

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ТЕРНОПІЛЬСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ІМЕНІ ІВАНА ПУЛЮЯ  
ФАКУЛЬТЕТ КОМП'ЮТЕРНО-ІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ  
І ПРОГРАМНОЇ ІНЖЕНЕРІЇ

**Зима Олег Васильович**

УДК 621.391.1

**МЕТОДИ ТА ЗАСОБИ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ БЕЗПРОВІДНИХ  
ТЕЛЕМЕТРИЧНИХ МЕРЕЖ**

123 «Комп'ютерна інженерія»

**Автореферат**

дипломної роботи на здобуття освітнього ступеня «магістр»

Тернопіль  
2019

Роботу виконано на кафедрі комп'ютерних систем та мереж Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя Міністерства освіти і науки України

**Керівник роботи:** кандидат технічних наук, доцент кафедри комп'ютерних систем та мереж

**Тиш Євгенія Володимирівна**

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя.

**Рецензент:** кандидат технічних наук, доцент кафедри біотехнічних систем

**Шадріна Галина Михайлівна,**

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя.

Захист відбудеться 27 грудня 2019 р. о 12<sup>00</sup> годині на засіданні екзаменаційної комісії №37 у Тернопільському національному технічному університеті імені Івана Пулюя за адресою: 46001, м. Тернопіль, вул. Руська, 56, навчальний корпус №1, ауд. 1-603

## ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

**Актуальність теми роботи.** Вимірювання різних параметрів оточуючого середовища, технічних та технологічних параметрів здавна використовуються в побуті та виробництві. Зазвичай ці вимірювання проводяться на віддалі за допомогою телеметричних систем із використанням провідного, оптичного або радіоканалу зв'язку. В сучасних системах розумного будинку або Інтернету речей для вимірювань та керування все частіше використовується радіоканал зв'язку, який забезпечує простоту та гнучкість побудови безпроводних мереж. Однак безпроводні мережі для таких задач мають низьку швидкість передачі даних, яка становить 200-300 кбіт/с по радіоканалу. Тобто, якщо відняти службові біти з кожного пакету, то в кращому випадку отримаємо 100 кбіт/с. Така швидкість передачі даних достатня для невеликих та нерозгалужених безпроводних телеметричних мереж з невеликою кількістю вимірюваних параметрів. Для складніших безпроводних телеметричних мереж необхідно розробити методи та засоби підвищення їх ефективності, особливо ефективності передачі даних.

Серед методів підвищення ефективності передачі даних використовують методи, що дозволяють збільшити співвідношення інформаційних до службових бітів.

Іншими не менш важливими параметрами ефективності безпроводних телеметричних мереж є надійність передачі даних, енергоефективність, ефективність використання каналу зв'язку та ін.

Оцінка ефективності застосування кожного з методів підвищення пропускної здатності та інших параметрів безпроводних телеметричних мереж потребує подальших досліджень та порівнянь за критеріями ефективності передачі даних.

**Мета і задачі дослідження.** Метою дослідження є розроблення методів та засобів підвищення ефективності безпроводних телеметричних мереж.

Для досягнення поставленої мети необхідно розв'язати такі задачі:

- аналіз відомих методів та засобів підвищення ефективності безпроводних телеметричних мереж для вибору напрямку дослідження;
- обґрунтування і вибір методів та засобів підвищення ефективності безпроводних телеметричних мереж;
- обґрунтування і вибір критеріїв ефективності безпроводних телеметричних мереж;
- налаштування та тестування телеметричних безпроводних мереж засобами Matlab та оцінка їх ефективності.

*Об'єкт дослідження* — процес передавання даних в безпроводних телеметричних мережах.

*Предмет дослідження* — методи та засоби підвищення ефективності безпроводних телеметричних мереж.

**Методи дослідження** базуються на положеннях:

- теорії інформації та статистична радіотехніка для побудови методів та засобів підвищення ефективності безпроводних телеметричних мереж.

## **Наукова новизна одержаних результатів.**

1. Вперше отримано оцінку ефективності безпроводних телеметричних мереж, які отримано за результатами застосування при передачі даних OFDM модуляції та методу симетричного шифрування AES-128, що уможливило вибір методів та засобів для побудови ефективних безпроводних телеметричних мереж.

2. Набуло подальшого розвитку використання методів оцінювання ефективності цифрових систем зв'язку, шляхом їх адаптації до задачі побудови методів та засобів підвищення ефективності безпроводних телеметричних мереж, що уможливило вибір методів та побудову ефективних безпроводних телеметричних мереж.

**Практичне значення** одержаних результатів полягає в наступному: отримані результати моделювання уможливили вибір методів та побудову ефективних безпроводних телеметричних мереж.

**Апробація.** Окремі результати роботи доповідалися на VIII Міжнародній науково-технічній конференції молодих учених та студентів «Актуальні задачі сучасних технологій» Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя, Тернопіль (2019р.). Та на VII науково-технічній конференції «Інформаційні моделі, системи та технології» Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя, Тернопіль (2019р.).

