

Державна служба України з надзвичайних ситуацій
Львівський державний університет безпеки життєдіяльності
Навчально-науковий інститут цивільного захисту
Кафедра інформаційних технологій та систем електронних комунікацій

«Допущено до захисту»
Начальник кафедри ІТтаСЕК
підполковник служби цивільного
захисту
_____ Олександр ПРИДАТКО
“ ____ ” _____ 2024 року

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА МАГІСТРА

на тему «Дослідження впливу зовнішніх факторів на якість зв'язку
з безпілотними літальними апаратами в умовах оперативних дій»

Виконав:
здобувач VI курсу, групи КН-61мз
спеціальності (освітньої програми)
122 «Комп'ютерні науки» (Комп'ютерні науки)
(шифр і назва спеціальності (освітньої програми))

_____ Роман ДАЛЬОВСЬКИЙ

(ім'я та прізвище)

Керівник _____ Олександр ХЛЕВНОЙ

(ім'я та прізвище)

Рецензент _____

(ім'я та прізвище)

Державна служба України з надзвичайних ситуацій
Львівський державний університет безпеки життєдіяльності
Навчально-науковий інститут цивільного захисту

Кафедра інформаційних технологій та систем електронних комунікацій
Освітній ступінь магістр
Спеціальність 122 “Комп’ютерні науки”
Освітня програма Комп’ютерні науки

ЗАТВЕРДЖУЮ
Начальник кафедри ІТтаСЕК
підполковник служби цивільного
захисту
_____ Олександр ПРИДАТКО
“ _____ ” _____ 20__ року

ЗАВДАННЯ
на кваліфікаційну роботу

Здобувач _____ Роман Дальовський _____
(ім’я, прізвище)

1. Тема: Дослідження впливу зовнішніх факторів на якість зв’язку з безпілотними літальними апаратами в умовах оперативних дій

керівник роботи _____ Олександр Хлевной, к.т.н. _____
(ім’я, прізвище, науковий ступінь, вчене звання)

затвержені наказом ЛДУ БЖД від “ _____ ” _____ 20__ року № _____

2. Термін подання здобувачем роботи _____

3. Початкові дані до роботи:

1. Методичні вказівки до виконання кваліфікаційної роботи магістра для здобувачів другого рівня вищої освіти спеціальності 122 «Комп’ютерні науки». Укл. Ольга Смотр, Олександр Придатко, Назарій Бурак. – Львів: Вид-во ЛДУ БЖД, 2023. – 36 с.
2. Головань О.М. Перспектива використання безпілотних літальних апаратів підрозділами Національної гвардії України під час охорони громадського порядку. Тробюк Д.В. Збірник наукових праць ХУПС. 2019. № 2 (60). С. 43–47.
3. http://eir.zp.edu.ua/bitstream/123456789/4135/1/Diplom_Yefimov.pdf
4. <https://uk.wikipedia.org>- Безпілотний літальний апарат.
5. <https://fakty.com.ua/ua/svit/20230227-osnovne-pryznachennya-rozvidka-najpopulyarnishi-modeli-bezpilotnykiv-v-ukrayini-ta-rosiyi/>.

4. Зміст кваліфікаційної роботи/проекту (перелік питань, які потрібно розробити)

Вступ

Розділ I. Класифікація безпілотних апаратів, застосування та проблеми

Розділ II. Використання технологій для бездротового зв'язку дрону та МС

Розділ III. Математична модель мережі

Розділ IV. Імітація спілкування з безпілотними літальними апаратами

Розділ V. Охорона праці

Висновки

Список використаних джерел

5. Консультанти розділів роботи

Розділ	Ім'я, прізвище та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв

7. Дата видачі завдання _____

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів виконання кваліфікаційної роботи/	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Класифікація безпілотних апаратів, застосування та проблеми		
2	Використання технологій для бездротового зв'язку дрону та МС		
3	Математична модель мережі		
4	Імітація спілкування з безпілотними літальними апаратами		
5	Охорона праці		

Здобувач

(підпис)

Роман ДАЛЬОВСЬКИЙ

(ім'я та прізвище)

Керівник роботи

(підпис)

Олександр ХЛЕВНОЙ

(ім'я та прізвище)

АНОТАЦІЯ

Дальовський Р.Я. "Дослідження впливу зовнішніх факторів на якість зв'язку з безпілотними літальними апаратами в умовах оперативних дій".

Кваліфікаційна робота за спеціальністю 122 "Комп'ютерні науки", текст складається з 5 розділів, 75 сторінок, 38 рисунків, 1 таблиця та 20 найменувань використаних джерел.

Об'єктом дослідження є бездротова мережа мобільних станцій (МС) та безпілотників на обмеженій території.

