

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет радіоелектроніки та телекомунікацій
(повне найменування інституту, назва факультету)
Радіотехніки та телекомунікацій
(повна назва кафедри)

Пояснювальна записка

до магістерської роботи

магістр
(рівень вищої освіти (освітньо-кваліфікаційний рівень))

на тему "Вплив зовнішніх умов на зміст зв'язку з бездротовими імітаційними апаратами (БІПА)"

Виконав: студент 6 курсу, групи РТ-915м
спеціальності (напряму підготовки)

172 Телекомунікації та радіотехніки
(код і назва напряму підготовки, спеціальності)

Ермілов В.О. Скрябін
(прізвище та ініціали)
Керівник Костенко В.О. Ніж
(прізвище та ініціали)
Рецензент Касьян М.М. Яну
(прізвище та ініціали)

м. Запоріжжя
20 18 рік

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Запорізький національний технічний університет
 (повне найменування вищого навчального закладу)

Інститут, факультет ІІІРР РРЕТ
 Кафедра Радіотехніки та телекомунікацій
 Рівень вищої освіти (освітньо-кваліфікаційний рівень) магістр
 Спеціальність 172 "Телекомунікації та радіотехніки"
 (код і назва)
 Напрямок підготовки _____
 (код і назва)

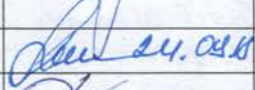
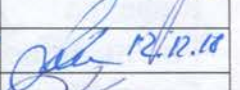
ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри н.т.н. доц. С.М.Тарас
Мерця 6 к. 15.
 "19" 12 2018 року

З А В Д А Н Н Я
НА МАГІСТЕРСЬКУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

- Богімова Владислава Олександрівна
 (прізвище, ім'я, по батькові)
1. Тема роботи Вплив зовнішніх умов на життя людини з
вуглекислим і штучними аерозолями (БПЛА)
- керівник роботи доцент Костенко В.О.
 (прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)
- затверджені наказом вищого навчального закладу від "31" 10 2018 року № 304
2. Строк подання студентом роботи 01.12.18р.
3. Вихідні дані до роботи Сценарій польоту БПЛА без переадрес. трас
з зворотним обладнанням, чужим моділем станції, проміжні
заданіями
4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) 1) Алгоритми роботи
- 5) Економічні розрахунки
- 6) Описи графі
5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)
Підготовка слайдів

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	Прийняв виконане завдання
Актуальність	Костенко В.О. доцент		
	Костенко В.О. доцент		10.12.18
	Костенко В.О. доцент		
	Костенко В.О. доцент		
Бюджет. р.	Крупнікова В.В. доцент, к. е. н.		
Структура праці	Кородко О.В. старший викладач		

7. Дата видачі завдання 01.09.2018

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів магістерської роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Огляд літературних джерел	01.09 - 09.09.18	вик
2	Розроблення актуальності та проблем	10.09 - 30.09.18	вик
3	Групування видів джерел для організації зв'язу.	01.10 - 21.10.18	вик
4	Методологія для організації зв'язу.	22.10 - 09.11.18	вик
5	Модифікація впливу зовнішніх умов на зміст зв'язу.	10.11 - 17.11.18	вик
6	Розробка рекомендацій по покращенню якості взаємодії з умовами для покращення.	18.11 - 24.11.18	вик
7	Оформлення модифікованої данісної.	25.11 - 10.12.18	вик
8	Захист роботи.	11.12 - 19.12.18	вик

Студент


(підпис)Брішова В.О.
(прізвище та ініціали)

Керівник роботи


(підпис)Костенко В.О.
(прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

ПЗ: 88 с, 36 рис., 9 табл., 10 посилань.

Об'єктом дослідження є бездротова мережа мобільної станції (МС) та дрону на обмеженій місцевості.

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

Мета роботи і задачі дослідження. Мета роботи полягає в визначенні впливу перешкод на характеристики якості зв'язку в бездротовій мережі, що об'єднує безпілотною та мобільну станцію..

Методи дослідження. В роботі використані методи теорії мереж зв'язку, математичної статистики, й методи імітаційного моделювання.

Научна новизна результатів:

- 1) показана ефективність застосування методу встановлення перешкод— к середі передачі даних в стандарті IEEE 802.11n;
- 2) досліджена математична модель впливу зовнішніх умов на зв'язок з дроном на обмеженій місцевості;
- 3) розроблена програмна модель для імітації в Riverbed Modeler взаємодії дрону та мобільної станції, що дозволяє тестувати вплив зовнішніх умов, використавши для роботи стандарт IEEE 802.11n.

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

ЗМІСТ

ВСТУП.....	6
1 АКТУАЛЬНІСТЬ РОБОТИ	7
1.1 Актуальність використання дронів.....	8
1.2 Актуальність використання у телекомунікаціях.....	9
1.3 Актуальність дослідів на зв'язок з дронами	11
1.4 Схема взаємодії та вибір технологій та стандарту для зв'язку дрона та наземної МС	13
1.5 Постанова задачі на досліджування впливу зовнішніх умов на зв'язок з БПЛА	16
2 ВИКОРИСТАННЯ ТЕХНОЛОГІЙ ДЛЯ БЕЗДРОТОВОГО ЗВ'ЯЗКУ ДРОНУ ТА МС	18
2.1 Фізичний рівень FANET.....	19
2.2 Модель поширення радіохвиль.....	25
2.3 Конструкції антен для FANET.....	28
2.4 Сімейство стандартів IEEE 802.11.....	31
2.5 Сімейство IEEE 802.11n	35
3 МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ МЕРЕЖІ	38
4 МОДЕЛЮВАННЯ ЗВ'ЯЗКУ З ДРОНОМ	41
4.1 Огляд програмного забезпечення для імітаційного моделювання	42
4.1.1. Cisco Packet Tracer.....	44
4.1.2. NetCracker Professional	46
4.1.3 Riverbed Modeler.....	47
4.2 Моделювання заданої мережі	48
4.3 Дослідження впливу зовнішніх умов на зв'язок з дроном.....	49

4.4	Порівняння результатів моделювання	54
5	ОРГАНІЗАЦІЙНО–ЕКОНОМІЧНІ РОЗРАХУНКИ	60
5.1	Тенденції розвитку технологій на ринку дронів	62
5.2	Оцінка конкурентоспроможності компаній що випускають дронів	65
5.3	Визначення трудомісткості та довготривалості роботи	71
5.4	Висновки по «Організаційно–економічним розрахункам»	75
6	ОХОРОНА ПРАЦІ	76
6.1	Аналіз потенційних небезпек	77
6.2	Заходи щодо забезпечення електробезпеки	80
6.3	Заходи з виробничої санітарії	81
6.4	Заходи з пожежної безпеки	85
6.5	Заходи щодо забезпечення безпеки у надзвичайних ситуаціях	86
	ВИСНОВОК	
	ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ	

ВСТУП

Дрони – це безпілотні літальні апарати, дистанційне керування або автономне використання яких здійснюється вбудованим програмним забезпеченням, для управління мобільністю служать різноманітні датчики.

Історично склалося так, що дрони використовувалися головним чином у військових цілях для розвідувальних завдань, але з недавніми розробками в галузі легких акумуляторів, з'являються багато цивільних застосувань.

Одним з найбільш важливих додатків є збільшення охоплення мереж мобільного зв'язку. У більш детальному розгляді, якщо базові станції буде зменшено, щоб відповідати розмірам дрону, вони можуть бути доставлені в будь-яку важкодоступну область для забезпечення покриття, де нема доступу або дорого для установки звичайних веж. Такі безпілотні літальні базові станції, а надалі (DBS), також можуть бути використані для забезпечення заміни покриття в умовах кризи або збільшення охоплення за високою потребою області. Фактично, з огляду на зростання витрат на оренду місця, розгортання базових станцій DBS можуть бути привабливою альтернативою звичайній антені або кластеру базових станцій.

Хоча концепція DBS все ще перебуває в зародковому стані, інтерес до цієї технології майбутнього швидко зростає. Різноманітні академічні дослідники зараз активно працюють в цій області, в той час як гравці галузі також починають приєднуватися до гри. Нещодавно Nokia розробила ультра мініатюрну базову станцію 4G вагою всього 2 кг, що була успішно змонтована на комерційному квадрокоптері для забезпечення покриття у віддаленій області в Шотландії.

Ця успішна демонстрація доводить, що Недавні дослідження, по DBS в основному були зосереджені на пошуку оптимального розташування дронів у небі або ж такого місця перебування, щоб охоплення дроном місцевості було максимізовано.

1 АКТУАЛЬНІСТЬ РОБОТИ

1.1 Актуальність використання дронів

Ринок БПЛА на сьогоднішній день зростає на 20% щороку, а аналітики прогнозують в 2019 році збільшення загальносвітових витрат на робототехніку і безпілотні літальні апарати до \$ 130,5 млрд (рис. 1.1).



Рисунок 1.1 – Графік продажу квадрокоптерів

БПЛА (безпілотні літальні апарати) вже зацікавили дослідницьку спільноту (рис. 1.2). Завдяки сильним зусиллям, спрямованим на підвищення їх продуктивності, наприклад, мініатюризацію, енергоефективність тощо, безпілотники стали корисним інструментом, широко поширеним у різних дисциплінах. Ці пристрої, також відомі як безпілотні літаки, які мають великий попит в таких сферах, як військова, логістична, екологічна, моніторингу або рятувальні заходи.



Рисунок 1.2 – Приклад БПЛА

Наприклад, безпілотні літаки усувають необхідність присутності людини для виконання небезпечних завдань, а отже, і ризики, пов'язані з деякими цими діями, різко скорочуються. У сфері телекомунікацій одним з найбільш перспективних програм безпілотників є використання їх як допоміжного обладнання, спрямованого на розширення можливостей або покриття бездротових систем шляхом розгортання мережі антенно–цифрових комунікацій.

Цікавою стратегією, яка використовується для досягнення цієї мети, є додавання пристроїв для передачі даних, на борту БПЛА. Низьке енергоспоживання і висока кількість елементів зв'язку, які вони підтримують (комунікаційні чіпи, антени тощо) є одними з найцінніших функцій, які пропонують для виконання цього завдання. Таким чином, ці пристрої здатні розгорнути бездротові мережі, що діють як мережеві вузли в рамках архітектури системи, і дозволяють кінцевим користувачам / речам отримувати зв'язок через них.

1.2 Актуальність використання у телекомунікаціях

Останні повідомлення від федеральної авіаційної адміністрації (FAA) показують, що число безпілотних літальних апаратів (UAVs), також відомі як безпілотники, до 2020 року перевищить 7 мільйонів. Таке масове використання дронів матиме значний вплив на бездротові мережі. Для бездротового зв'язку з точки зору перспективи, дві основні ролі включають в себе: антена базової станції (БС) та користувацьке обладнання (UE) (рис. 1.3).

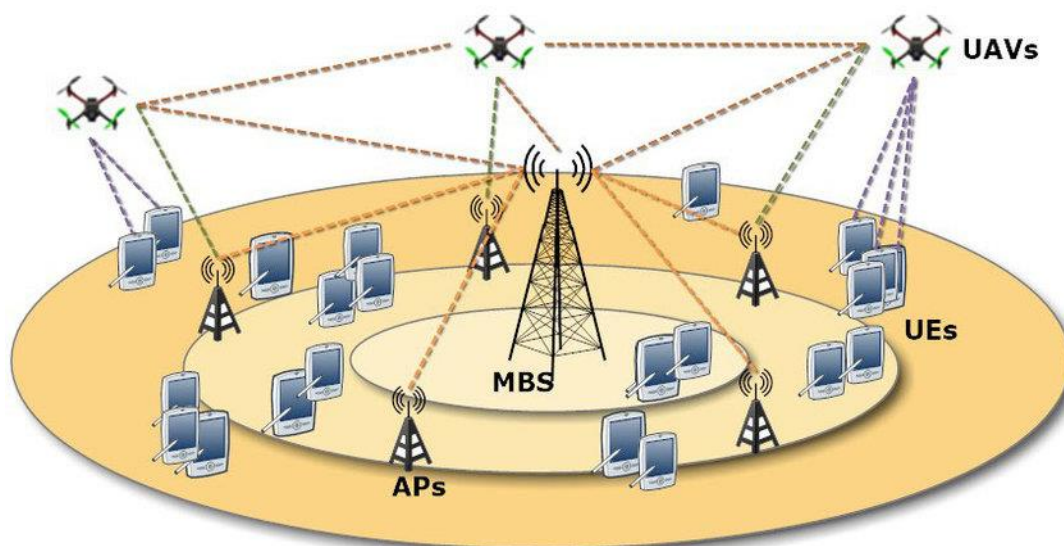


Рисунок 1.3 – Зв'язок дронів та наземних БС

Завдяки своїй гнучкості та притаманній здатності до лінійного зв'язку (LoS) зв'язку, дрони-БС можуть надавати широкосмугові, широкомасштабні та надійні бездротові підключення під час стихійних лих і тимчасових подій. Крім того, drone-BS пропонує перспективне рішення для ультра-гнучкого розгортання та економічно ефективної бездротової послуги без надмірних витрат наземних БС. Тим часом безпілотники також можуть виконувати функції UE (тобто

стільникових дронів–UE), які повинні з'єднуватися для роботи в бездротовій мережі.