**Структура роботи.** Дипломна робота складається із вступу, шести розділів, висновку, викладених 101 сторінках, списку використаних джерел з 25 назв на 3 сторінках, додатків на 17 сторінках, загальний обсяг роботи становить 118 сторінок.

## **ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ**

**У вступі** обґрунтовано актуальність теми роботи, сформульовано мету і задачі дослідження, визначено об'єкт, предмет і методи дослідження, показано наукову новизну та практичне значення отриманих результатів, розкрито питання апробації результатів дипломної роботи на науково-технічній конференції.

**У першому розділі** «Аналіз методів та засобів підвищення ефективності безпроводних телеметричних мереж» проведено огляд методів та засобів побудови бездротових телеметричних мереж. Проаналізовано технології безпроводних телеметричних мереж.

Розробка моделей і алгоритмів збору інформації для безпроводної телеметричної мережі дозволить скоротити час збору даних з її давачів, а також її енергоспоживання. Завдяки чому підвищиться енергоефективність безпроводної телеметричної мережі та оптимізується трафік.

Процес створення безпроводної телеметричної мережі потребує у загальному випадку застосування методів обробки та передачі даних, що забезпечують високу надійність передачі, що призводить до зниження продуктивності мережі або зростання обчислювальної складності і, відповідно, підвищення енергозатрат.

Передача даних у безпроводній телеметричній мережі потребує багато енергії, якщо ж застосувати локальну обробку даних у вузлах мережі, це дасть

змогу зменшити енергозатрати на передачу даних за рахунок використання ефективних методів обробки та протоколів передачі даних.

**У другому розділі** «Вибір критеріїв ефективності безпроводних телеметричних мереж» обґрунтовано вибір критеріїв ефективності та надійності телеметричних мереж. Розглянуто методи підвищення ефективності передачі даних в безпроводних телеметричних мережах та можливості їх комбінацій.

Між критеріями продуктивності та надійності телеметричної мережі існує тісний зв'язок. Ненадійна робота телеметричної мережі призводить до зниження її продуктивності. Це пов'язано тим, що збої в системі зв'язку призводять до втрати або спотворення пакетів, після чого комунікаційний протокол виконує повторну передачу втрачених даних.

Стандарт ZigBee широко використовується для побудови безпроводних телеметричних мереж, які мають можливості оптимального налаштування для ефективної роботи. Також стандарт ZigBee має можливість автоматичного відновлення роботи при збої та автоматичний вибір частотного каналу з меншими завадами.

**У третьому розділі** «Налаштування та тестування телеметричних безпроводних мереж» проведено налаштування безпроводної телеметричної мережі на базі модулів XBee. Засобами пакету Matlab проведено моделювання цифрової системи зв'язку із застосуванням методу симетричного шифрування AES-128 та OFDM модуляції.

Проведено моделювання методів симетричного шифрування та цифрових систем зв'язку з використанням програмних засобів Communication Toolbox та Signal Processing Toolbox в MATLAB. Ці методи підвищують захищеність безпроводних телеметричних мереж однак збільшують надлишковість передаваних даних.

Змодельовано застосування одного з методів підвищення ефективності безпроводних телеметричних систем — застосування OFDM. Цей метод збільшує загальну пропускну здатність системи зв'язку при збереженні надійності передачі даних і витрати енергії на один переданий біт.

**У четвертому розділі** «Обґрунтування економічної ефективності» на підставі виконаних розрахунків встановлено, що планова калькуляція вартості проведення досліджень по темі НДР становить 41803,06 грн.

**У п'ятому розділі** «Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях» висвітлено питання охорони праці при монтажі засобів комп'ютерної системи безпроводного зв'язку. У підрозділі безпека життєдіяльності розглянуто методи захисту від дії ЕМІ, що базуються на врахуванні його можливого негативного впливу. А також шкідливі та небезпечні фактори на виробництві та захист від них працюючих.

**У шостому розділі** «Екологія» розглянуто індексний метод в екології. Також розглянуто програмне забезпечення еколого - статистичних досліджень.

**У додатках** до дипломної роботи наведено тексти програм для комп'ютерного моделювання каналу зв'язку з OFDM та 16-QAM та методу шифрування AES-128. Також додано опубліковані тези конференцій.

## ВИСНОВКИ

В дипломній роботі магістра розроблено методи та засоби підвищення ефективності безпроводних телеметричних мереж.

1.3 аналізу існуючих методів та засобів підвищення ефективності безпроводних телеметричних мереж можна зробити висновок, що розробка моделей і алгоритмів збору інформації для безпроводної телеметричної мережі дозволить скоротити час збору даних з її давачів, а також її енергоспоживання. Завдяки чому підвищиться енергоефективність безпроводної телеметричної мережі та оптимізується трафік.