Предметом дослідження є вплив зовнішніх умов на якість зв'язку з безпілотниками.

Мета і задачі дослідження є визначення впливу завад на характеристики якості зв'язку в радіомережі, що з'єднує дрони та мобільні станції.

Методи дослідження - теорія мереж зв'язку, методи математичної статистики та імітаційного моделювання.

Наукова новизна отриманих результатів.

1) Продемонстровано ефективність методу виявлення завад для середовища передачі даних в стандарті IEEE 802.11n;

2) Досліджено математичну модель впливу зовнішніх умов на зв'язок з дронами в обмеженому просторі;

3) Розроблено програмну модель для імітації взаємодії між дронами та мобільними станціями в Riverbed Modeler, яка може тестувати вплив зовнішніх умов з використанням стандарту IEEE 802.11n.

БПЛА, ДРОН, БАЗОВА СТАНЦІЯ, МОБІЛЬНА СТАНЦІЯ, ВУЗЕЛ МЕРЕЖІ, ТОЧКА ДОСТУПУ, ПЕРЕШКОДИ, ПАКЕТ ДАНИХ, ПРОТОКОЛ, СТАНДАРТ

ABSTRACT

Dalovsky R.Ya. "Investigation of the influence of external factors on the quality of communication with unmanned aerial vehicles in operational conditions."

Qualification work specialty 122 "Computer science", the text consists of 5 chapters, 75 pages, 38 figures, 1 table and 20 names of used sources.

The object of the study is a wireless network of mobile stations (MS) and drones in a limited area.

The subject of the study is the influence of external conditions on the quality of communication with drones.

The purpose and objectives of the research The purpose of the research is to determine the impact of interference on the characteristics of the quality of communication in the radio network connecting drones and mobile stations.

Research methods - theory of communication networks, methods of mathematical statistics and simulation modeling.

Scientific novelty of the obtained results.

1) The effectiveness of the interference detection method for the data transmission environment in the IEEE 802.11n standard is demonstrated;

2) A mathematical model of the influence of external conditions on communication with drones in a limited space was studied;

3) A software model was developed to simulate the interaction between drones and mobile stations in Riverbed Modeler, which can test the influence of external conditions using the IEEE 802.11n standard.

UAV, DRONE, BASE STATION, MOBILE STATION, NETWORK NODE, ACCESS POINT, OBSTACLES, DATA PACKAGE, PROTOCOL, STANDARD

ЗМІСТ

ВСТУП.....	8
РОЗДІЛ I .КЛАСИФІКАЦІЯ БЕЗПІЛОТНИХ АПАРАТІВ, ЗАСТОСУВАННЯ ТА ПРОБЛЕМИ.....	10
1.1 Загальні відомості.....	10
1.2. Порівняння супутників, літальних апаратів і безпілотних літальних апаратів	11
1.3. Класифікація безпілотних літальних апаратів	12
1.4. Використання БПЛА.....	18
1.5 Використання у телекомунікаціях.....	19
1.6 Актуальність експериментів з комунікацією безпілотників.....	22
1.7 БПЛА у різних сферах життя.....	22
1.7.1. БПЛА в сільському господарстві	23
1.7.2. БПЛА в охоронних системах	24
1.7.3. БПЛА в логістиці	25
1.7.4. БПЛА в моніторинговій галузі	26
1.7.5. БПЛА у військовій галузі	27
1.7.6. БПЛА у надзвичайних ситуаціях.....	27
1.7.7 Поставлена завдання дослідити вплив зовнішніх умов на зв'язок БПЛА	29
РОЗДІЛ II. ВИКОРИСТАННЯ ТЕХНОЛОГІЙ ДЛЯ БЕЗДРОТОВОГО ЗВ'ЯЗКУ ДРОНУ ТА МС.....	31
2.1 Мережа FANET	31
2.1.1. Фізичний рівень FANET	32
2.1.2. Модель поширення радіохвиль.....	33
2.1.3 Конструкції антен для FANET	34
2.1.4 MAC–рівень	35
2.1.5. Мережевий рівень	36
2.1.6 Покриття місцевості.....	37