Зокрема, для мобільних пристроїв drone–UE можн бути використаний широкий спектр додатків, таких як доставка пакетів, спостереження, дистанційне зондування та віртуальна реальність. Ключовою особливістю drone–UE є їх здатність інтелектуально рухатися в трьох вимірах і оптимізувати їх траєкторію, щоб ефективно виконувати свої завдання. Тому, droneUEs широко використовуються для цілей доставки, наприклад, в службі доставки преміум–класу Amazon і доставку ліків у медичних цілях.

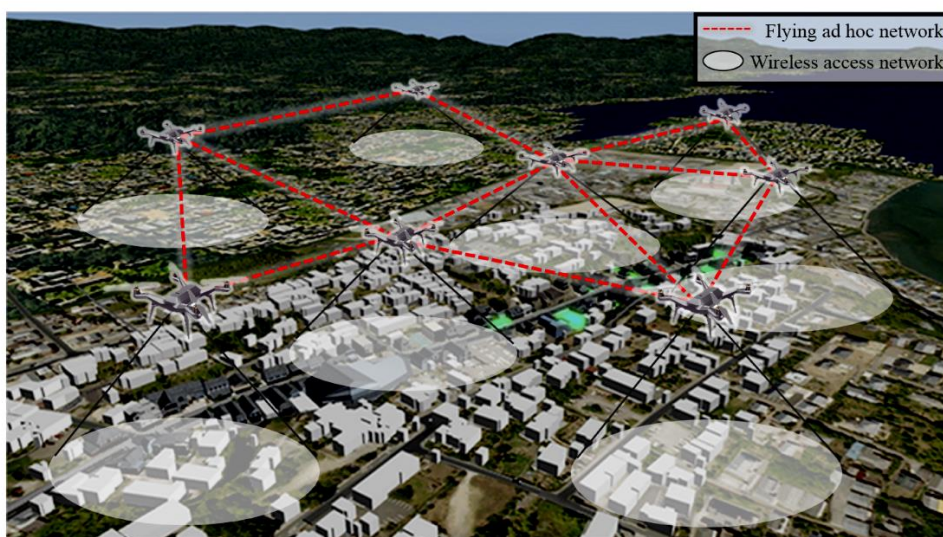


Рисунок 1.4 – Зв'язок між дронами та точки доступу у 3Д

Бездротові мережі з безпілотниками ставлять перед собою ряд проблем. Наприклад, для droneBS, ключовими проблемами дизайну є 3D–розгортання та мережеве планування, аналіз продуктивності, розподіл ресурсів та асоціації клітин (рис. 1.4). Для drone–UE існує потреба у надійному та низькому рівні повідомлення для ефективного управління. Однак наявні наземні стільникові мережі в основному призначені для підтримки користувачів наземних територій і не можуть легко обслуговувати повітряних користувачів. Фактично, наземні БД можуть не мати змоги задовольняти низькій латентності та надійності. Потреби в

зв'язку з drone–UE через ефекти блокування та специфічний дизайн антени BS, які не підходять для підтримки користувачів у високих кутах. Крім того, в районах з географічними обмеженнями, наземні БД можуть бути недоступними для надання бездротових послуг для drone–UE. У таких випадках розгортання антенних бездротових БС є перспективною можливістю забезпечення надійного підключення для drone–UE. Зрозуміло, щоб підтримувати бесіди в бездротовій мережі з мережевих додатків, існує потреба в розробці нової концепції 3D–стільникового зв'язку, а саме мережу, яка включає в себе як drone–BS, так і drone–UE.

1.3 Актуальність дослідів на зв'язок з дронами

Так як мережа буде збудована за допомогою дронів, які будуть передавати потоки даних в різних місцях на різній висоті, на різній місцевості і т.п. Важливо буде знати, які будуть втрати трафіку та сила сигналу. Але іноземними колегами вже було проведено дослідів з дронами у сценарії, де безпілотник служив мостом між двома передатчиками бездротового зв'язку

Використання БПЛА є перспективним підходом для підвищення ефективності бездротового зв'язку мережі. Зокрема, безпілотні літальні апарати (БПЛА) можуть діяти як літаючі базові станції для посилення охоплення і швидкості роботи бездротових мереж за різними сценаріями, такі як тимчасові точки доступу та в надзвичайних ситуаціях.

Крім того, мобільні БПЛА можуть встановити ефективні комунікації з наземними датчиками для сценаріїв доставки тривожних повідомлень. Дійсно, використання БПЛА як антенних базових станцій забезпечує великі переваги в порівнянні з наземними базовими станціями. По–перше, належне на їх дальню висоту, антени базових станцій мають вищі шанси на лінії зв'язку (LoS) для посилення користувачам землі. По друге, БПЛА можуть легко пересуватися і мати гнучке розгортання, і, отже, вони можуть забезпечувати швидкий запитом

зв'язок. Нарешті, використовуючи спрямовані антени, можна ще більше посилити зв'язок на базі БПЛА через можливість використання ефективних схем формування променю.

Незважаючи на численні переваги використання безпілотників як DBS, треба подолати ряд технічних проблем. Ці завдання включають оптимальне розгортання 3D БПЛА, обмеження енергії, управління перешкодами та шлях планування. Зокрема, проблема розгортання має першорядне значення, оскільки це сильно впливає на споживання, а звідси на дальність та час польотів БПЛА. Проте на сьогодні існує обмежена кількість літератури на цю тему..

Крім розгортання, ще одна важлива проблема для мобільних пристроїв базових станцій DSC – моделювання каналів. Наприклад, ймовірність видимості (LOS) для зв'язку повітря–земля в залежності від кута підйому та середньої висоти будівель у щільній міській площі. Через втрати шляху і ефекти затінення перешкоди залежать характеристики з каналу над землею, до наземного каналу на висоті антенних базових станцій. Збільшивши висоту DSC, втрата шляху зростає, однак, тіньовий ефект зменшується і можливість мати зв'язок LOS між наземними користувачами та DSC зростає. Тому оптимальна висота для антени базової станції, що призводить до максимального охоплення існує.. Проте іноземні колеги не розглядали приклад декількох DSC за межами стільника, на відстань між DSC також впливає загальна характеристика покриття. Проблема розгортання декількох DSC стає ще складнішою, бо відбувається втручання та перешкоди між отриманим сигналом з різних DSC. А вплив інтерференції на охоплення продуктивності DSC не було вивчено в попередніх дослідженнях.

1.4 Схема взаємодії та вибір технологій та стандарту для зв'язку дрона та наземної МС

Для вибору технології, що буде забезпечувати зв'язок між дроном та наземною мобільною станцією варто детальніше розглянути процес взаємодії між ними.

У FANET (англ. Flying Ad Hoc Network) за аналогією з мобільними одноранговими мережами MANET (англ. Mobile Ad Hoc Network) і автомобільними одноранговими мережами VANET (англ. Vehicular Ad Hoc Network) представляє особливий вид тимчасової самоорганізовуваної мережі на основі безпілотних літальних апаратів (БПЛА).

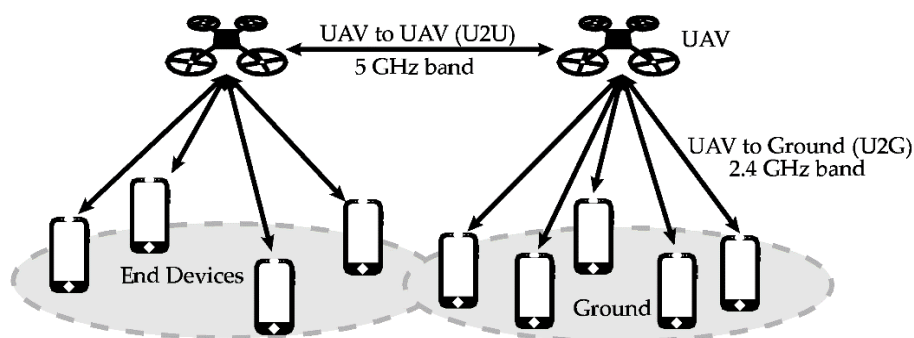


Рисунок 1.5 – Схема роботи FANET

Ці мережі забезпечують широкий спектр для цивільного і комерційного застосування. Організація такого виду зв'язку необхідна не тільки для виконання завдань із забезпечення спостереження, моніторингу, а й, наприклад, для ефективної координації руху транспортних засобів, підвищення рівня безпеки (наприклад, в якості засобу для запобігання зіткнень) і т.д. Швидка зміна топології і рух в 3D-просторі накладає безліч додаткових труднощів на фізичному рівні (англ. Physical layer, PHY), управлінні доступом до середовища (англ. Media access control, MAC) і мережевому рівні.

Для реалізації роботи мережі, а саме безпроводної передачі даних від дрону до мобільної станції можна застосувати різні варіанти. На основі актуальних технологій, загальні відомості яких приведені нижче у таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 – Загальні відомості про найбільш актуальні стандарти безпроводної мережі передачі даних

	Bluetooth	ZigBee	Wi-Fi
Робоча частота	2,4 ГГц	2,4 ГГц	2,4/5 ГГц
Швидкість передачі даних	721 кбит/с	250 кбит/с	min: 11 Мбит/с; max: 600 Мбит/с
Дальність зв'язку, м	100, 10, 1	200	100
Споживання току, active мА/ sleep мкА	70/2	30/1	450
Модуляція	FHSS	DSSS	DSSS
Максимальна кількість вузлів	8	100 и более	128

На сучасному етапі розвитку мережевих технологій, технологія бездротових мереж Wi-Fi є найбільш зручною в умовах що вимагають мобільність, простоту установки і використання. Wi-Fi (від англ. Wireless fidelity – бездротовий зв'язок) – стандарт широкосмугового бездротового зв'язку сімейства 802.11 розроблений в 1997р. Як правило, технологія Wi-Fi використовується для організації бездротових локальних комп'ютерних мереж, а також створення так званих гарячих точок високошвидкісного доступу в Інтернет.

Бездротові мережі мають, в порівнянні з традиційними провідними мережами, чималими перевагами, головними з яких, звичайно ж, є:

- простота розгортання;
- гнучкість архітектури мережі, коли забезпечується можливість динамічної зміни топології мережі при підключенні, пересуванні і відключенні мобільних користувачів без значних втрат часу;

- Швидкість проектування і реалізації, що критично при жорстких вимогах до часу побудови мережі;

- Так само, бездротова мережа не потребує прокладання кабелів (часто вимагає дроблення стін).

У той же час бездротові мережі на сучасному етапі їх розвитку не позбавлені серйозних недоліків. Перш за все, це залежність швидкості з'єднання і радіусу дії від наявності перешкод і від відстані між приймачем і передавачем.

Як бачимо найбільш зручним та актуальним буде використання технології wi-fi, а саме стандарту IEEE 802.11n.

Визначившись з технологією організації зв'язку, можна перейти до постанови задачі на проведення дослідів впливу зовнішніх умов на зв'язок з БПЛА.

1.5 Постанова задачі на досліджування впливу зовнішніх умов на зв'язок з БПЛА

Для того щоб визначити чи впливають зовнішні умови на зв'язок з дронами, потрібно збудувати модель, поведінки БПЛА в повітрі, відносно наземної станції.

Як відомо для визначення зміни сигналу у стандарті 802.11n потрібно дивитися на отримані параметри при моделюванні.

Отже з даною ціллю необхідно вирішити ряд задач.

По перше, необхідно визначити як буде працювати модель, а саме які вихідні характеристики будуть в 1 сценарії, а саме без перешкод (рис. 1.6).

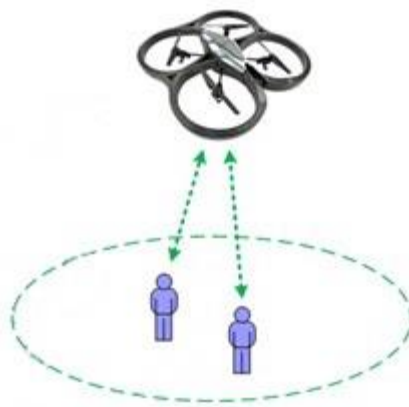


Рисунок 1.6 – Сценарій без перешкод

По друге, включаючи перешкоди у модель, потрібно визначити як саме вони впливають на наш сценарій (рис. 1.7).



Рисунок 1.7 – Сценарій з перешкодами

Визначити, як впливають перешкоди, та як можна їх мінімізувати.

Таким чином поставлена задача побудувати модель мережі, на стандарті IEEE 802.11n і дослідити базові параметри взаємодії дрону та мобільної станції в межах географічної зони при різних сценаріях.

