

## **ВІДГУК офіційного опонента**

на дисертаційну роботу Пиріг Юлії Володимирівни «Моделі та алгоритми маршрутизації інформаційних потоків в самоорганізованих мережах», подану до захисту на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.12.02 – телекомунікаційні системи та мережі

### **Актуальність теми дисертаційного дослідження**

В даний час спостерігається тенденція збільшення кількості мобільних телекомунікаційних пристроїв, таких як ноутбуки, планшети, смартфони тощо. В такій ситуації на перший план виходять безпроводні технології для побудови мереж на принципах самоорганізації.

Самоорганізовані мережі не потребують додаткової інфраструктури. Застосування таких мереж має ряд переваг над безпроводними мережами традиційної архітектури за рахунок можливості передачі даних на великі відстані без збільшення потужності передавача. До основних принципів управління вузлом в самоорганізованій мережі можна віднести: адаптивність, функціональність, розподіленість, координацію взаємодії, ієрархічність і автоматизацію у виробленні рішень. Крім цього така мережа є стійкою до змін в топології мережі та володіє простотою і високою швидкістю розгортання.

Передавання даних – пріоритетне завдання інфокомунікаційних систем, а тому, враховуючи зростання кількості переданої інформації та збільшення вимог користувачів до якості обслуговування, особливої уваги потребує питання ефективності маршрутизації у самоорганізованих мережах.

Таким чином, тематика дисертаційної роботи Пиріг Юлії Володимирівни, яка присвячена удосконаленню моделей та алгоритмів маршрутизації інформаційних потоків в умовах різкого зростання динаміки потоків та нестабільності рівня шумів у радіоканалах, є актуальною.

### **Загальна характеристика роботи**

Дисертаційна робота Пиріг Юлії Володимирівни стосується наукового завдання удосконалення методів маршрутизації інформаційних потоків у самоорганізованих безпроводних мережах шляхом покращення часових параметрів маршрутизації та передавання інформації в умовах різкого зростання динаміки потоків та нестабільності рівня шумів у радіоканалах.



Робота складається із вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаних джерел та двох додатків. Загальний обсяг роботи становить 158 сторінок друкарського тексту, із яких 113 сторінок основного тексту, список використаних джерел зі 121 найменування, 2 додатки на 6 сторінках. Додатки містять акти впровадження результатів дисертаційної роботи та список наукових праць авторки.

У вступі подано загальну характеристику дисертаційної роботи, обґрунтовано всі основні положення та представлено зв'язок роботи з науковими програмами, темами.

Перший розділ містить аналіз методів та особливостей маршрутизації у безпроводних самоорганізованих мережах. Описано переваги та недоліки методів маршрутизації та їх вплив на якість передавання потоків.

Другий розділ присвячено методам покращення якості надання послуг в безпроводних самоорганізованих мережах. Удосконалено наступні методи: метод локалізації вузлів мережі з використанням діаграм потужності Вороного з правильними взаємозв'язками суміжності та метод кластеризації сенсорних вузлів із урахуванням моделі поширення сигналу в радіоканалі. Крім цього, для визначення стану телекомунікаційної мережі та відображення її топологічної структури після запропоновано модель із використанням тензорного представлення на основі криволінійної системи координат.

У третьому розділі здійснено моделювання та дослідження розподілу інформаційних потоків у мережах із самоорганізацією. Представлені результати свідчать про ефективність використання представлених у дисертаційній роботі алгоритму кластеризації та методу локалізації мережних вузлів, які дають змогу зменшити тривалість передавання повідомлень між двома довільними вузлами самоорганізованої безпроводної мережі.

Четвертий розділ присвячено підвищенню ефективності маршрутизації інформаційних потоків у самоорганізованих мережах шляхом модифікації генетичного, мурашкового алгоритмів та методу імітації відпалу. Представлено комплексний метод маршрутизації інформаційних потоків у безпроводних самоорганізованих мережах, основою якого є модифіковані алгоритми: мурашковий та імітації відпалу.

**Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків, рекомендацій, наданих в дисертаційній роботі, їхня достовірність**



Обґрунтованість і достовірність наукових положень, висновків, рекомендацій, сформульованих в дисертаційній роботі Пиріг Юлії Володимирівни, підтверджуються коректним використанням теоретичних та експериментальних методів дослідження, а також актами впровадження результатів дисертаційних досліджень.

### **Наукова новизна результатів, отриманих в дисертаційній роботі**

У роботі представлено чотири пункти наукової новизни, а саме:

– Вперше запропоновано комплексний метод маршрутизації на основі знаходження глобального екстремуму функції впорядкованого випадкового пошуку з додаванням/видаленням вузла, що, на відміну від існуючих, дає змогу утворювати множину маршрутів та здійснювати її послідовне упорядкування за критерієм максимізації рівня QoS з урахуванням неоднорідностей у мережі.

– Удосконалено метод локалізації вузлів сенсорної мережі, який, на відміну від існуючих, базується на алгоритмічному підході Терстона з використанням діаграми потужності Вороного з правильними взаємозв'язками суміжності, що дало змогу підвищити точність визначення віртуальних координат при застосуванні канонічного одиничного диску Пуанкаре, покращуючи якість розв'язання завдань маршрутизації в евклідовому просторі.

– Удосконалено метод кластеризації сенсорних вузлів для зменшення тривалості пошуку маршруту між довільною їх парою, який, на відміну від існуючих, передбачає визначення центроїда кластера із урахуванням моделі поширення сигналу в радіоканалі.