2.1.7 Оптимальне розміщення дронів	38
2.1.8 Мережева модель	39
2.1.9 Модель трафіку.....	40
2.2 Модель каналу	41
2.2.1 Мобільність користувача.....	41
2.2.2 Мобільність DBS	42
2.2.3 Сімейство стандартів IEEE 802.11	42
2.2.4 Сімейство IEEE 802.11n	45
РОЗДІЛ III. МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ МЕРЕЖІ	48
РОЗДІЛ IV. ІМІТАЦІЯ СПІЛКУВАННЯ З БЕЗПІЛОТНИМИ ЛІТАЛЬНИМИ АПАРАТАМИ	51
4.1 Огляд програмного забезпечення для моделювання.	51
4.1.1 Cisco Packet Tracer.....	51
4.1.2 NetCracker Professional.....	54
4.1.3 Riverbed Modeler.....	55
4.2 Моделювання заданої мережі	56
4.3. Вивчення впливу зовнішніх умов на зв'язок з безпілотними літальними апаратами	58
4.4 Порівняння результатів моделювання	61
РОЗДІЛ V. ОХОРОНА ПРАЦІ	67
5.1 Аналіз потенційних небезпек.....	67
5.2 Правила техніки безпеки при виконанні польотних завдань	68
5.3 Заходи щодо забезпечення електробезпеки	69
ВИСНОВОК.....	72
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	74

ВСТУП

Ідея зменшення кількості, складності та часу людської праці сьогодні активно просувається в усьому світі. Для реалізації цих ідей використовується автоматизація, створюються роботи, які значною мірою замінили людину, різноманітні бортові комп'ютери у всіх видах транспорту та пристрої, що належать до категорії "розумний дім". Ці пристрої використовуються в найрізноманітніших сферах нашого життя і різною мірою полегшують або навіть допомагають рятувати життя: розвідка під час бойових дій, спостереження, розмінування, пошук людей після катастроф, моніторинг навколишнього середовища у важкодоступних або недоступних районах.

Безпілотні літальні апарати були створені та розроблені для допомоги у вищезазначених ситуаціях. Залежно від потреб людства були розроблені різні типи БПЛА, включаючи багатоцільові БПЛА, експериментальні БПЛА, оперативні БПЛА, розвідувальні БПЛА, планерні БПЛА з боєприпасами, ударні БПЛА та БПЛА з модульним корисним навантаженням.

Завдяки своїй популярності БПЛА використовуються в дуже широкому спектрі галузей, включаючи спостереження за контрольованими територіями будь-якого розміру. Однією з головних причин цього є те, що їм не потрібно самим патрулювати територію. Операторам не потрібно перебувати на землі, щоб контролювати ситуацію, і БПЛА займають передові позиції з точки зору територіального спостереження і розвідки під час бойових дій, стихійних лих, великих аварій і катастрофічних ситуацій у всьому світі. Ці пристрої є багатофункціональними, починаючи від простого фото- і відеоспостереження у видимому спектрі до тепловізійної та лазерної зйомки.

Оператори дронів отримують найточнішу та найякіснішу інформацію про місцевість в режимі реального часу, без жодного додаткового ризику. Зйомка може проводитися незалежно від погодних і кліматичних умов, відстань, безпека і навколишнє середовище, яке потрібно оглянути; БПЛА можуть виявляти пожежі, наслідки аварій, кількість терористів у певній місцевості тощо. Завдяки

сучасним системам стеження дрони можуть не лише підрахувати кількість терористів та їхнє фактичне місцезнаходження, але й ідентифікувати їхні обличчя, зовнішність і навіть написи на одязі. Якщо технологічні розробки в цій сфері продовжуватимуть розвиватися такими темпами, то в майбутньому всі подібні ситуації будуть вирішуватися з мінімальним ризиком або взагалі без нього.

Дрони - це безпілотні літальні апарати, якими можна дистанційно керувати і використовувати автономно за допомогою вбудованого програмного забезпечення, що використовує різноманітні датчики для контролю їхньої мобільності.

Історично дрони використовувалися у військових цілях, насамперед для розвідки, але з недавнім розвитком легких акумуляторів з'явилося багато цивільних застосувань.

Одне з найважливіших застосувань - розширення покриття мобільного зв'язку. Якщо розглядати це детальніше, то базові станції можна зменшити до розмірів дрона, щоб доставляти і забезпечувати покриття у важкодоступні райони, де встановлення звичайних веж було б складно або дорого коштувало б. Такі базові станції для дронів (DBS) можуть також використовуватися для забезпечення альтернативного покриття під час кризи або для розширення покриття в зонах підвищеного попиту. Дійсно, з огляду на зростання вартості оренди космосу, розгортання DBS може стати привабливою альтернативою традиційним антенам і кластерам базових станцій.

Хоча концепція DBS все ще перебуває на ранніх стадіях, інтерес до цієї технології майбутнього стрімко зростає. Різноманітні академічні дослідники зараз активно працюють у цій галузі, тоді як промислові гравці також починають вступати в гру.

ВИСНОВОК

За прогнозами, до 2026 року світовий ринок БПЛА досягне 34,5 млрд доларів, щорічне зростання складе 32%. У міру того, як БПЛА дешевшають і стають доступнішими для споживачів, кількість знімків з БПЛА також стрімко зростає.