2 ВИКОРИСТАННЯ ТЕХНОЛОГІЙ ДЛЯ БЕЗДРОВОГО ЗВ'ЯЗКУ ДРОНУ ТА МС

2.1 Огляд мережі FANET

У цьому розділі розглядаються різні аспекти і невирішені проблеми з організації зв'язку в мережах FANET. Представлений огляд існуючих протоколів фізичного рівня, управління доступом до середовища, мережевого і транспортного рівня. А також огляд стандарту IEEE 802.11

2.1.1. Фізичний рівень FANET

На фізичному рівні розглядаються основні технології передачі сигналів, наприклад, модуляції або кодування сигналу. Різні послідовності біт даних можуть бути представлені за допомогою різних сигналів шляхом зміни частоти, амплітуди і фази сигналу. В цілому, на фізичному рівні біти даних модулюються для синусоїдальних сигналів і передається по повітрю за рахунок використання антен.

Продуктивність мережі MANET в значній мірі залежить від фізичного рівня, а вкрай висока мобільність вузлів мережі створює додаткові складності при реалізації мережі FANET. Для того, щоб розробити надійну і стабільну архітектуру передачі даних, фізичний рівень повинен бути добре вивчений і описаний.

Дослідження моделей поширення радіохвиль і структури антен є ключовими факторами, що впливають на фізичний рівень FANET.

2.1.2. Модель поширення радіохвиль

Електромагнітні хвилі поширюються від передавача до приймача через бездротові канали зв'язку. Мережа FANET має ряд специфічних проблем з точки

зору поширення радіохвиль в порівнянні з іншими типами бездротових мереж. Відзначимо найважливіші проблеми:

- поширення радіохвиль;
- діаграма спрямованості антен;
- вплив відображення від поверхні землі;
- усунення перешкод від бортового електронного обладнання БПЛА;
- вплив просторового положення БПЛА щодо Землі (тангажу, крен, ролування і т.д.) на якість бездротового з'єднання;
- природно-кліматичні умови;
- інтерференція і перешкодозахищеність від деструктивного впливу.

Внаслідок дії зазначених факторів якість зв'язку може значно змінюватися.

Можна розглянути проблему організації каналу зв'язку для сценарію типу БПЛА–БПЛА. У цій топології кожен введений БПЛА, наприклад, БПЛА (1) передає свої дані головному БПЛА К, а він, у свою чергу, передає інформацію на наземну базову станцію (рис. 2.1).

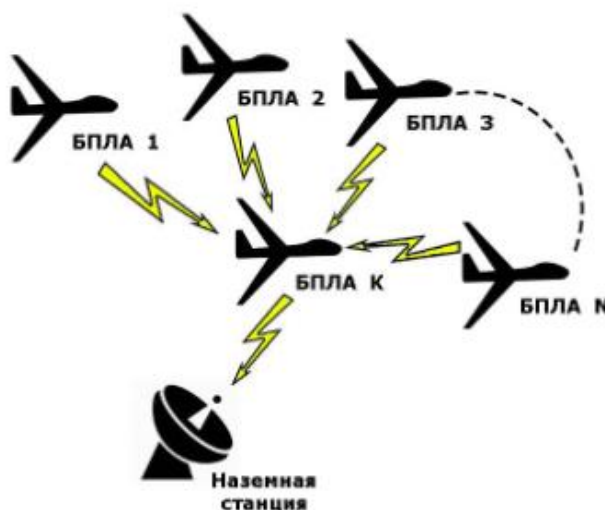


Рисунок. 2.1 – Схема організації каналу зв'язку

За результатами досліджень було відзначено, що статистика помилок в бездротових каналах між БПЛА не є величиною постійною. Залежно від зміни

відстані між БПЛА була запропонована Марковська модель з двома станами для включення ефектів завмирання сигналів з розподілом Райса, яке підійде для траєкторії радіохвилі при поширенні в межах прямої видимості, як в FANET. Результати моделювання показали, що запропонована модель здатна імітувати втрату пакетів із змінним значенням помилок.

Дослідники вже пропонують модель поширення радіохвиль для FANET. Отримані результати узгоджуються з емпіричними даними, отриманими для мереж VANET. Запропонована модель оцінює потужність сигналу в умовах багатопроменевого поширення з урахуванням ефекту завмирання сигналу і представляється у вигляді функції двох параметрів: середнього значення потужності отриманого сигналу та інтенсивності завмирання.

Аналіз ефективності багатоканальної ретрансляції на основі мережі БПЛА був змодельований аналітично з урахуванням завмирання каналів. Загальна аналітична формула була надана для ймовірності відключення зв'язку в сценаріях БПЛА–БПЛА і БПЛА–земля. Було відзначено, що модель завмирання каналу повинна бути обрана відповідно до умов експлуатації.

2.1.3 Конструкції антен для FANET

Структура антени є одним з найбільш важливих факторів для ефективної комунікаційної архітектури FANET. Відстань між БПЛА, як правило, більше, ніж середнє значення для вузлів в мережах MANET і VANET, а це безпосередньо впливає на конструкцію антени. Більш потужні приймачі можуть бути використані для вирішення цієї проблеми, але при поширенні на великі відстані можуть виникнути високі втрати в каналі зв'язку. Було доведено, що одним з ефективних рішень є використання декількох приймачів на кожному з вузлів мережі. Тип антени є ще одним фактором, який впливає на продуктивність мережі FANET.

Існують два основних типи антен, які використовують в FANET: спрямованої і всеспрямованої дії. В мобільному середовищі, такому, як FANET,

розташування вузлів часто змінюється і, як наслідок цього, всеспрямовані антени мають природну перевагу. При використанні всеспрямованих антен не потрібно мати інформацію про місцезнаходження вузла. Однак спрямовані антени також мають ряд переваг в порівнянні з всеспрямованими антенами (рис. 2.2).

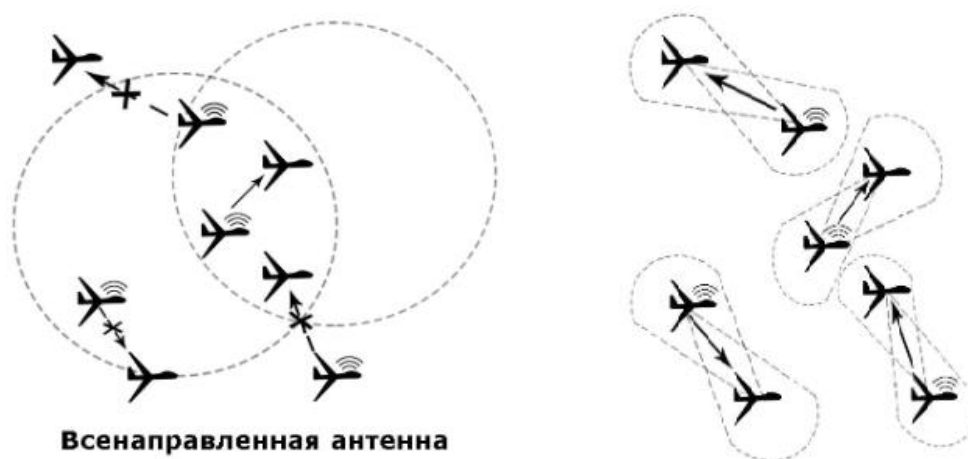


Рисунок 2.2 – Приклад демонстрації переваг антен

По–перше, дальність передачі системи з наведеною антеною більше, ніж радіус дії сигналу всеспрямованої антени. Це може бути важливою перевагою для FANET, де відстань між вузлами значно більше, ніж середня відстань між вузлами в MANET. Зі збільшенням ефективної дальності передачі зменшується кількість переходів, що дозволяє збільшити продуктивність і зменшити затримку. Підвищення рівня безпеки є ще одним питанням, яке може бути частково вирішене за рахунок застосування спрямованих антен.

Системи, засновані на використанні всеспрямованих антен, більш уразливі перед загрозою впливу навмисних перешкод. Характеристики фізичного рівня безпосередньо впливають на структуру інших рівнів і на продуктивність FANET в цілому.

Незважаючи на те, що вузли мережі розташовані в 3D–просторі, більшість існуючих досліджень використовує 2D–структуру топології FANET. Як показали досліди, поведінка антени в 3D–просторі може відрізнятися від поведінки в 2D, а

це може безпосередньо вплинути на фізичний рівень. Аналіз продуктивності існуючих протоколів фізичного рівня і розробки нових моделей фізичного рівня для 3D–простору багато в чому залишаються невивченими питаннями для мереж FANET.

2.1.4 MAC–рівень

Найбільш важливим для ефективної роботи радіомереж з комутацією пакетів є каналний рівень, точніше його MAC–підрівень, який забезпечує адресацію і механізми управління доступом до каналам. Незважаючи на те що MANET, VANET і FANET мають різні проблеми і характеристики, у них є ряд загальних конструктивних особливостей. В цілому FANET є підмножиною MANET і VANET. У цьому сенсі перші приклади реалізації FANET використовують стандарт IEEE 802.11 з всеспрямованими антенами. За допомогою RTS / CTS (англ. Request To Send / Clear To Send – запит на відправку / дозвіл відправки) – механізм CSMA / CA, який використовується в бездротових мережах стандарту IEEE 802.11 для виключення колізій кадрів і в якості способу для вирішення проблем «прихованого вузла » і « незахищеного вузла » .

Висока мобільність є одним з найбільш характерних властивостей FANET, внаслідок неї і великої різниці відстаней між вузлами часто виникають проблеми з якістю каналу зв'язку. Зміни значення затримки при передачі пакетів – це ще одна з проблем MAC–рівня в FANET. Особливо це критично для додатків реального часу.

Спрямовані антени, повно дуплексний радіоканал є прикладами перспективних технологічних досягнень, які можуть бути використані в FANET для MAC–рівня .У статті про lodmac протокол [LODMAC: Location Oriented Directional MAC protocol for FANETs] розглянуто протокол LODMAC (англ. Location Oriented Directional MAC protocol for FANET), який забезпечує як ефективний спосіб використання передачі даних за допомогою спрямованих антен, так і метод визначення і поширення даних про точне місцезнаходження

вузлів. В цьому випадку передбачається, що кожен БПЛА в FANET обладнаний двома приймачами.

Перший приймач–передатчик застосовується для оцінки місця розташування і відповідає за управління обміном пакетів, а другий застосовується тільки для передачі даних. В якості спрямованої антени пропонується використовувати антену з комутованих променем, в котрій кожен з променів займає досить вузький кутовий сектор. Як показано на (рис. 2.3), значення кута головного променя робить істотний вплив на максимальну кількість активних БПЛА. Крім цього, при вузьких кутах можливе встановлення більшої кількості одночасних з'єднань.

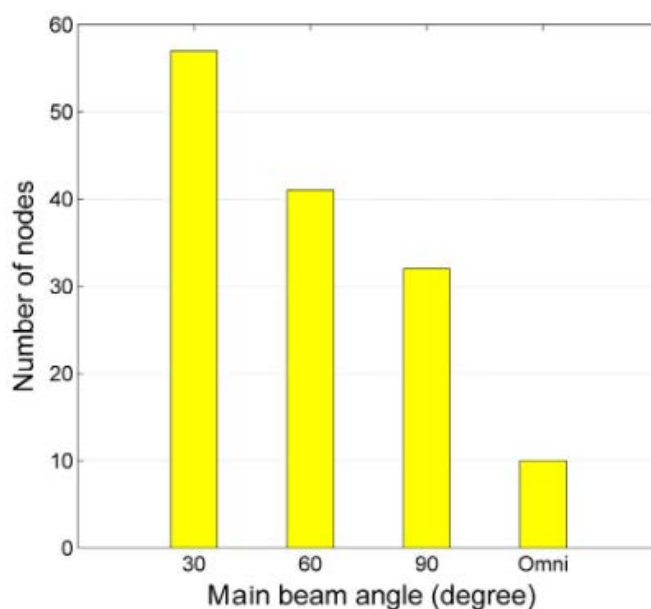


Рисунок 2.3 – Залежність максимальної кількості активних вузлів від значення кута головного проміню

2.1.5. Мережевий рівень

Початкові дослідження та експерименти в області мереж FANET були розроблені на основі існуючих протоколів маршрутизації для MANET. В одному з перших експериментів з архітектурою FANET використовувався проактивний протокол TBRPF (Topology dissemination base on reverse–path forwarding).

Проактивні протоколи маршрутизації заздалегідь будують маршрути між усіма вузлами мережі і підтримують на кожному вузлі актуальну таблицю маршрутизації. Невід'ємною частиною таких протоколів маршрутизації є механізм управління з'єднаннями, який встановлює логічні з'єднання між вузлами мережі, що знаходяться в зоні чутності один одного, а також закриває логічні з'єднання. Всі станції поширюють інформацію про встановлені логічних з'єднаннях по мережі. Таким чином, кожна зі станцій децентралізовано будує логічну топологію мережі і заповнює свою таблицю маршруту. Крім того, проактивні протоколи маршрутизації забезпечують мінімальну затримку доставки пакетів даних, а при зміні топології мережі ініціюється широкомовна розсилка повідомлень про ці зміни. Ще був запропонований реактивний протокол DSR (англ. Dynamic Source Routing). У реактивних протоколах маршрутизації маршрути існують тільки тоді, коли вони необхідні, тобто коли по ним ведеться передача даних. При первинному визначенні маршруту пакети відправляються по всіх можливих напрямках, в заголовок додається інформація про пройдений вузлі.

У підсумку, після досягнення мети, заголовок пакета містить повністю сформований маршрут між заданими вузлами. У разі виникнення петель, тобто повторного прийому першого пакету, вузол знищує даний пакет. Через високу рухливості вузлів в FANET підтримка таблиці маршрутизації, як в проактивних протоколах, не є оптимальна. Проте повторювані запити пошуку шляху перед кожною доставкою пакетів, як це відбувається в протоколах реактивної, можуть бути вичерпаними.

В окрему групу протоколів маршрутизації можна виділити протоколи, що використовують дані про місцезнаходження абонентів мережі. Адже вони геомаршрутизовані і задовольняють основним вимогам FANET. Наприклад, протокол GPSR (англ. Greedy Perimeter Stateless Routing). Ця група протоколів показує кращі результати при використанні для FANET, особливо в мережах з високою щільністю вузлів.

Для систем з нечисленними БПЛА надійність може бути серйозною проблемою, тому дуже рекомендується використовувати протоколи

геомаршрутизації в поєднанні з проактивними протоколами. особливо для додатків, що вимагають 100% надійності. На основі відомого проактивного протоколу OLSR (англ. Optimized Link State Routing Protocol) міжнародною групою вчених був розроблений новий протокол маршрутизації з використанням спрямованої антени, що отримав назву DOLSR (англ. Directional Optimized Link State Routing Protocol). Одними з найбільш важливих факторів, які впливають на продуктивність OLSR, є вибір безлічі транзитних вузлів MPR (англ, multipoint relay nodes), які істотно впливають на затримку.

2.2.1 Покриття місцевості

Було запропоновано рішення для більшого покриття місцевості, а саме, замість того, щоб зависати на фіксованому місці, DBS має постійно переміщатися всередину межі своєї клітини постійно зменшуючи відстань до активних користувачів. Зниження BS–користувачів повинна призводити до кращого прийому сигналу для всіх користувачів, підвищення загальної спектральної ефективності мережі та якості обслуговування (QoS), особливо для користувачів мобільних телефонів, які, як правило, страждають від нижчої продуктивності у звичайних стільникових мережах. Для чіткості ми будемо посилалися на постійний рух DBS як рухлива–DBS у майбутньому.

Реалізація рухливої DBS стає суттєвою науковою проблемою. Більш конкретно, безпілотники мають практичні польотні обмеження з точки зору швидкості польоту, поворотних кутів і максимальної частоти, при якій можна контролювати дрон. Крім того, існує проблема енергетичного споживання, для акумуляторів, керованих дронів. Взагалі кажучи, бажано, щоб неперервна рухливість DBS не повинна виснажувати акумулятор швидше, ніж зависаючий у повітрі DBS.

Як більше дронів стає доступним, ми можемо очікувати більших прибутків у майбутньому. Даний результат полягає в тому, що безпілотникам потрібно літати тільки на мінімальних швидкостях. Роблячи це, можна уникнути будь–

якого негативного впливу на час витримки акумулятора. Також демонстровано, що оптимальне рішення забезпечує лише скромні покращення в порівнянні з кращими евристичними алгоритмами, в яких використовується теорія, для того, щоб зробити мобільність для бездротових базових станцій.

Нарешті, автономний контроль за рухом безпілотної буде вимагати невисокої складності і таким чином реалізації алгоритмів для переміщення дронів, щоб була досягнута максимальна ефективність реалістичності сценаріїв для руху. Враховуючи, що інтерференція між клітинами ускладнюється коли БС не перебуває в одному місці, це стає більш складнішим для пошуку шляху руху, який мінімізує таке втручання.

2.2.2. Оптимальне розгортання дронів

Наскільки нам відомо, питання, що стосуються рухливої-DBS не були адекватно проаналізовані в літературі. В статті пропонують нову назву для цього сценарію – DroneCell, де дрони постійно рухаються в просторі комірок з метою обслуговування користувачів на ближчій відстані та тим самим покращуючи спектральну ефективність мережі та QoS користувачів мобільних телефонів. На основі експериментально отриманих обмежень спритності, пропонують три практично здійсненні алгоритми керування рухомим дроном з різною складністю і продуктивністю.

Симуляції показують, що, використовуючи існуючі споживчі безпілотної, запропонована рухлива евристика може ефективно покращувати спектральну ефективність на 34% і 5-відсотків, а пропускну спроможність пакетів на 50% більша, порівняно з сценарієм де дрони накладаються на фіксовані місця.

Розгортання безпілотної у оптимальних місцях для виконання різних цілей мережі також досліджуються в літературі. В статті Аль-Хоріані та ін. надано аналітичну модель, щоб знайти оптимальну висоту для одного БПЛА, що забезпечує максимальне охоплення площі. Сервісний порог з точки зору максимально допустимих втрат шляху, визначений у цій моделі. Ще одне недавнє

дослідження Мозафарі та співавт. передбачає пошук оптимальних меж клітин та розташування для розгортання декількох БПЛА, що не будуть заважати один одному.

Метою дослідження є мінімізація загальної потужності для передачі на БПЛА, а також оптимальне розміщення БПЛА, для того щоб боротися з ситуацією на стихійних лихах та покращити громадський зв'язок.

Ми шукаємо місце оптимального розташування БПЛА в цільовій області. Більш того, дослідниками обговорювалися поняття про знахідку оптимального місця 3D розгортання бездротової осередки для забезпечення сигналом максимальної кількості користувачів, що задовольняють обмеження їх SNR (коефіцієнт сигнал–шум). Для того, щоб розгортати БПЛА в оптимальному місці, в літературі також досліджується динамічний рух БПЛА. Підтримка з'єднання MANET обговорюється в роботах іноземних дослідників, через контроль руху єдиного БПЛА.

Для управління рухом БПЛА використовується «модель дерева», щоб покращити зв'язок для мобільних додатків користувачів, покращення ймовірності повного з'єднання між користувачами наземного зв'язку через багатопрохідний бездротовий зв'язок. Тут центр і радіус кругової траєкторії для UAV налагоджується для кращої продуктивності управління рухом ланцюга БПЛА, а для поліпшення проаналізовано потенціал зв'язку між двома мобільними вузлами. Модель штучного потенційного поля використовується для управління швидкості та кута заголовка БПЛА. Крім того, вивчалась максимальна пропускна спроможність для зв'язку між фіксованим джерелом та адресатом через рухоме реле UAV. Проблема оптимізації траєкторії при заданій силі розподілу формулюється як нерозрішена оптимізаційна задача.

Адаптація розташування одного БПЛА, що діє як точка для збору даних від мобільних користувачів і пересилання їх на іншу базову станцію була вже досліджена. Це було для того щоб БПЛА міг передбачити місцезнаходження користувачів за допомогою будь-якого алгоритму прогнозування позицій. Мета полягає в оптимізації досяжного рівня вхідної лінії зв'язку для користувачів.

Також запропоновано динамічний контроль руху для одного дрона базової станції, щоб максимізувати спектральну ефективність завантаження посилення. Надалі його було поширено на багатокамерний сценарій.

Немає обмежень для руху дронів. Обмеження безпілотників досліджується за допомогою експериментів і моделювання. Крім того, було проаналізовано вплив різних елементів мережі а також параметри апаратного забезпечення на досягнутому вигаши DroneCells.

2.2.3 Мережева модель

На (рис. 2.4) показана архітектура мережі DroneCells. припустимо сітку N -клітин, де кожна клітина є $1\text{ (m)} \times 1\text{ (m)}$ квадрат обслуговується однією DBS. Кожна DBS, яка може бути підключена до сусіднього макростільника з бездротовим зворотним зв'язком, несе відповідальність за бездротовий зв'язок послуги для користувачів у своїй клітині (fronthaul). У кожній клітині є U мобільних користувачів, пов'язаних з DBS цього стільника. Набір всіх безпілотників і набір всіх користувачів позначаються U і N , відповідно. Очевидно, $|N| = N$ і $|U| = U$ повинен бути задоволеним, де $|\cdot|$ виводить розмір набору. Ми розглядаємо ортогональний розподіл частот між зворотнім зв'язком і прямим, це означає, що ми не робимо будь-якого втручання між цими двома посланнями.

Однак, безпілотники використовують таку ж смугу частот, створюючи таким чином потенціал для міжклітинних перешкод. Передбачається, що бездротова передача від DBS може створювати перешкоди на мобільних пристроях користувачів в сусідніх клітинках до k метрів. Перешкоди далі k метру незначне. Далі ми припускаємо, що кожен DBS передає дані користувачам, які використовують фіксовану передачу потужністю $r(\text{tx})$ (ват), загальна пропускна здатність B (в Гц) з центральною несучою частотою f (Гц). Наземна дистанція або двовимірний (2D) відстань між користувачем $u \in U$ і дроном $n \in N$ визначається відстанню між користувачем і проекцією безпілотника на землю, позначене як $r(u,n)$.

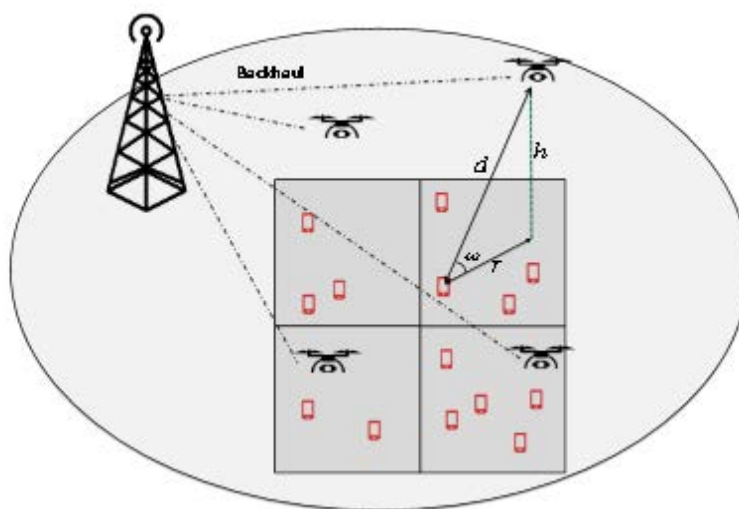


Рисунок 2.4: – 2x2 (4 клітини) мережева модель DroneCells

2.2.4 Модель трафіку

Кожен користувач слідує за моделлю трафіку, що, по суті, передбачає, що користувацький пристрій неперервний і логічно чергується між часом читання і часом передачі:

- Час читання визначається як часовий інтервал між кінцем завантаження попереднього пакета даних і запитом на наступний. Це слід експоненціального розподілу з середнім значенням λ (сек.)

- Час передачі (τ сек.) визначається як час інтервалу між запитом пакета даних і кінцем його завантаження. Фактичний час передачі залежить від довжини пакету та обсягу ресурсу виділеного користувачеві.

Прийнято вважати, що всі пакети мають фіксований розмір s (М/Байт). Під час передачі τ , пов'язаний користувач називається «активним» користувачем. Набір всіх активних користувачів у комірці n в конкретний час t позначається як: $Q_n(t)$ ($0 < |Q_n(t)| < U$).

2.2.5 Модель каналу

Бездротовий канал між DBS і мобільним користувачем на місці моделюється за нещодавно введеною імовірнісною LoS моделлю, в якій ймовірність наявності зв'язку LoS між дроном та його користувачем залежить від кут нахилу (ω) лінії передачі.

Функція ймовірності LoS виражена як: $p_{\text{Los}}(u,n) = 1/(1 + \alpha \exp(-\beta [\omega - \alpha]))$. Де α і β є середовищно-залежними константами, ω дорівнює арктангенсу($h / r(u,n)$), і h позначає висоту. В результаті, ймовірність наявності NLoS з'єднання можна записати як $p_{\text{NLos}}(u,n) = 1 - p_{\text{Los}}(u,n)$.

2.2.6 Мобільність користувача

Користувачі в комірці рухаються відповідно до випадкової точки (RWP), яка широко використовується для вивчення мобільності користувачів у стільникових мережах. У цій моделі кожен користувач вибирає випадковий шлях в клітині незалежно від інших користувачів і рухається відповідно прямої траєкторії, з постійною швидкістю, що вибрані випадковим чином з заданого діапазону. Після досягнення призначення, користувачі можуть призупинитись деякий час, перш ніж продовжувати рухатись до іншого місця призначення. Тривалість паузи також вибирається випадковим чином з заданого діапазону.

2.2.7 Мобільність DBS

Хоча безпілотники здатні рухатися в 3D-просторі, з літератури оптимальною висотою для розміщення невеликої клітинки базової станції є 10 метрів. Висота антени нижче 10 м викликає проблеми покриття, в той час як вище 10 м збільшує перешкоди з сусідом клітини. Тому буде доцільно встановити висоту DBS на 10 м, а також розглянемо рухливість DBS тільки в 2D-лінії. У

теорії може бути багато різних моделей мобільності 2D, розглянутих для DBS. Деякі з цих моделей можуть знадобитися, тому що треба зупинитися в певному місці перед тим, як змінити напрямок і рухатися знову. Часті зупинки та запуск, вводять затримки та споживають більше енергії акумулятора.

Зауважимо, що більшу увагу було поставлено на аналізі малих клітин мережі (SCN) з ортогональним розгортанням в існуючих макро– клітинних мережах, де маленькі клітини та макроеlementи працюють на різному частотному спектрі, тобто сценарій малих клітин як такі, DBS перешкоджають один одному, але не з макроеlementами (рис. 2.5).

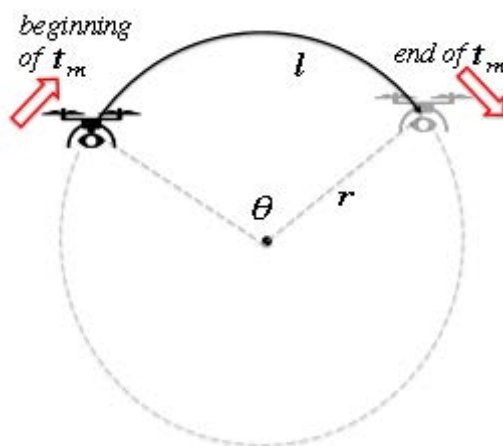


Рисунок 2.5 – Шлях дрону під час руху

2.3.1 Сімейство стандартів IEEE 802.11

Стандарт IEEE 802.11 є базовим стандартом і визначає протоколи, необхідні для організації бездротових локальних мереж (WLAN).

Цей стандарт має на увазі використання обладнання, яке оснащено бездротовим адаптером (безпроводною мережевою картою –Network Interface Card, NIC) і здійснює обмін інформацією між пристроями за допомогою передачі її по радіоканалу.

Стандарти IEEE 802.11 передбачають такі режими роботи бездротових мереж:

- режим «Ad Hoc»;
- клієнт / сервер (Infrastructure Mode).

У режимі Ad Hoc (Independent Basic Service Set, IBSS) або режимі Peer to peer (точка–точка) всі вузли (комп'ютери, смартфони або станції), взаємодіють безпосередньо один з одним. При такому режимі роботи створення інфраструктури недоцільно. Найбільш важливими недоліками цього режиму є обмежений радіус дії організованої мережі і проблеми з маршрутизацією для передачі інформації за межі зони розташування вузлів.

У режимі клієнт / сервер (Infrastructure Mode) усі вузли мережі взаємодіють один з одним через точку доступу (Access Point, AP), а не напряму, як в режимі Ad Hoc. Точка доступу – програмно–апаратний пристрій, який виконує роль розподільника інформації між клієнтами безпроводної мережі і додатково забезпечує обмін нею з зовнішньої мережі..

Існує два варіанти взаємодії вузлів з точками доступу:

- базовий або основний набір сервісів (Basic Service Set, BSS);
- розширений набір сервісів (Extended Service Set, ESS).

При BSS усі станції зв'язуються з однією точкою доступу, яка так само виконує функцію моста з зовнішньої СПД (мережею передачі даних). У розширеному режимі ESS інфраструктура мережі об'єднує декілька BSS. В такому випадку точки доступу взаємодіють між собою по LAN (через кабельну мережу або через радіоміст), що, в свою чергу, дозволяє передавати трафік від станції, що обслуговується однією точкою доступу BSS до станції, що обслуговується іншою точкою доступу і під зовнішню мережу передачі даних.

Необхідно відзначити, що мережеві додатки, операційні системи, протоколи можуть так само добре працювати в мережі IEEE 802.11, як і в Ethernet. У зв'язку з цим стандарти IEEE 802.11 визначають роботу безпроводної мережі лише на двох нижніх рівнях моделі ISO (International Organization for

Standardization) / OSI (Open Systems Interconnection) – фізичному і каналному (Рисунок 2.6).

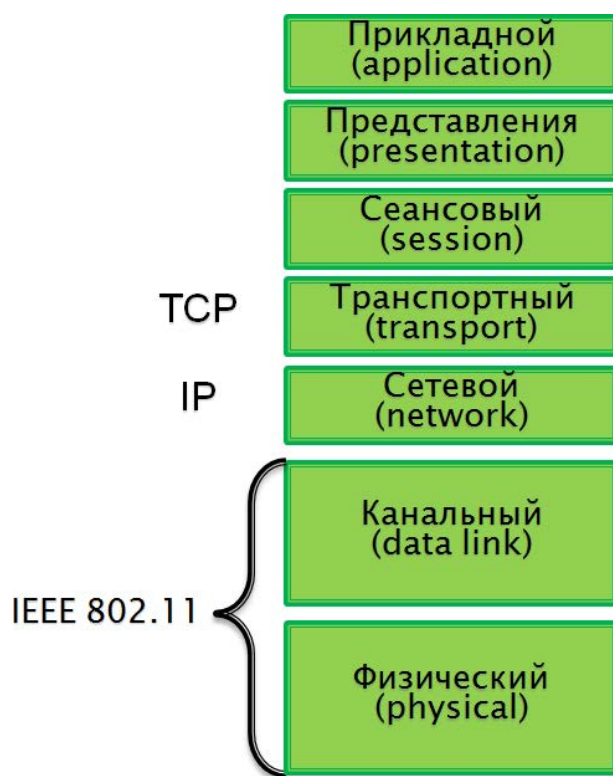


Рисунок 2.6. – Відповідність сімейства стандартів IEEE 802.11 рівням моделі OSI

Обидва цих рівня мають особливості через втрати пакетів внаслідок перешкод і колізій, а також того, що передача інформації через безпроводну середу пов'язана з небезпекою несанкціонованого доступу. Тому стандарт IEEE 802.11 включає в себе опис фізичного рівня (PHY) і рівня управління доступом до середовища (MAC).

Фізичний рівень (PHY) у сімействі стандартів IEEE 802.11, розділений на два підрівні PLCFP і PMD.

PLCP (Physical Layer Convergence Protocol) – підрівень, який виконує процедуру відображення модуля даних протоколу (Protocol Data Unit, PDU) підрівні MAC у фрейм формату DSSS (Direct Sequence Spread Spectrum) і FHSS (Frequency Hopping Spread Spectrum). Ця процедура виконує передачу, виявлення несучої і прийом сигналу.

Варто звернути увагу на те, що для розширення спектра сигналу і його захисту від спотворень даних і перешкод на фізичному рівні в стандарті IEEE 802.11 використовується один з методів передачі сигналів: прямий по-послідовності DSSS або метод частотних стрибків FHSS. Спільне застосування цих методів неможливо, так як ці методи не мають сумісної вартості один з одним. Нові технології застосування широкосмугового сигналу, які використовуються в радіочастотних методах, збільшують надійність і пропускну здатність.

PMD (Physical Medium Dependent) – підрівень, що залежить від середовища передачі даних. Він забезпечує дані і сервіс для підрівня PLCP і функції радіопередачі, прийому, результатами яких є потік даних, інформація про час прийому, параметри прийому. Основним робочим станом PLCP є виявлення несучої і оцінка зайнятості каналу. Для виконання передачі PLCP перемикає PMD з режиму «Прийом» в режим «Передача».

Канальний рівень стандартів IEEE 802.11, так само, як і фізичний, розділений на два підрівні:

- LLC (Logical Link Control) – управління логічним зв'язком;
- MAC (Media Access Control) – управління доступом до носія.

У мережах стандартів IEEE 802.11 використовується той же LLC і 48-бітова адресація, що і в інших мережах сімейства стандартів IEEE 802.x. Це дає можливість легко об'єднувати бездротові і дротяні мережі

Питання, які стосуються регулювання спільного використання середовища передачі даних вузлами бездротової мережі, вирішуються на рівні доступу до середовища передачі даних (MAC-рівні). Очевидно, що повинні існувати певні регламентні правила спільного використання середовища. Якщо кожен вузол бездротової мережі, не дотримуючись правил, буде передавати дані в ефір, то в результаті інтерференції кількох таких сигналів вузли, для яких призначалася відправлена інформація, не тільки не зможуть її отримати, але і зрозуміти, що дана інформація була призначена їм. Описана вище ситуація вказує на

необхідність існування жорстких регламентуючих правил, які визначають колективний доступ до середовища передачі даних.

2.3.2 Сімейство IEEE 802.11n

При використанні пристроїв стандарту IEEE 802.11n, вкрай важливо зрозуміти, які саме удосконалення були реалізовані в цьому стандарті, на що вони впливають, а також як вони поєднуються і співіснують з мережами застарілого стандарту IEEE 802.11a / b / g бездротових мереж. Важливо зрозуміти, які саме додаткові особливості стандарту IEEE 802.11n реалізовані і підтримуються в нових бездротових пристроях.

Удосконалення в стандарті IEEE 802.11n торкнулися зміни на каналному і фізичному рівнях. На каналному MAC-рівні реалізоване більш ефективне використання доступної пропускної здатності. На фізичному рівні (PHY) реалізована поліпшена обробка сигналу і модуляції, додана можливість одночасної передачі сигналу через чотири антени. Разом ці вдосконалення дозволяють збільшити теоретично швидкість передачі даних до 600 Мбіт / с – збільшення більш ніж в десять разів, у порівнянні з 54 Мбіт / с стандарт IEEE 802.11a / g (сьогодні ці пристрої вже вважаються застарілими).

Одним з основних моментів стандарту IEEE 802.11n є підтримка технології багатоканального входу / виходу (Multiple Input Multiple Output, MIMO). За допомогою технології MIMO реалізована здатність одночасно прийому / передачі декількох потоків даних через кілька антен, замість однієї.

Стандарт IEEE 802.11n визначає різні антенні конфігурації «MxN», починаючи з «1x1» до «4x4» (найпоширеніші на сьогоднішній день це конфігурації «3x3» або «2x3»). Перше число (M) визначає кількість передавальних антен, а друге число (N) визначає кількість прийомних антен. Наприклад, точка доступу з двома передавальними і трьома приймальними антенами є «2x3» MIMO-пристроєм.

Чим більше пристрій підтримує стандарт IEEE 802.11n антен для одночасної роботи передачі / прийому, тим буде вище максимальна швидкість передачі даних. Однак, само по собі використання декількох антен не збільшує швидкість передачі даних або розширення діапазону. Основним в пристроях, що підтримують стандарт IEEE 802.11n є те, що в них реалізований вдосконалений метод обробки сигналу, який і визначає алгоритм роботи MIMO– пристрою при використанні декількох антен ».

Конфігурація «4x4» при використанні модуляції 64–QAM забезпечує швидкість до 600 Мбіт / с, конфігурація «3x3» при використанні модуляції 64–QAM забезпечує швидкість до 450 Мбіт / с, в той час як конфігурації «2x3» і «1x2» забезпечать швидкість до 300 Мбіт / с.

Інший додатковою особливістю стандарту IEEE 802.11n є– ється збільшення ширини каналу з 20 до 40 МГц.

У бездротових мережах використовуються два частотні діапазони 2.4 ГГц і 5 ГГц. Бездротові мережі стандарту 802.11b / g працюють на частоті 2.4 ГГц, мережі стандарту 802.11a працюють на частоті 5 ГГц, а мережі стандарту 802.11n можуть працювати як на частоті 2.4 ГГц, так і на частоті 5 ГГц.

У смузі частот 2.4 ГГц для бездротових мереж сімейства стандартів IEEE 802.11 доступні 13 каналів з інтервалами 5 МГц між ними. Для передачі сигналу бездротові пристрої стандарту використовують канали шириною 20 МГц. При цьому такий бездротовий пристрій фактично задіє 5 пересічних каналів. Наприклад, якщо точка доступу використовує канал 6, то вона надає значні перешкоди на канали 5 і 7, а також надає перешкоди на канали 4 і 8. Коли відбувається передача даних пристроєм, бездротової сигнал відхиляється від центральної частоти каналу ± 11 МГц. У деяких випадках відбувається відхилення енергії радіочастоти до 30 МГц від центрального каналу. Для виключення взаємних перешкод між каналами необхідно, щоб їх смуги відстояли один від одного на 25 МГц. Таким чином, залишається всього 3 непересічних каналів на полосах 20 МГц: 1, 6 і 11.

Бездротові точки доступу, що працюють в смузі частот 2.4 ГГц, в межах однієї покривної зони обслуговування повинні уникати перекривання інших каналів для забезпечення якості бездротової мережі. У реальності, продуктивність бездротової мережі залежить від багатьох факторів, таких як середовище передачі даних, частота радіохвиль, розміщення пристроїв і їх конфігурація. Однак не менший вплив на продуктивність мережі надає застосований тип колективного доступу до середовища передачі даних.

3 МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ МЕРЕЖІ

Розглянемо DSC, розташовану на висоті h метрів, передача сигналів і трафіку користувачам на місцевості. Щоб проаналізувати охоплення такої безпілотної літальної станції, необхідно прийняти відповідну модель втрати шляху, яка підходить для зв'язку з повітря до землі.