– Набула подальшого розвитку модель зони перекриття кластерів у самоорганізованих мережах, яка, на відміну від існуючих, дає змогу застосувати схему перепризначення логічних адрес мережним вузлам, які функціонують у цих кластерах, і забезпечувати необхідний рівень якості обслуговування у разі програмних чи апаратних збоїв.

### **Повнота викладу наукових положень, висновків, рекомендацій в опублікованих працях**

За результатами досліджень, представлених у дисертаційній роботі, опубліковано 15 наукових праць, серед них 1 стаття у іноземному періодичному виданні, 5 статей у наукових фахових виданнях України, що



входять до міжнародних наукометричних баз, та 9 – у збірниках матеріалів і тез доповідей міжнародних та всеукраїнських конференцій. Отримані здобувачем результати дисертаційної роботи достатньо висвітлені в опублікованих працях та апробовані на конференціях.

### **Відповідність дисертаційної роботи встановленим вимогам**

Дисертаційна робота написана якісно та логічно. Автореферат дисертації повністю розкриває зміст дисертаційної роботи, яка написана на достатньо високому рівні та відповідає усім вимогам до кандидатських дисертаційних робіт. Стиль викладу матеріалів досліджень, наукових положень та висновків забезпечує доступність їх сприйняття.

### **Важливість для науки і народного господарства одержаних результатів та шляхи їх впровадження**

У дисертаційній роботі представлено:

- удосконалений метод локалізації вузлів мережі, використання якого дозволяє забезпечити ефективність жадібної енергетичної маршрутизації на рівні 1,25 коефіцієнта еластичності за рахунок підвищення точності визначення віртуальних координат;

- метод кластеризації сенсорних вузлів, який дає змогу зменшити тривалість пошуку маршруту до 1,6 разів шляхом урахування в метриці шляху значення Евклідової відстані та рівня сигнал/шум у радіоканалі (розрахованого на основі моделі поширення радіосигналу), при цьому в тих самих умовах, завдяки впровадженню методу локалізації вузлів та розробленого алгоритму кластеризації, вдалося досягти зменшення тривалості пошуку маршруту між довільною парою вузлів до 4,5 разів та зменшення значення коефіцієнту бітових помилок всередині кластеру на 7% завдяки більш ефективному використанню пропускну здатності радіоканалу;

- використання локального відновлення маршруту за рахунок зміни схеми перепризначення логічних адрес у разі програмно-апаратних збоїв, що дало змогу знизити затримку передавання даних на 5 % у порівнянні з традиційними протоколами маршрутизації.

- спосіб оптимізації найкоротших шляхів в безпроводній самоорганізованій мережі, впровадження якого забезпечило зменшення затримки передавання даних від вузла-джерела до вузла-отримувача до 2 разів.



Отримані в межах дисертаційного дослідження результати дають змогу теоретично обґрунтувати тип приймально-передавальних пристроїв і вимоги до протоколів маршрутизації на етапі проектування мережі, а при її експлуатації – виконувати їх математично-програмне удосконалення для покращення часових параметрів обслуговування інформаційних потоків.

Результати роботи використано компаніями в галузі телекомунікацій, що підтверджено актами впровадження дисертаційних досліджень.

### **Зауваження до дисертаційної роботи**

1. п. 3.2 перенасичений графічною інформацією, доцільно було для кращого сприйняття отримані результати моделювання представити у таблицях.

2. Не вказано чи використовувалася модель визначення станів телекомунікаційної мережі з тензорним представленням її топологічної структури при дослідженнях в пункті 4.5.

3. Частина експериментальних результатів отримана на розробленому програмному симуляторі, при цьому не зовсім чітко описані умови експерименту.

4. Не вказано для якої конкретної технології застосовуються запропоновані рішення у дисертаційній роботі.

5. У роботі присутні незначні синтаксичні та орфографічні помилки.

### **Загальні висновки**

1. На підставі розгляду дисертації, автореферату, праць здобувача, актів впровадження, аналізу ступеня новизни наукових положень та практичної значимості отриманих у роботі результатів, висновків та рекомендацій, впливає наступний висновок: дисертаційна робота Пиріг Юлії Володимирівни «Моделі та алгоритми маршрутизації інформаційних потоків в самоорганізованих мережах» є завершеною науковою працею, в якій отримано нові наукові результати, що в сукупності забезпечили розв'язання актуального наукового завдання в галузі телекомунікацій.

2. Дисертаційна робота за змістом відповідає паспорту спеціальності 05.12.02 – телекомунікаційні системи та мережі.

3. Матеріали дисертації достатньо апробовані та висвітлені у наукових публікаціях.

4. Автореферат об'єктивно та з необхідною повнотою відображає зміст і основні положення дисертації.

5. Наведені зауваження не впливають на загальну позитивну оцінку дисертаційної роботи.

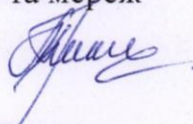
6. Дисертаційна робота «Моделі та алгоритми маршрутизації інформаційних потоків в самоорганізованих мережах» відповідає вимогам пп. 9, 11,12 «Порядку присудження наукових ступенів», а її автор – Пиріг Юлія Володимирівна заслуговує присудження наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05. 12. 02 – телекомунікаційні системи та мережі.

Офіційний опонент

кандидат технічних наук, доцент,

доцент кафедри телекомунікаційних систем та мереж

Державного університету телекомунікацій



Г. О. Гринкевич

Підпис Г.О. Гринкевич завіряю

Учений секретар

Державного університету телекомунікацій



О.В. Попов