Таким чином, виходячи з проаналізованого позитивного досвіду використання безпілотних систем закордонними країнами, можна стверджувати, що використання БПЛА значно підвищить управління силами і засобами гвардії під час виконання спеціальних завдань, а саме:

- повітряне спостереження під час проведення масових заходів різного характеру з метою недопущення масових заворушень;
 - повітряний моніторинг стану правопорядку на маршрутах патрулювання з метою виявлення та припинення правопорушень;
 - корегування процесу переслідування зловмисників під час втечі та його затримання;
 - проведення розвідки в своїх інтересах та взаємодіючих органів;
 - моніторинг смуги відповідальності під час виконання завдань на державному кордоні;
 - пошук осіб які зникли безвісти за особливих обставин у разі залучення до пошукових заходів;
 - спостереження (зависання) над об'єктом (об'єктами) під час проведення спеціальних операцій та інше.
- ✓ Виявлена необхідність в імітації поведження дрону у мережі. Був виконаний аналіз технологій бездротової передачі даних Wi-Fi, Bluetooth з метою використання однієї із них в кваліфікаційній роботі.
 - ✓ Проведений аналіз сімейства стандартів IEEE 802.11.

- ✓ Була побудована математична модель, в якій приведені основні формули.
- ✓ Підбрано програмне забезпечення, в якому була виконана імітаційна модель передачі даних від Дрону до МС.
- ✓ Була визначена характеристика сучасного ринку дронів.
- ✓ Проведено дослідження потенційних небезпек.
- ✓ Отримані рекомендації, щодо покращення якості зв'язку

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. <https://uk.wikipedia.org>- Безпілотний_літальний_апарат.
2. Зіатдінов Ю. К., Куклінський М. В., Мосов С. П. та ін. Застосування безпілотних літальних апаратів у воєнних конфліктах сучасності. Київ : Видавничий дім «Києво-Могилянська академія», 2013. 248 с.
3. <https://mind.ua/publications/20260554-u-majbutnomu-vijni-diktuvatimut-i-vestimut-droni-i-v-bij-yih-povede-shtuchnij-intelekt-yak-vijna>
4. Головань О.М. Перспектива використання безпілотних літальних апаратів підрозділами Національної гвардії України під час охорони громадського порядку.
5. Тробюк Д.В. Збірник наукових праць ХУПС. 2019. № 2 (60). С. 43–47.
5. <https://openarchive.nure.ua/server/api/core/bitstreams/878899d8-b7a7-4481-af22-9835c0748ba0/content>.
6. <https://fakty.com.ua/ua/svit/20230227-osnovne-pryznachennya-rozvidka-najpopulyarnishi-modeli-bezpilotnykiv-v-ukrayini-ta-rosiyi/>.
7. <https://cedem.org.ua/consultations/vykorystannya-droniv/>.
8. <https://er.knutd.edu.ua/handle/123456789/15495>.
9. <https://www.epravda.com.ua/publications/2022/09/29/691996/>.
10. <https://openarchive.nure.ua/server/api/core/bitstreams/0a54bda9-3542-4028-ba36-df3ef464588c/content>.
11. https://www.pubadm.vernadskyjournals.in.ua/journals/2023/1_2023/26.pdf.
12. <https://dspace.lvduvs.edu.ua/bitstream/1234567890/3244/1/16.pdf>.
13. <https://texty.org.ua/projects/107398/povitryani-vijny-bezpilotni-litalni-aparaty-zahopyly-nebo/>.
14. <https://molodyivchenyi.ua/index.php/journal/article/view/1767>
15. <https://openarchive.nure.ua/server/api/core/bitstreams/3a256678-d67b-48c3-b22c-81c1f8e6d7e8/content>
16. <https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%91%D0%BE%D0%B9%D0%BE%D0%B2%>

D0%B8%D0%B9_%D0%B1%D0%B5%D0%B7%D0%BF%D1%96%D0%BB%
D0

%BE%D1%82%D0%BD%D0%B8%D0%B9_%D0%BB%D1%96%D1%82%D0
% B0%D0%BB%D1%8C%D0%BD%D0%B8%D0%B9_%D0%B0%D0%BF%D0%B
0%D1%80%D0%B0%D1%82.

17. <https://www.ukrmilitary.com/2020/03/nato-uav-standart.html>
18. <https://www.ukrinform.ua/rubric-ato/3806321-zrobleno-v-ukraini-udarni-bpla-ta-dronikamikadze-zsu-vitciznanogo-virobnictva.html>
19. <https://www.peoplesproject.com/sho-take-bpla/>
20. http://eir.zp.edu.ua/bitstream/123456789/4135/1/Diplom_Yefimov.pdf