективності функціонування оптичної транспортної мережі із використанням запропонованих методів, моделей та алгоритмів.

В процесі досліджень використано основи теорії ймовірності та математичної статистики, методи аналітичного та імітаційного моделювання, закони алгебри логіки та теорію телетрафіку.

### Результати дослідження

Використання нових волокон з підтримкою просторової комутації в оптичній мережі потенційно збільшує пропускну здатність волокна з коефіцієнтом, який визначається кількістю просторових режимів.

В сучасних IP/оптичних багатошарових мережах, процес управління оптичним та IP - доменом розділений, що негативно впливає на якість сервісу в контексті наскрізного його надання. Дослідження єдиної схеми управління багатошарових мереж є дуже важливою проблемою, оскільки впровадження такої схеми дозволило б значно спростити керування мережі, поліпшити її швидкодію та зменшити експлуатаційні і капітальні витрати. Для впровадження єдиної схеми управління мережею запропоновано використання протоколу OpenFlow, що разом з оптичною комутацією блоків є потенційно багатообіцяючим майбутнім мережі Internet. [1].

Впровадження протоколу OpenFlow для мережі OBS (оптична комутація пачок) потребує того, щоб крайові і проміжні вузли були вдосконалені для його підтримки, а також могли проводити операції перемикання на підставі попередньо визначених міток потоку. Для того щоб керувати вузлом мережі OBS з можливостями OpenFlow, запропоновано розширити його архітектуру OpenFlow модулем. Модуль OpenFlow обладнаний одним або декількома віртуальними портами Ethernet. Кожен такий порт, відображається на фізичний канал сигналізації OBS. В такому разі зникає необхідність значних модифікацій класичного OBS, в якому ВНР пакети обробляються високошвидкісними FPGA(програмована логічна інтегральна схема), оскільки з точки зору контролера вузли можуть поводитись як стандартні OpenFlow комутатори. Потрібно врахувати те, що в FPGA, які обробляють ВНР пакет, також необхідні записи міток передачі LFEs (англ. label forwarding entries) для виконання операцій порівняння та оновлення. Коли ВНР проходить шлях від вхідного до вихідного вузла, всі проміжні вузли, які належать цьому шляху, обробляють ВНР та відповідно налаштовують власні локальні оптичні комутатори, щоб встановити повністю оптичний шлях, що дозволяє прозоро передати оптичний блок даних через всю мережу OBS. [2].

Така архітектура має декілька суттєвих недоліків: модулі такої архітектури реалізуються на окремих звичайних контролерах; модулі такої архітектури не є програмно конфігурованими, що здійснює суттєвий вплив на гнучкість системи в цілому; така архітектура крайового вузла не дозволяє впровадження технології OpenFlow чи її модифікацій.

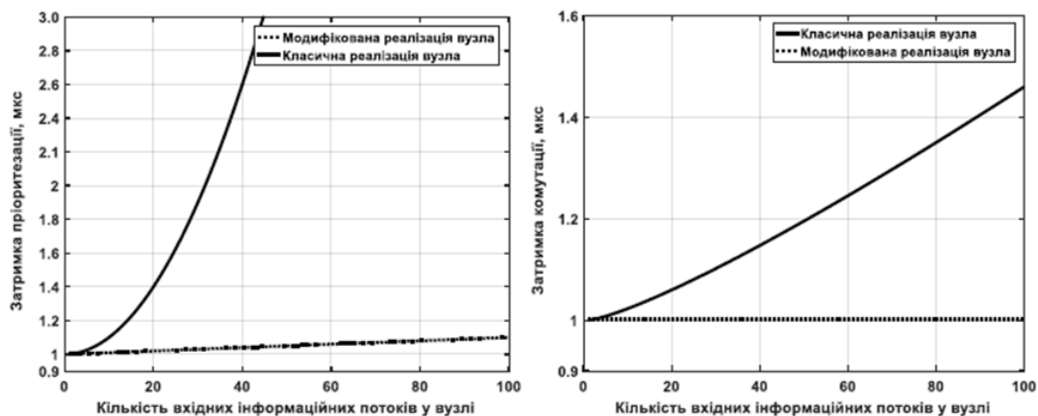


Рис.1. Залежність затримки у вузлі в процесі пріоритизації – а) та комутації – б) від кількості вхідних інформаційних потоків

Враховуючи вище сказане, запропоновано дещо змінити класичну архітектуру крайового вузла, об'єднавши деякі з її модулів та реалізувати їх на програмованих логічних інтегральних схемах FPGA, що добавить значної гнучкості системі, дозволить здійснити впровадження програмної конфігурації вузлів, що збільшить гнучкість системи і дасть можливість впровадження технології OpenFlow (Рис.1). [3]

Високошвидкісна платформа FPGA дозволить значно підвищити ефективність множення матриць та алгоритмів сортування в класифікаторі пакетів та модулях

агрегації/деагрегації за рахунок того, що ці алгоритми реалізуються на FPGA не програмно, а апаратно.

## Висновки

Розглянуто архітектуру програмно конфігурованої мережі на основі протоколу OpenFlow. Для розгортання мережі з такою архітектурою необхідно розширити крайові та проміжні вузли мережі з оптичною комутацією блоків модулями OpenFlow. Запропоновано два алгоритми сигналізації в такій мережі – з гарантованою доставкою блоку та без неї.

Результати моделювання показали, що використання диференційної сегментації блоку дає змогу знизити втрати пріоритетних пакетів у два рази шляхом перегрупування пакетів у блоці в порядку спадання їх пріоритету, що зменшує ймовірність блокування для пакетів з вищим пріоритетом обслуговування.

Встановлено, що за умов різких стрибків інтенсивності трафіку даний метод допускає часті перевантаження буфера і, як наслідок, відкидання до 30% вхідних IP пакетів. Використання запропонованого методу формування блоків забезпечує оптимальний баланс між пропускною здатністю мережі OBS та кількістю втрачених пакетів, яка для даного випадку становить близько 3%, що є на порядок менше, ніж при використанні методу формування блоків за критерієм часу очікування.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Корецький О.В. Моделі та алгоритми підвищення ефективності комутації інформаційних потоків у повністю оптичних телекомунікаційних системах / О.В. Корецький, С.С. Думич // Вісник Національного університету "Львівська політехніка". Радіоелектроніка та телекомунікації, Львів, 2013.
2. Кайдан М.В. Розрахунок параметрів якості обслуговування у фотонних транспортних мережах / М.В. Кайдан, С.С. Думич, Т.А. Максимюк, Р.А. Бурачок, Л.М. Готра // Вісник Національного університету "Львівська політехніка". Радіоелектроніка та телекомунікації, Львів, 2014. – № 796.
3. Мазур А.В., Васильківський М.В. Солітонні ВОЛЗ підвищеної спектральної ефективності // Вісімнадцята міжнародна науково-технічна конференція ВОТТП, Одеса, 8-13 червня 2018. – № 18. // С.205-206.

*Мазур Андрій Володимирович* — студент групи ТКС-17мі, факультет інфокомунікацій, радіоелектроніки та наносистем, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: andreymazur2009@gmail.com

*Васильківський Микола Володимирович* — кандидат технічних наук, доцент кафедри ТКСТБ, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця

*Mazur Andrii Volodymyrovych* - student of the group TKS-17mi, faculty of infocommunications, radio electronics and nanosystems, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: andreymazur2009@gmail.com

*Vasilkivskiy Mykola Volodymyrovych* - Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the TKSTB Department, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia