

РЕЦЕНЗІЯ

на дисертаційну роботу ЕЛЬ ХАЖ СЛЕЙМАН БАТУЛ ГАДІ на тему «Оптимізаційні моделі відмовостійкої та безпечної маршрутизації в телекомунікаційній мережі шляхами, що не перетинаються», подану до захисту на здобуття наукового ступеня доктора філософії з галузі знань 17 Електроніка та телекомунікації та спеціальності 172 Телекомунікації та радіотехніка

Актуальність проблематики дослідження. Давно відомо та доведено, що ефективність технологічних рішень, які використовуються на практиці, напряму залежить від теоретичних основ, а саме математичних моделей та методів, на яких вони базуються. З підвищенням вимог щодо рівня якості обслуговування та особливо в умовах перевантаження телекомунікаційних мереж (ТКМ) загострюється проблема забезпечення ефективного використання каналного ресурсу. У ТКМ за розв'язання цієї задачі відповідають багато мережних протоколів та механізмів, але серед них важливе місце відводиться протоколам маршрутизації та балансування навантаження. Для забезпечення ефективного використання мережного ресурсу протоколи маршрутизації вже традиційно ґрунтуються на оптимізаційних моделях та методах. У процесі підвищення ефективності ТКМ за показниками якості обслуговування (QoS), відмовостійкості та мережної безпеки засобами маршрутизації особливе місце займають рішення, які засновані на використанні шляхів, які не перетинаються. Таким чином, проблематика дисертаційної роботи, яка присвячена розв'язанню наукової задачі щодо оптимізації процесів відмовостійкої та безпечної маршрутизації за шляхами, що не перетинаються, в телекомунікаційних мережах шляхом розробки, вдосконалення та дослідження відповідних математичних моделей, є актуальною для науки та практики.

Наукова новизна результатів дисертаційної роботи.

1. Вдосконалено математичні моделі QoS-маршрутизації в телекомунікаційній мережі шляхами, що не перетинаються. Наукова новизна цих моделей полягала у використанні оновлених умов балансування пропускну здатності маршрутів, білінійних умов забезпечення гарантованої сумарної пропускну здатності маршрутів та критеріїв оптимальності маршрутних рішень, що дозволило забезпечити покращення рівня якості обслуговування за показником пропускну здатності розрахованих шляхів. Використання вдосконалених моделей дозволило підвищити сумарну пропускну здатність розрахованих шляхів, що не перетинались в ТКМ, від 1,5-10% до 18,6-42%.

2. Отримали подальший розвиток математичні моделі безпечної QoS-маршрутизації за шляхами, що не перетинаються. Новизна цих моделей полягала у використанні комплексного критерію оптимальності маршрутних

рішень, який враховував і показники пропускної здатності, і параметри мережної безпеки каналів зв'язку – імовірності їхньої компрометації. Використання запропонованих моделей безпечної маршрутизації в ТКМ дозволило знизити ймовірність компрометації мультишляхів від 13 до 19% залежно від рівня мережної безпеки каналів зв'язку; знизити ймовірність компрометації конфіденційних повідомлень у середньому від 23-27% до 47-55% для різних варіантів компрометації каналів і маршрутів мережі. Застосування запропонованої моделі безпечної маршрутизації із забезпеченням гарантій щодо рівня якості обслуговування за показником пропускної здатності дозволило покращити ймовірність компрометації мультишляху в середньому від 9-11,5% до 19,5-47% для різних випадків значень імовірностей компрометації каналів зв'язку.

3. Вдосконалено модель швидкої перемаршрутизації з підтримкою схем захисту шляху $n:1$ та пропускної здатності мережі. Новизна моделі полягала у використанні оновлених умов захисту пропускної здатності мережі, що дозволило реалізувати схему захисту шляху $n:1$ без збільшення розмірності оптимізаційної задачі. В результаті досліджень встановлено, що при реалізації схеми $2:1$ для основного маршруту вдалось підвищити пропускну здатність на 49% та знизити середню міжкінцеву затримку пакетів майже на 40%. При реалізації схеми $3:1$ вдалось підвищити пропускну здатність основного маршруту на 86%, а також знизити середню міжкінцеву затримку пакетів для основного маршруту майже на 57,4%, для першого резервного – на 11,7%, а для другого резервного – на 53,6%.

Практичне значення отриманих наукових результатів. Дисертаційна робота має практичну направленість. Представлені дисертанткою математичні моделі можуть стати основою математичного та алгоритмічно-програмного забезпечення контролерів програмно-конфігурованих мереж, які відповідають за розв'язання задач відмовостійкої та безпечної маршрутизації.

Результати дисертації впроваджені у ТОВ «СМАРТ ПАВЕР» під час розробки програмного забезпечення для додаткового налаштування мережного обладнання телекомунікаційних мереж з метою підвищення якості обслуговування та мережної безпеки, а також у ТОВ «Омега Солюшинс» при розробці практичних рекомендацій щодо підвищення рівня мережного захисту та відмовостійкості в телекомунікаційних мережах. Крім того результати роботи реалізовані у навчальному процесі Харківського національного університету радіоелектроніки на кафедрі інфокомунікаційної інженерії імені В.В. Поповського у процесі викладання дисципліни «Маршрутизація в інфокомунікаціях». Впровадження результатів роботи підтверджено відповідними актами.

Оцінка змісту дисертації, її завершеність та дотримання принципів академічної доброчесності. За своїм змістом дисертаційна робота ЕЛЬ ХАЖ

СЛЕЙМАН БАТУЛ ГАДІ відповідає стандартам вищої освіти зі спеціальності 172 Телекомунікації та радіотехніка та напрямкам досліджень відповідно до освітньої програми «Телекомунікації та радіотехніка». Ґрунтуючись на результатах перевірки дисертаційної роботи на текстові співпадіння, можна зробити висновок, що дисертаційна робота ЕЛЬ ХАЖ СЛЕЙМАН БАТУЛ ГАДІ є результатом самостійних досліджень здобувачки і не містить елементів фальсифікації, компіляції, фабрикації та плагіату. Всі використані результати і тексти інших авторів мають належні посилання на відповідне джерело.

Рівень апробації та публікацій наукових результатів. Наукові результати дисертації широко представлені та опубліковані у 17 наукових працях: одній монографії, чотирьох статтях у наукових фахових виданнях України, трьох статтях та розділах колективних монографій у іноземних періодичних виданнях, які індексуються у базах WoS та/або Scopus; дев'яти матеріалах міжнародних конференцій, сім з яких проіндексовані у базах WoS та/або Scopus.

Основні недоліки по роботі:

1. У роботі пропускні здатності каналів зв'язку мережі вказані у кількості пакетів за секунду, тобто вони нормовані під певні довжини пакетів. Однак у самій роботі про тип трафіка та значення довжин пакетів напряду не згадується. Не описаний варіант маршрутизації потоків різнотипних мережних додатків, які використовують різні довжини пакетів, що може ускладнити процес нормування значень пропускних здатностей каналів зв'язку та подальші розрахунки.

2. У дисертаційній роботі не наведено обґрунтування критеріїв вибору саме наведених мережних топологій. Тим більш, що по розділам роботи ці топології змінювались. Тому дещо відкритим залишилось питання щодо впливу типу топології на ефективність запропонованих маршрутних рішень.

3. Адаптація рішень відмовостійкої маршрутизації за шляхами, які не перетинаються, під багатошляховий випадок ґрунтується на введенні умов (4.7). Однак їх виконання орієнтує на використання лише шляхів, які не мають значної асиметрії в пропускних здатностях.

4. Більшість рекомендацій у дисертації стосується варіантів використання запропонованих моделей відмовостійкої маршрутизації саме у програмно-конфігурованих мережах. Проте у роботі варіант відмови контролера мережі не розглядався.

Висновок щодо відповідності дисертації встановленим нормам.

Вважаю, що дисертаційна робота здобувачки ступеня доктора філософії ЕЛЬ ХАЖ СЛЕЙМАН БАТУЛ ГАДІ на тему «Оптимізаційні моделі відмовостійкої та безпечної маршрутизації в телекомунікаційній мережі шляхами, що не перетинаються» є закінченим науковим дослідженням, що виконане на належному науковому рівні та не порушує принципів академічної

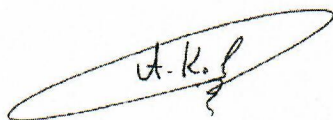
доброочесності. Сукупність отриманих наукових та практичних результатів розв'язує наукове завдання, що має істотне значення для галузі знань «Електроніка та телекомунікації». Дисертаційна робота за ступенем актуальності, практичною значимістю та рівнем науковою новизни повністю відповідає вимогам законодавства України, що передбачені «Порядком присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії», затвердженого Постановою Кабінету Міністрів України від 12 січня 2022 р. № 44.

У дисертаційній роботі поставлене наукове завдання виконано повністю. Здобувачка ЕЛЬ ХАЖ СЛЕЙМАН БАТУЛ ГАДІ заслуговує на присудження ступеня доктора філософії в галузі знань 17 Електроніка та телекомунікації за спеціальністю 172 Телекомунікації та радіотехніка.

Рецензент

завідувач кафедри електронних обчислювальних машин
Харківського національного університету радіоелектроніки,
доктор технічних наук, професор

Андрій КОВАЛЕНКО



Підпис засвідчую
Проректор з наукової роботи



Юрій РОМАНЕНКОВ