2. Між критеріями продуктивності та надійності телеметричної мережі існує тісний зв'язок. Ненадійна робота телеметричної мережі призводить до зниження її продуктивності. Це пов'язано тим, що збої в системі зв'язку призводять до втрати або спотворення пакетів, після чого комунікаційний протокол виконує повторну передачу втрачених даних.

3. Одним з методів підвищення ефективності безпроводних телеметричних систем є застосування OFDM. Цей метод збільшує загальну пропускну здатність системи зв'язку при збереженні надійності передачі даних і витрати енергії на один переданий біт.

4. Проведено моделювання методів симетричного шифрування та цифрових систем зв'язку з використанням програмних засобів Communication Toolbox та Signal Processing Toolbox в MATLAB. Ці методи підвищують захищеність безпроводних телеметричних мереж однак збільшують надлишковість передаваних даних.

5. Змодельовано застосування одного з методів підвищення ефективності безпроводних телеметричних систем — застосування OFDM. Цей метод збільшує загальну пропускну здатність системи зв'язку при збереженні надійності передачі даних і витрати енергії на один переданий біт.

6. Результати моделювання цифрової безпроводної системи зв'язку із застосуванням методу симетричного шифрування AES-128 показують, що бітова помилка для системи зв'язку з OFDM QAM-16 модуляцією не залежить від застосування методів шифрування, але залежить від відношення сигнал/шум. Тобто ефективнішим буде застосування більш завадостійкого методу модуляції ніж використання методів шифрування, хоча для побудови сучасних безпроводних телеметричних мереж необхідно використовувати обидва методи, оскільки вони виконують різні функції.

## СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ АВТОРОМ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ РОБОТИ

1. Тиш Є.В. Методи та засоби підвищення ефективності безпроводних телеметричних мереж / Є.В. Тиш, О.В. Зима // VIII Міжнародній науково-технічній конференції молодих учених та студентів «Актуальні задачі сучасних технологій». – Т.: ТНТУ, 2019 – С. 101.

2. Тиш Є.В. Вибір критеріїв ефективності безпроводних телеметричних мереж / Є.В. Тиш, О.В. Зима // VII науково-технічній конференції «Інформаційні моделі, системи та технології». – Т.: ТНТУ, 2019 – С. 139.

## АНОТАЦІЯ

Зима Олег Васильович. Методи та засоби підвищення ефективності безпроводних телеметричних мереж. – Рукопис.

Дипломна робота магістра за спеціальністю 123 — “Комп’ютерна інженерія”, Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, факультет комп’ютерно-інформаційних систем і програмної інженерії, кафедра комп’ютерних систем та мереж, група СІм-62, Тернопіль, 2019.

Дипломну роботу магістра присвячено розробленню методів та засобів підвищення ефективності безпроводних телеметричних мереж.

Проведено огляд методів та засобів побудови бездротових телеметричних мереж. Проаналізовано технології безпроводних телеметричних мереж.

Обґрунтовано вибір критеріїв ефективності та надійності телеметричних мереж. Розглянуто методи підвищення ефективності передачі даних в безпроводних телеметричних мережах та можливості їх комбінацій.

Між критеріями продуктивності та надійності телеметричної мережі існує тісний зв'язок. Ненадійна робота телеметричної мережі призводить до зниження її продуктивності. Це пов'язано тим, що збої в системі зв'язку призводять до втрати або спотворення пакетів, після чого комунікаційний протокол виконує повторну передачу втрачених даних.

Проведено налаштування безпроводної телеметричної мережі на базі модулів XBee. Засобами пакету Matlab проведено моделювання цифрової системи зв'язку із застосуванням методу симетричного шифрування AES-128 та OFDM модуляції

Ключові слова: критерії ефективності, безпроводна телеметрична мережа.

## ANNOTATION

Zyma Oleh Vasyl'ovych. Methods and tools of wireless telemetric networks efficiency increase. - Manuscript.

Master's Work, specializing 123 - Computer Engineering, Ivan Pul'uj Ternopil State Technical University, Faculty of Computer Information Systems and Program Engineering, Department of Computer Systems and Networks, a group CIm-62, Ternopil, 2019.

The master's thesis is devoted to the development of methods and means of improving the efficiency of wireless telemetry networks.

The methods and means of construction of wireless telemetry networks have been reviewed. The technologies of wireless telemetry networks are analyzed.

The choice of criteria of efficiency and reliability of telemetry networks is substantiated. The methods of increasing the efficiency of data transmission in wireless telemetry networks and the possibilities of their combinations are considered.

There is a close relationship between the performance and reliability criteria of the telemetry network. The unreliable operation of the telemetry network results in poor performance. This is because communications failures cause the packets to be lost or distorted, after which the communication protocol retransmits the lost data.

Setting up the wireless telemetry network based on XBee modules. Matlab package simulated a digital communication system using the AES-128 symmetric encryption method and OFDM modulation

Keywords: efficiency criteria, wireless telemetry network.