

67-42-87/1
21.09.17р.

Голові спеціалізованої вченої ради
Д 35.052.10 Національного
університету "Львівська політехніка"
79013, Львів -13, вул. С.Бандери, 12

ВІДГУК

офіційного опонента доктора технічних наук, професора, професора кафедри кібербезпеки та захисту інформації Київського національного університету імені Тараса Шевченка Толюпи Сергія Васильовича на дисертаційну роботу Кайдана Миколи Володимировича на тему «Методи та моделі побудови енергоефективних фотонних транспортних мереж», подану на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук спеціальністю 05.12.02 – телекомунікаційні системи та мережі

1. Актуальність теми дисертаційної роботи

Стрімке зростання трафіку у сучасних транспортних мережах, зумовлене постійним ростом кількості користувачів та вимог, які постійно підвищуються. Для ефективного використання транспортних мереж вводяться нові або вдосконалюються існуючі технології, пристрої, архітектура та методи оцінки якості надання послуг.

В свою чергу для подальшого забезпечення існуючих вимог, необхідно, щоб передача даних здійснювалась з високою швидкістю передаванням та мінімальними витратами енергоспоживання. Побудова оптичної транспортної мережі із зазначеними вимогами має взаємне протиріччя і тому є складною проблемою.

Сучасний розвиток технологій характеризується інтенсивним розвитком фотонних транспортних мереж, що дозволяє значно підвищити об'єм і швидкість передавання інформації та зменшити енергоспоживання пристроїв мережі. Водночас із покращенням часової затримки при комутації, порівняно із існуючою оптичною транспортною мережею, де використовується оптоелектронне перетворення сигналу на транзитних вузлах у фотонній транспортній мережі, виникають проблеми із зростанням втрат.

Таким чином, дисертаційна робота Кайдана Миколи Володимировича є актуальною, оскільки спрямована на вирішення важливої науково-прикладної проблеми в галузі телекомунікації, а саме підвищення ефективності фотонних транспортних мереж із забезпеченням мінімізації енергоспоживання, часових параметрів та ймовірності втрат даних.

2. Загальна характеристика роботи

В цілому дисертаційна робота є завершеним науковим дослідженням, яка включає анотацію, вступ, 6 розділів, висновки, список літератури, що налічує 330 найменувань.

В анотації представлено скорочений зміст дисертаційної роботи по кожному розділу.

У вступі обгрутовано актуальність теми дисертації, на основі чого сформульовано наукову проблему, мету й напрямки досліджень. Охарактеризовано наукову новизну отриманих результатів, їх практичну цінність, показано взаємозв'язок розв'язуваних завдань з науковими програмами. Надано відомості про публікації та апробації.

У *першому розділі* проаналізовано методи побудови та тенденції розвитку фотонних транспортних мереж. Приведено основні поняття, класифікація, підходи енергоефективності оптичної транспортної мережі, представлені математичні підходи для аналізу оптичної транспортної мережі. Розглянуто елементи та пристрої, що використовуються в фотонній транспортній мережі. Проаналізовано технологічні принципи підвищення енергоефективності оптичних транспортних мереж. Сформульовані невирішені проблеми у фотонних транспортних мережах.

У *другому розділі* наведено основні математичні моделі дослідження фотонних транспортних мережах. Описано моделі випадкових графів. Розглянуто різні підходи досліджень тензорного аналізу в тому числі запропонована теорія диференціальної геометрії. Приведено дослідження з використанням методом діакоптики, зокрема впроваджений розв'язок транспортної задачі на основі лінійного програмування. Представлено оцінку середньої кількості пакетів у черзі та розглянуто нижню границю пропускну здатності даних вузлів на основі теорії масового обслуговування. Представлено модель дослідження просторової анізотропії параметрів кристалофізики.

Третій розділ присвячений дослідженню оптичної транспортної мережі з використанням тензорного аналізу. Розглянута практична реалізація криволінійної системи координат в телекомунікаційній мережі. Розвинута тензорна модель багатошляхової маршрутизації для випадку використання двостороннього зв'язку. Наведено приклади дослідження фотонної транспортної мережі методом діакоптики. Проведено дослідження 3D-аналізу просторової анізотропії кристалофізичних параметрів, а саме коефіцієнта електромеханічного зв'язку та коефіцієнта акустооптичної якості.

Четвертий розділ присвячений дослідженню енергоефективності оптичної транспортної мережі. Представлено удосконалену математичну модель визначення параметру енергоефективності для оптичної транспортної мережі шляхом врахування параметрів витрат електроенергії на відкриття наскрізних каналів та потужності, яка витрачається мережним обладнанням на холостому ходу. Визначено параметр енергоефективності для маршрутизатора, електрооптичного модулятора та акустооптичного комутатора, в тому числі при зміні швидкості передачі даних. Проведено дослідження енергоефективності транспортних оптичних мереж на основі технологій GMPLS.

У *п'ятому розділі* проведено дослідження топологічних властивостей фотонних транспортних мереж з використанням теорії випадкових графів. Для моделей Уотса-Строгатса, Ердос-Ренеі, Барабаші-Альберта та

узагальнених випадкових визначено залежність середньої довжини шляху та коефіцієнта кластеризації від кількості вузлів та ймовірності їх з'єднання. Проведено аналіз завантаженості фотонних транспортних мереж за допомогою досліджень відносної працездатності кількості вузлів та гілок на основі моделей випадкового графу. Запропоновано використання теорії перколяції для аналізу фотонної транспортної мережі.

У *шостому розділі* представлено результати моделювання та практичні рекомендації OBS у фотонних транспортних мережах. Подано модель оптичного комутатора на основі акустооптичних комірок. Доведена необхідність у використанні буферизації при побудові фотонних транспортних мереж за технологією OBS для протоколу сигналізації JET. Приведено результати дослідження енергоефективності OBS для протоколу сигналізації TAW та JET.

Основні результати та висновки є обґрунтованими на основі системності проведених досліджень.

Загальний обсяг роботи становить 387 сторінок, в тому числі: 30 таблиць, 135 рисунків, 330 найменувань списку використаних джерел на 38 сторінках.

3. Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків, рекомендацій, наданих у дисертації, їхня достовірність

Обґрунтованість і достовірність наукових результатів та висновків отриманих у процесі виконання досліджень підтверджена:

- використанням сучасних методів математичного та комп'ютерного моделювання;
- детальним та всебічним аналізом отриманих результатів;
- достовірністю отриманих результатів, що засвідчено актами впровадження;
- матеріали дисертації доповідались і обговорювались на міжнародних й всеукраїнських науково-технічних конференціях, а також на наукових семінарах.

4. Наукова новизна результатів, отриманих в дисертаційній роботі.

Основні наукові результати роботи:

1. Запропоновано використання тензорної моделі диференціальної геометрії для дослідження параметрів телекомунікаційної мережі, що дає змогу проводити аналіз ефективності використання алгоритмів управління інформаційними потоками та визначати оптимальний розподіл трафіку.

2. Подальшого розвитку набула тензорна модель для багатошляхової маршрутизації у фотонній транспортній мережі на основі введення критерію напряму передавання інформаційного потоку у мережній структурі, для випадку використання двостороннього зв'язку між транзитними вузлами.

3. Вперше запропоновано використовувати метод діакоптики шляхом розв'язання транспортної задачі засобами лінійного програмування для телекомунікаційних мереж з багатошляховою маршрутизацією.

4. Удосконалено математичну модель визначення параметра енергоефективності для оптичної транспортної мережі, яка дозволяє визначити ефективність використання ресурсів мережного обладнання.

5. Вперше досліджено просторовий розподіл коефіцієнта електромеханічного зв'язку, що дозволяє енергоефективніше використовуваних акустооптичні пристрої в оптичній транспортній мережі.

6. Розвинуто модель фотонної транспортної мережі за допомогою методів випадкового графа, що дозволяє одержати оцінки середньої довжини шляху та коефіцієнта кластеризації від кількості вузлів, ймовірності зміни шляху й працездатності мережі.

7. Розроблено модель контролю та керування навантаженням в фотонній транспортній мережі на основі теорії позиційної перколяції, що дало змогу виконати дослідження телекомунікаційних параметрів в різних умовах завантаженості мережі, побудованої за технологією OBS для різних протоколів сигналізації.

5. Повнота викладу наукових положень, висновків, рекомендацій в опублікованих працях.

Основні результати, які отримані в дисертаційній роботі, опубліковано у 76 працях, з них в 2 монографіях, 34 статтях, в 40 тезах доповідей і матеріалах міжнародних та всеукраїнських конференцій. Матеріали дисертаційної роботи у повній мірі висвітлені в опублікованих працях.

6. Відповідність дисертації встановленим вимогам

Дисертація та автореферат оформлені відповідно до існуючих вимог. Викладені у авторефераті мета роботи, об'єкт, предмет дослідження, наукова проблема, пункти наукової новизни та висновки взаємопов'язані між собою та відповідають темі дисертації. Тема та зміст дисертації відповідають паспорту спеціальності 05.12.02 – телекомунікаційні системи та мережі.

7. Практичне та наукове значення одержаних результатів

Практична цінність роботи полягає в тому, що отримані результати дозволяють підвищити ефективність побудови фотонної транспортної мережі.

Варто підкреслити на основі проведених досліджень приведені рекомендації ефективного використання технології OBS для протоколів сигналізації TAW та JET, а також запропоновано використовувати оптичний буфер у фотонній транспортній мережі та у випадку його переповнення здійснювати буферизацію на транзитному вузлі за допомогою оптоелектронного перетворення.

Значний доробок дисертаційної роботи присвячений енергоефективному використанню оптичної транспортної мережі. Детальна увага приділена пристроям, що використовуються й запропоновано більш ефективно їх використання, зокрема електрооптичних модуляторів та акустооптичних комутаторів. Проаналізовано також сучасні мережні технології й проведено рекомендації, що до ефективного використання GMPLS мережі.

Проведені дослідження в рамках теорії випадкових графів дозволяють здійснювати рекомендації, що до топологічних структур при побудові фотонної транспортної мережі.

До дисертації подано акти використання результатів роботи у ТзОВ «Телекомунікаційна компанія», ТзОВ ВТФ «Контех» та при викладанні курсів в Інституті телекомунікацій, радіоелектроніки та електронної техніки Національного університету «Львівська політехніка».

8. Автореферат дисертації оформлений згідно з існуючими вимогами і його зміст адекватно відображає положення дисертаційної роботи

9. Зауваження до дисертаційної роботи:

1. В дисертації розглядається рішення транспортної задачі засобами лінійного програмування алгоритмом Данцига, про що сказано лише в самій дисертації, а в авторефераті не згадується.

2. Мало уваги було приділено дослідженню гібридного протоколу сигналізації INI.

3. Приведено приклад методу діакоптики для розв'язку транспортної задачі засобами лінійного програмування для телекомунікаційних мереж з багатошляховою маршрутизацією для MPLS, враховуючи, що дисертаційна робота присвячена побудові фотонної транспортної мережі, то доцільно було представити такий приклад і для технології OBS.

4. В роботі використовуються однакові поняття в різній інтерпретації: «наскрізний канал», «без оптоелектронного перетворення вузол», «повністю оптична мережа», «прозора мережа», було б правильно вибрати один термін для фотонної мережі.

5. При постановці четвертого завдання в роботі слід було більше приділити увагу розвитку методу діакоптики, а саме: дослідження PTN при кільцевій топології з перерозподілом навантаження.

6. П'ятий результат наукової новизна був зроблений вперше, водночас дисертант зазначає, як «набула подальшого розвитку».

7. В роботі не подано результати дослідження яким чином отримується розмір блоків у OBS, зокрема не розглянуто при яких умовах буде максимальна завантаженість блоків в OBS (200 пакетів), ефективна (150 пакетів) та нормальна (100 пакетів) завантаженість.

Приведені зауваження не є визначними та не знижують загальний рівень проведених досліджень.

Висновки

1. Дисертаційна робота Кайдана Миколи Володимировича є завершеною науковою працею, що містить нові науково обгрунтовані результати, важливі для ефективного використання оптичних транспортних мереж.

2. Сукупність наукових положень, сформульованих та обгрунтованих у дисертаційній роботі, має практичну цінність і становить вирішення наукової проблеми підвищення ефективності фотонної транспортної мережі із забезпеченням мінімізації енергоспоживання, часових параметрів та ймовірності втрат даних.

3. Дисертаційна робота за змістом відповідає вимогам Паспорту спеціальності 05.12.02 – телекомунікаційні системи та мережі.

4. Матеріали дисертації достатньо апробовані, доповідались на міжнародних і всеукраїнських конференціях, наукових семінарах, висвітлені в 76 наукових публікаціях з них 2 монографії, 34 статей у фахових виданнях, з них в журналах, що входять до міжнародних наукометричних баз – 17, у збірниках матеріалів і тез доповідей міжнародних та всеукраїнських конференцій 40.

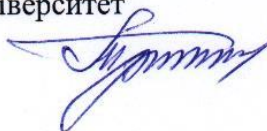
5. Структура дисертації є обґрунтованою.

6. Наведені зауваження не змінюють загальну позитивну оцінку наукової значимості й практичної цінності дисертаційної роботи.

7. За науковим рівнем, практичною цінністю, апробацією та публікаціями дисертаційна робота відповідає вимогам пп. 9,10,12,13 "Порядку присудження наукових ступенів", затвердженого постановою КМУ №567 від 24.07.2013 р. (зі змінами, внесеними згідно з Постановами КМУ №656 від 19.08.2015 р., №1159 від 30.12.2015 р. та №567 від 27.07.2016 р.), а її автор – Кайдан Микола Володимирович – заслуговує присудження наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 05.12.02 – телекомунікаційні системи та мережі.

Офіційний опонент

доктор технічних наук, професор,
професор кафедри кібербезпеки та захисту інформації
Київський національний університет
імені Тараса Шевченка



С.В. Толопа

Підпис засвідчую
Вчений секретар НДЧ
КАРАУЛЬНА Н.В.
14.09.2017р.