Як зазначено, приймач наземного зв'язку отримує три групи сигналів, включаючи LOS, сильні відбиті сигнали (NLOS) і багато відбитих компонентів, які викликають багатопроменеві зв'язки затухання. Ці групи можна розглядати окремо з різними вірогідностями виникнення.

Передбачається, що прийнятий сигнал класифікується лише в одну з названих груп (рис. 3.1). Кожна група має певну ймовірність виникнення, що є функцією навколишнього середовища, щільності та висоти будівель і кута нахилу. Ймовірність отримувати LOS і сильні компоненти NLOS значно вище, ніж згасання. Тому вплив малого масштабу затухання можна знехтувати. Загальний підхід до моделювання з повітря до каналу поширення землі – це розглянути LOS і NLOS компоненти разом з їх ймовірністю виникнення окремо один від одного. Для з'єднань NLOS через ефект затінення і відбиття сигналів від перешкод, втрата шляху вище, ніж LOS. Отже, крім втрат поширення вільного простору, різні втрати величини втрати шляху призначаються для LOS і NLOS.

Порушеннями шляху для з'єднань LOS та NLOS є:

$$\begin{aligned} L_{\text{LoS}}(dB) &= 20 \log\left(\frac{4\pi f_c d}{c}\right) + \xi_{\text{LoS}}, \\ L_{\text{NLoS}}(dB) &= 20 \log\left(\frac{4\pi f_c d}{c}\right) + \xi_{\text{NLoS}}, \end{aligned} \tag{3.1}$$

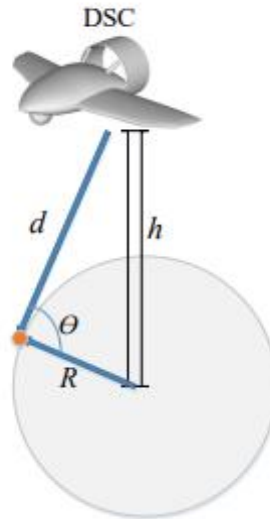


Рисунок 3.1 – Платформа малої висоти

Імовірність підключення LOS на висоті, кут θ визначається як:

$$P(\text{LOS}) = \frac{1}{1 + \alpha \exp(-\beta [\frac{180}{\pi} \theta - \alpha])}, \quad (3.2)$$

де α та β – постійні величини, які залежать від середовища (сільське, міське, щільне міське та ін.). Також вірогідність NLOS – це $P(\text{NLOS}) = 1 - P(\text{LOS})$. Рівняння вказує на те, що ймовірність зв'язку LOS між антеною базової станції і наземні користувачі є зростаючою функцією кута нахилу. Іншими словами, збільшуючи висоту кут між приймачем і передавачем, ефект затінення зменшується і стирається, а LOS-шлях існує з великою ймовірністю. Нарешті, середня втрата траєкторії як функції висоти DSC і радіус покриття стає:

$$\bar{L}(R, h) = P(\text{LoS}) \times L_{\text{LoS}} + P(\text{NLOS}) \times L_{\text{NLoS}}. \quad (3.3)$$

З огляду на цю модель каналу, наша перша мета – вивчити проблеми оптимальної висоти для одного DSC, що намагається охопити максимальне наземне покриття. Розглянемо DSC, який передає його сигнал з силою P_t , то отримана сила записується як

$$P_r(dB) = P_t - \bar{L}(R, h). \quad (3.4)$$

Точка покриття DSC, якщо її сигнал-шум (SNR) перевищує порогове значення, це:

$$\gamma(R, h) = \frac{P_r}{N} \geq \gamma_{th}, \quad (3.5)$$

Для потужності передачі, оптимальна висота DSC, що виникає в максимальному охопленні, обчислюється шляхом вирішення наступного рівняння:

$$\frac{180(\xi_{NLoS} - \xi_{LoS})\beta Z}{\pi(Z + 1)^2} - \frac{20\mu}{\log(10)} = 0, \quad (3.6)$$

4 МОДЕЛЮВАННЯ ЗВ'ЯЗКУ З ДРОНОМ

Було розглянуто декілька програмних забезпечень для моделювання:

- Cisco Packet Tracer
- NetCracker Professional 4.1
- Riverbed Modeler Academic Edition 17.5

4.1 Огляд програмного забезпечення для імітаційного моделювання

Імітаційне моделювання це процес створення й аналізу цифрового прототипу фізичної моделі для передбачення його продуктивності в реальних умовах. Імітаційне моделювання використовується, щоб допомогти дизайнерам і інженерам зрозуміти, за яких умов і яким чином, те що вони зробили, може працювати. Імітаційне моделювання також може допомогти передбачити багато подій. Аналізуються приблизні умови праці шляхом застосування програмного забезпечення для моделювання.

Стохастичні дискретні методології моделювання стають все більш популярними серед дослідників по всьому світу в останні роки. Така популярність є наслідком доступності різних складних і потужних програмних пакетів моделювання, а також із за гнучкості моделі побудови та перевірки запропонованих сценаріїв моделювання. встановлення параметрів, перевірка моделі, моделювання .

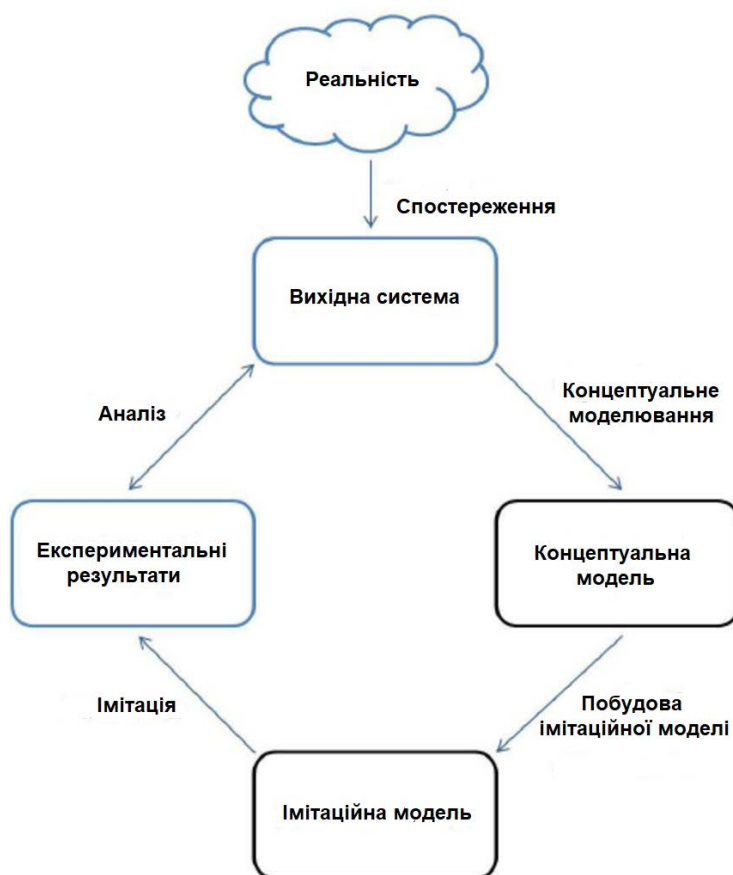


Рисунок 4.1 – Основні елементи імітаційної моделі

4.1.1 Cisco Packet Tracer

Packet Tracer – це зроблене для багатьох платформ програмне забезпечення для візуального моделювання, виготовлений при підтримці Cisco Systems, програма дозволяє створювати користувачам різні топології мережі та імітувати багато комп'ютерних. За допомогою інтерфейсу, що імітує, програмне забезпечення дозволяє користуватися конфігурацією комутаторів і маршрутизаторів Cisco це допомагає зробити імітаційний інтерфейс командного рядка.

У Packet Tracer використовується легкий для користування інтерфейс, він дозволяє користувачеві видаляти та додавати модельовані пристрої для будування мережі, які ви вважаєте за потрібне. Програма спрямована переважно для роботи з

студентами, як інструмент для навчання, що допомагає багатьом вивчати фундаментальні концепції.

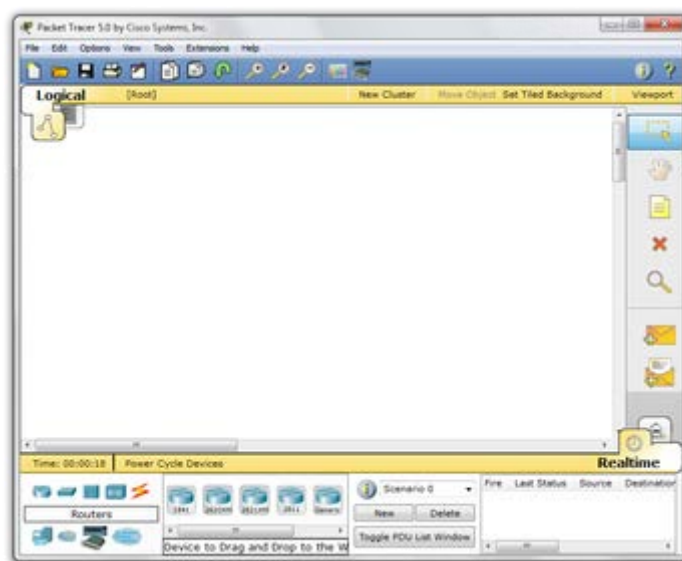


Рисунок 4.2 – Інтерфейс Cisco Packet Tracer

Packet Tracer дозволяє студентам створювати складні та великі мережі, що часто неможливо зробити з фізичним обладнанням через великі витрати. Packet Tracer зазвичай використовується студентами, оскільки він має безкоштовну основу. Однак, через функціональні обмеження, CISCO призначений для використання лише як навчальне допоміжне програмне забезпечення, а не заміна маршрутизаторів і комутаторів Cisco.

Сама програма має лише невелику кількість функцій, що знаходяться на фактичній апаратній основі, що використовує поточну версію Cisco IOS. Таким чином, Packet Tracer непридатний для моделювання виробничих мереж. Він має обмежений набір команд, тобто неможливо практикувати всі команди IOS, які можуть знадобитися. Packet Tracer може бути корисним для розуміння абстрактних мережових концепцій, таких як протокол маршрутизації Enhanced Internal Gateway, шляхом анімації цих елементів у візуальній формі. Packet Tracer також корисний для навчання шляхом надання додаткових компонентів, включаючи систему авторинга, моделювання мережевого протоколу та вдосконалення знань.

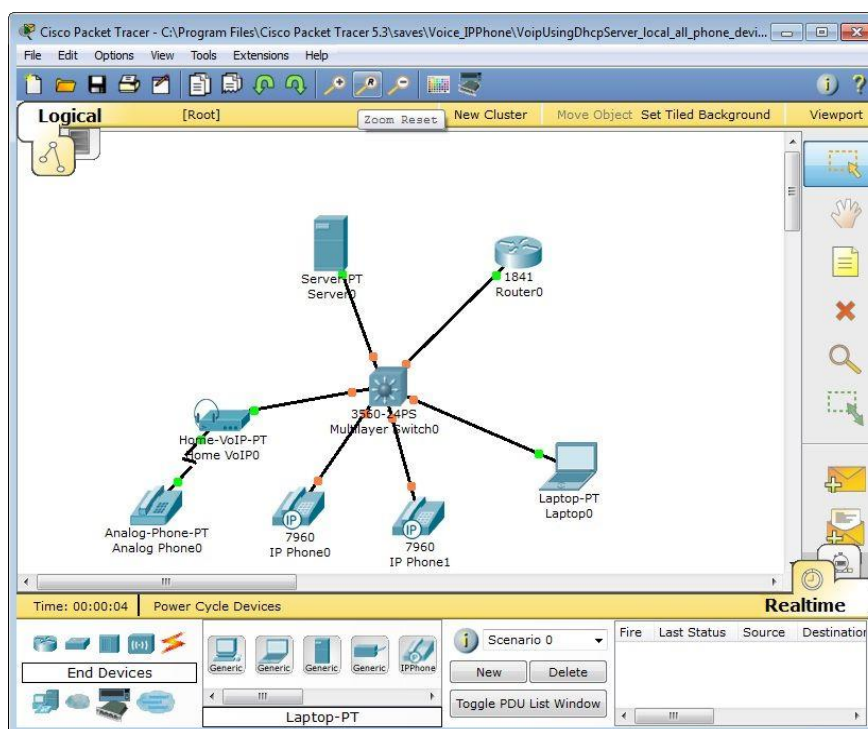


Рисунок 4.3 – Моделювання в Cisco Packet Tracer

Одним з великих плюсів цього програмного забезпечення є «режим імітації». В цьому режимі усі пакети, що проходять всередині мережі можуть бути відображені у вигляді графіку. Це надає можливість узнати в який момент і на якому рівні відбувається передача і який використовується протокол.

У цій програмі можна моделювати велику кількість пристроїв, а також багату кількість зв'язків між пристроями, що дозволяє проектувати надважкі та великорозмірні мережі.

Але в Cisco Packet Tracer немає мобільних точок та регулювання висоти чи дальності, між вузлами що проходять моделювання, це робить досліди неправдоподібними до реальних умов. Відстань між вузлами та висота точки доступу, а також мобільність являє собою ключові данні, від яких будуть залежати розглянуті характеристики.

У Cisco Packet Tracer та NetCracker Professional при моделюванні в якості точки доступу виступає маршрутизатор (Рисунок 4.3). Це буде важкий мінус, бо в даній роботі математична та експериментальна частини будуються для БПЛА,

тобто мобільної станції, що знаходиться на якійсь висоті, і прямує по якомусь маршруту.

4.2.2 NetCracker Professional

NetCracker Professional програмне забезпечення, що було розроблене компанією NetCracker Technology це інструмент моделювання та проектування (багато– та однорівневих) різних типів мереж, він представляє мережу у трьох видах: візуальний, унікальний та динамічний. Забезпечення містить велику базу даних з понад тисячею мережевих пристроїв різноманітних виробників й дозволяє добавляти, створювати до бази свої пристрої. Графічний інтерфейс цієї програми дозволяє планувати та проектувати досить легко мережу, навіть без навчання.

Однією з корисних та інтересних функцій є наглядне імітування з анімацією. Після проектування мережі, ми задаємо різноманітні види трафіка й перевіряємо її роботу за допомогою функції Auto Simulation.

Імітація роботи відбувається у реальному часі, це у разі невеликих проектів. В процесі самої імітації з тими параметрами, які наближені до реальних програмне забезпечення накопичує і відображає різні статистичні дані , котрі після завершення імітації можна розглянути або надрукувати у вигляді звіту.

В якості додаткового функціонування у цій програмі реалізовано такі можливості:

- розпізнавання та сканування реальних мереж і їх пристроїв з можливістю створення нового проекту на основі цих даних;
- імпортування проекту, створеного з допоміжним забезпеченням Microsoft Visio;
- експортування створених проектів до графічного файлу;
- можливість підрахунку собівартості усіх пристроїв та обладнання, що були долучені до проекту

Як у Cisco Packet Tracer, у NetCracker Professional немає прив'язки до відстані, зміни висоти чи траєкторії, між вузлами що моделюються.

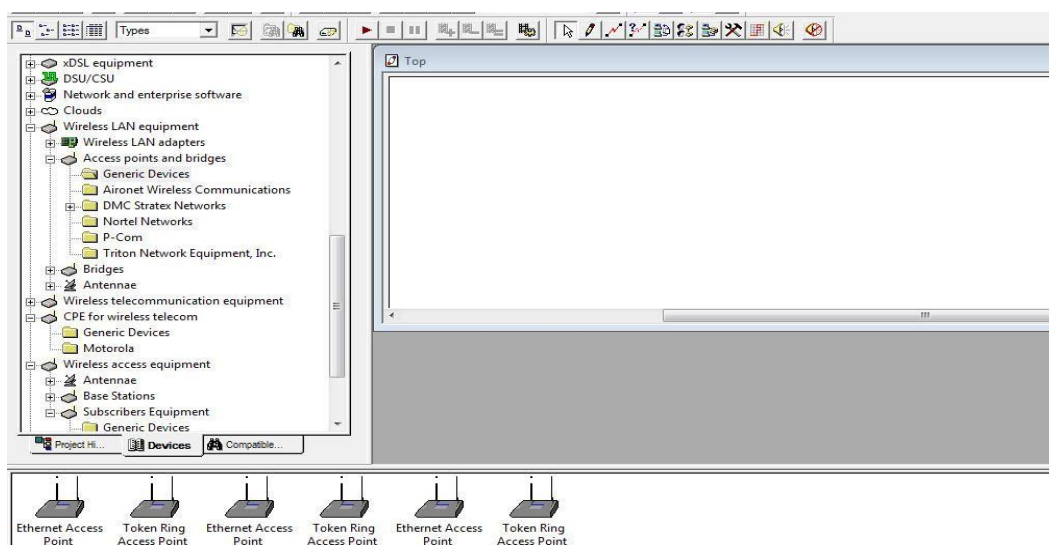


Рисунок 4.4 – Моделювання точки доступу в програмі NetCracker

4.2.3 Riverbed Modeler

Програмне забезпечення Riverbed Modeler розроблено Riverbed Technology, воно моделює з високою точністю, результати можуть бути масштабовані, також можна побачити детальний аналіз спектру бездротової і дротової мережі.

Ця програма допомагає організувати та оптимізувати компаніям їх інвестиції в мережі науково–дослідної та дослідно–конструкторської роботи. А також:

- розробляти фірмові та мережеві протоколи та технології;
- оцінювати удосконаленні протоколи засновані на стандартах;
- демонстрація та тестування технологій конструкцій до виробництва в реальному сценарії;
- збільшенню продуктивності R&D і прискоренню часу для виходу на ринки.

Riverbed Modeler може використовувати розширені можливості для імітації та моделювання мереж, у тому числі й:

- сотні моделей бездротових/дротових пристроїв та протоколів багатьох постачальників з відкритим кодом;
- ієрархічну середу для моделювання.
- масштабованість мереж моделювання, що включає поділи на місцевості й слабшання траси.
- 64 і 32 розрядні ядра моделювання повністю паралельні.
- графічний інтерфейс вже вбудовано, він робить на основі аналізу й налагодження, а також інтерфейс , що відкритий для вступу з зовні, об'єктних файлів імітаторів, та інших бібліотек.

У порівнянні з конкуруючими рішеннями, Modeler має найшвидший дискретний процес моделювання на усьому ринку. Економія часу з доступом до найбільшої бібліотеки з відкритим результатом дискретних імітаційних моделей.

4.3 Моделювання заданої мережі

Серед масштабних локацій при старті моделювання у програмному забезпеченні Riverbed Modeler Academic Edition було вибрано «Campus» (Рисунок 4.5) як найбільш відповідний до умов моделювання.

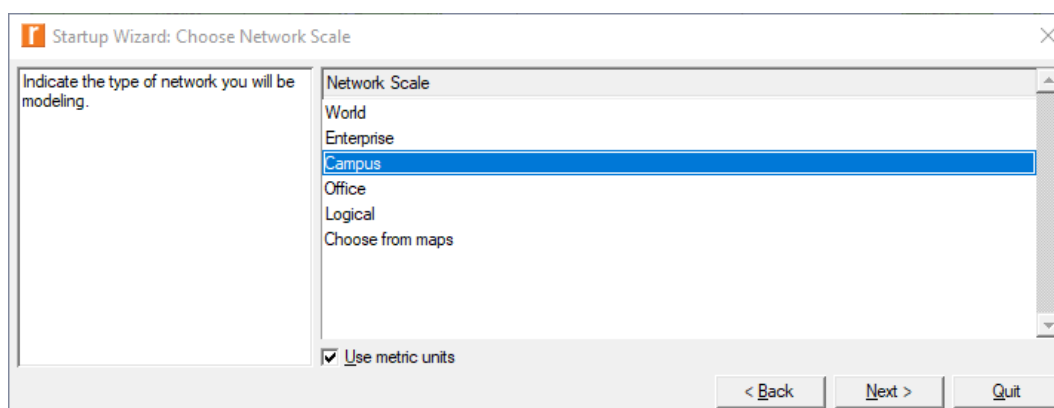


Рисунок 4.5 – Вибір локації у Riverbed Modeler Academic Edition

В якості обмеженої зони місцевості для моделювання було вибрано відкриту площадку розміром 5х5 кілометрів (Рисунок 4.6).

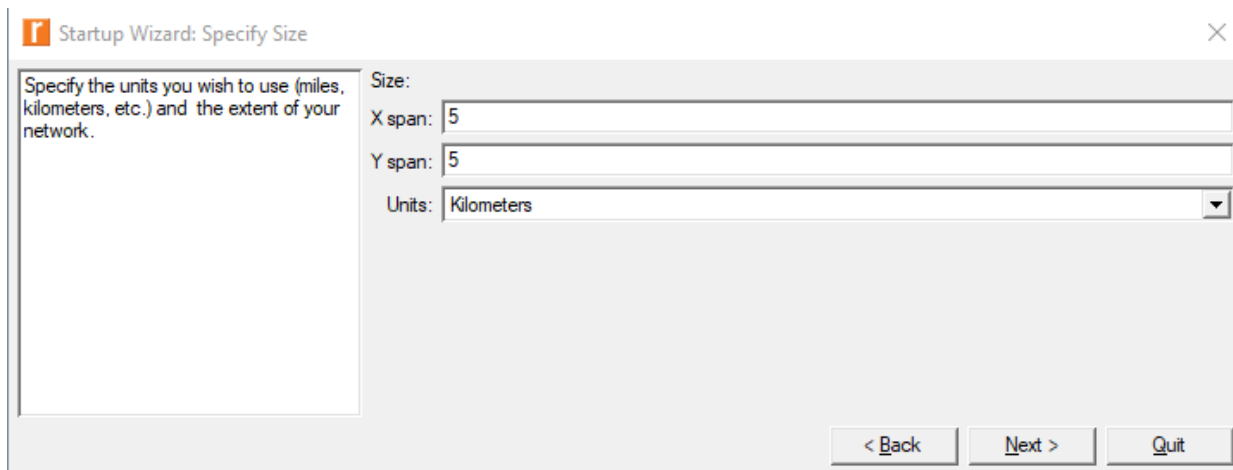


Рисунок 4.6 – Розмір зони моделювання

Із ієрархічного вікна Wireless LAN на робочу область були перенесені Мобільні станції, Імітатор дрону, та імітатори перешкод. (зв'язані з сервером для отримання трафіку).(Рисунок 4.7)

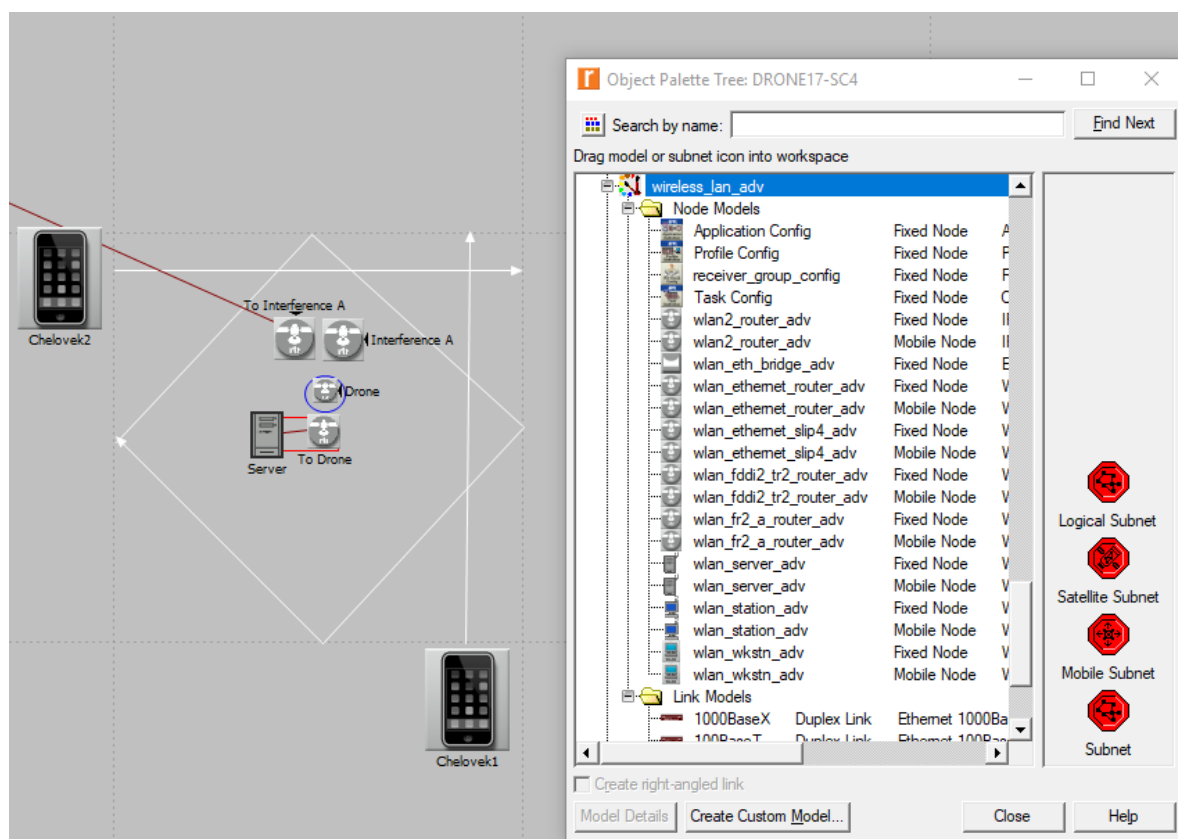


Рисунок 4.7 – Мобільні станції, дрон та перешкоди

4.4. Дослідження впливу зовнішніх умов на зв'язок з дроном

Щоб визначити вплив зовнішніх умов на зв'язок з дроном, потрібно змодельовати ситуацію, дрона в повітрі, який рухається за своєю траєкторією, та мобільна базова станція яка рухається своєю траєкторією. Тоді враховуючи дані, отримані при будівництві математичної моделі у 3 розділі, для цього виставимо необхідні параметри.

Параметр «Trajectory» вказує, що у даного вузла траєкторія Н1 (характеристики Рисунок 4.8) А саме Дистанція 500 метрів, час подолання дистанції 5 хвилин 54 секунди, швидкість руху 3.1 км/год, висота 0, тобто на землі.

Trajectory name:

	X Pos (km)	Y Pos (km)	Distance (km)	Altitude (m)	Traverse Time	Ground Speed	Ascent Rate (m/sec)	Wait Time	Accum Time	Pitch (degrees)	Yaw (degrees)
1	-66.068742	21.118.495124	n/a	0	n/a	n/a	n/a	0	00.00s	Autocomputed	Autocomputed
2	-66.063647	21.118.999567	0.5045	0	5m54.24s	3.1855	0	0	5m54.24s	Autocomputed	Autocomputed

☐ Coordinates are relative to object's position
 Execute trajectory times
☐ Traverse trajectory backward with wait time of seconds before execution

Ground speed in:
 Distance in:
 Altitude in:

Рисунок 4.8 – Характеристики траєкторії h1

«BSS Identifier», ідентифікатор мережі, тобто цифра 2 означає, що цей телефон підключається до мережі тільки з ідентифікатором 2.

«Access Point Functionality» параметр Disabled, означає, що вузол не є точкою доступу, а лише приймачем.

«Physical Char.» – це стандарт яким користується мобільна станція.

«App. Supp. Profiles» – профайл різновиду трафіка, а саме браузеринг в мережі (Рисунок 4.9)

Attribute	Value
Number of Rows	1
Peredacha Trafika17	
Name	Peredacha Trafika17
Description	(...)
Custom	Off
Database	Off
Email	Off
Rtp	Off
Http	Web TV
Print	Off
Peer-to-peer File Sharing	Off
Remote Login	Off
Video Conferencing	Off
Video Streaming	Off
Voice	Off
MOS	

Extended Attrs. Model Details Object Documentation

Filter

Match: ☐ Exact ☒ Substring ☐ RegEx
 Look in: ☒ Names ☒ Values ☒ Possible values ☒ Tags

☒ Advanced
☐ Apply to selected objects

OK Cancel

Рисунок 4.9 – Профайл різновиду трафіку

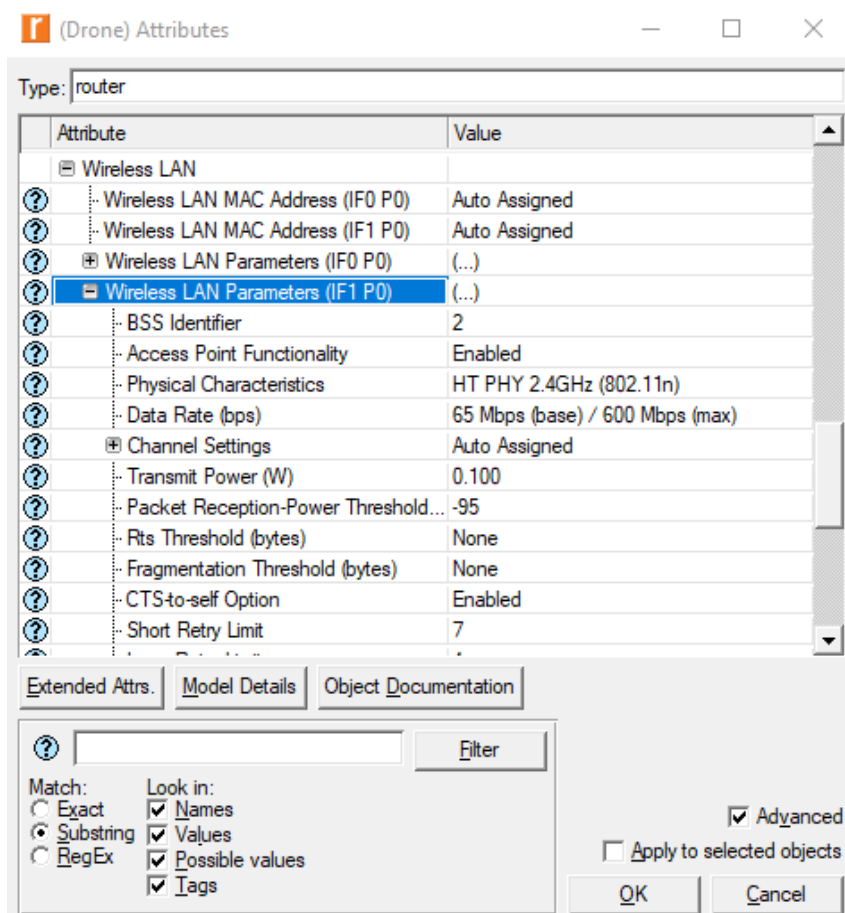


Рисунок 4.10 – Параметры дрона

Attribute	Value
name	Drone
model	wlan2_router_adv
x position	-66.2414153
y position	21,118.8042
trajectory	DroneM17
color	white
bearing	0.0
trajectory speed override	disabled
ground speed	
ascent rate	
threshold	0.0
icon name	rtr_sat
creation source	Object Palette
creation timestamp	06:25:09 Dec 05 2018
creation data	
pitch	0.0

Extended Attrs. | Model Details | Object Documentation

Match: ☐ Exact ☒ Substring ☐ RegEx

Look in: ☒ Names ☒ Values ☒ Possible values ☒ Tags

☒ Advanced ☐ Apply to selected objects

OK Cancel

Рисунок 4.11 – Параметри дрона та траєкторія

Edit Trajectory Information

Trajectory name: DroneM17

	X Pos (km)	Y Pos (km)	Distance (km)	Altitude (m)	Traverse Time	Ground Speed	Ascent Rate (m/sec)	Wait Time	Accum Time	Pitch (degrees)	Yaw (degrees)
1	-66.497602	21,118.741969	n/a	0	n/a	n/a	n/a	0	00.00s	Autocomputed	Autocomputed
2	-66.257151	21,118.996806	0.3501	30.000	3m42.04s	3.5266	0.135	0	3m42.04s	Autocomputed	Autocomputed
3	-65.998204	21,118.760465	0.3509	28.000	3m48.32s	3.4379	-0.009	0	7m30.36s	Autocomputed	Autocomputed
4	-66.244820	21,118.495353	0.3618	29.000	3m57.47s	3.4078	0.004	0	11m27.83s	Autocomputed	Autocomputed
5	-66.497602	21,118.748134	0.3578	30.000	4m09.62s	3.2064	0.004	0	15m37.45s	Autocomputed	Autocomputed

☐ Coordinates are relative to object's position

Execute trajectory 1 times

☐ Traverse trajectory backward with wait time of 0.000000 seconds before execution

Ground speed in: mi/hr

Distance in: kilometers

Altitude in: meters

Insert Delete Redefine... Import STK e... OK Cancel

Рисунок 4.12 – Траєкторія дрону

Отже ми бачимо, що дрон являє собою точкою доступу, і через нього проходить трафік, а мобільні станції отримують цей трафік, оскільки мобільна станція та дрон рухаються своїми траєкторіями, то якість сигналу вже буде не така як при статичному моделюванні.

4.5. Порівняння результатів моделювання

Отже, було порівняно 4 сценарію. Перший сценарій був без жодних перешкод, другий з ввімкненою 1 перешкодою, третій з 2 перешкодами, четвертий з затримкою дрону у повітрі та зниженням висоти.

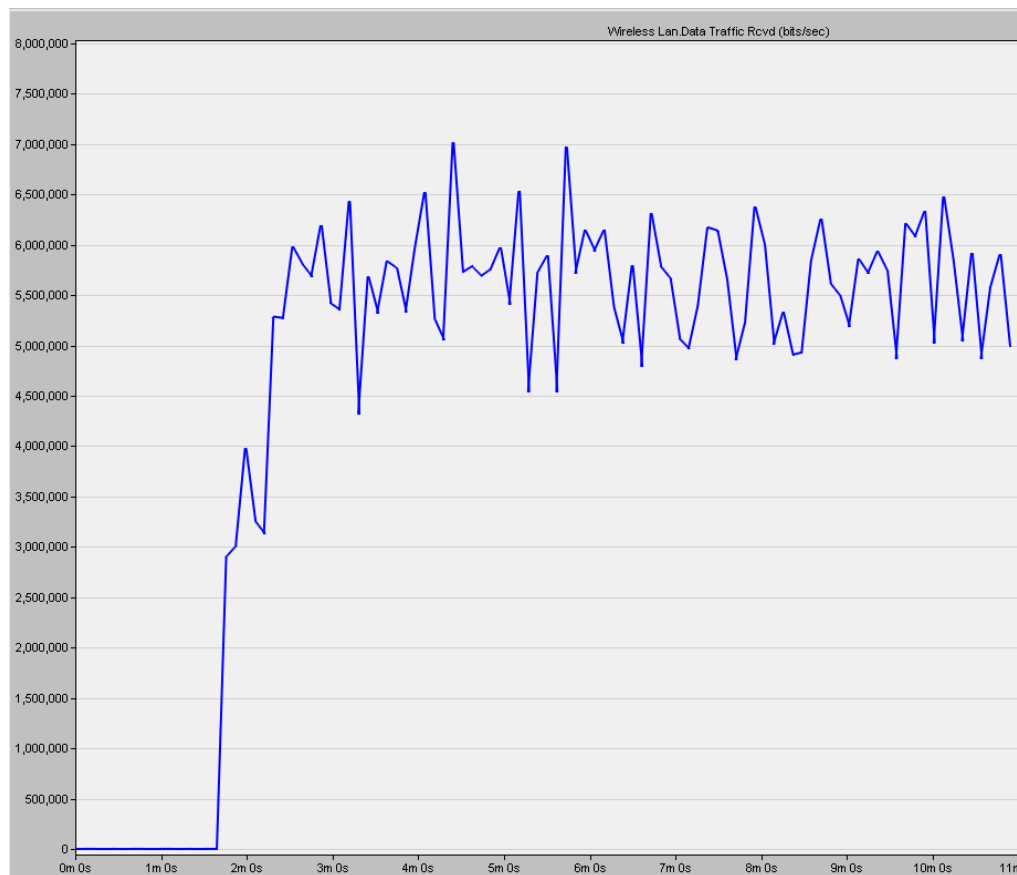


Рисунок 4.13 – Трафік прийнятий вузлом Chelovek1

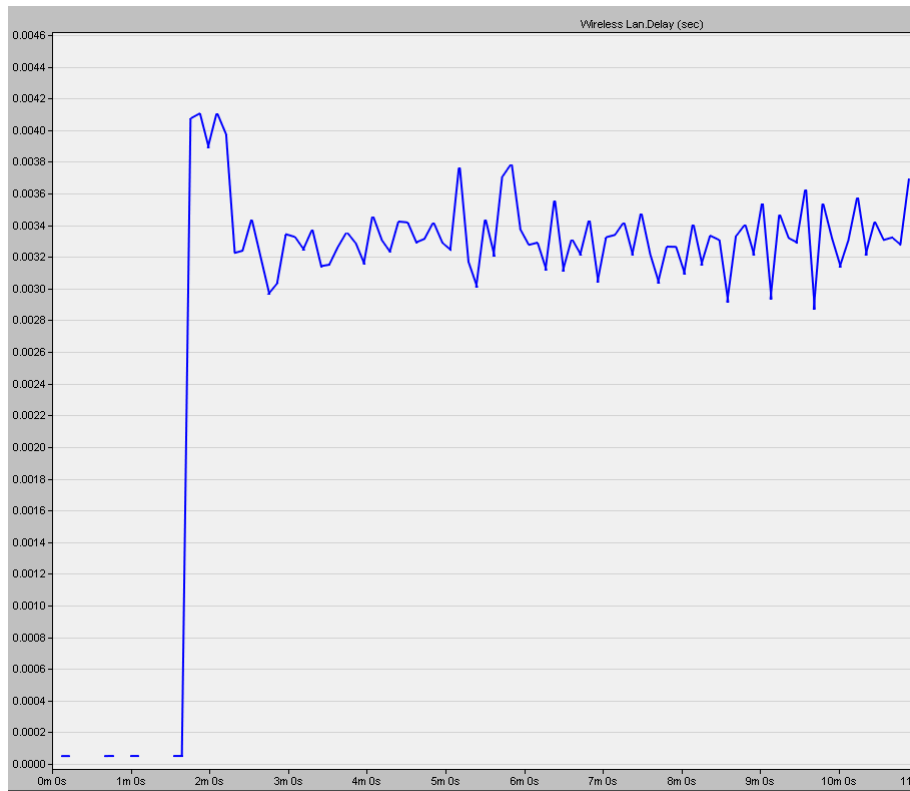


Рисунок 4.14 – Затримка 1 сценарію

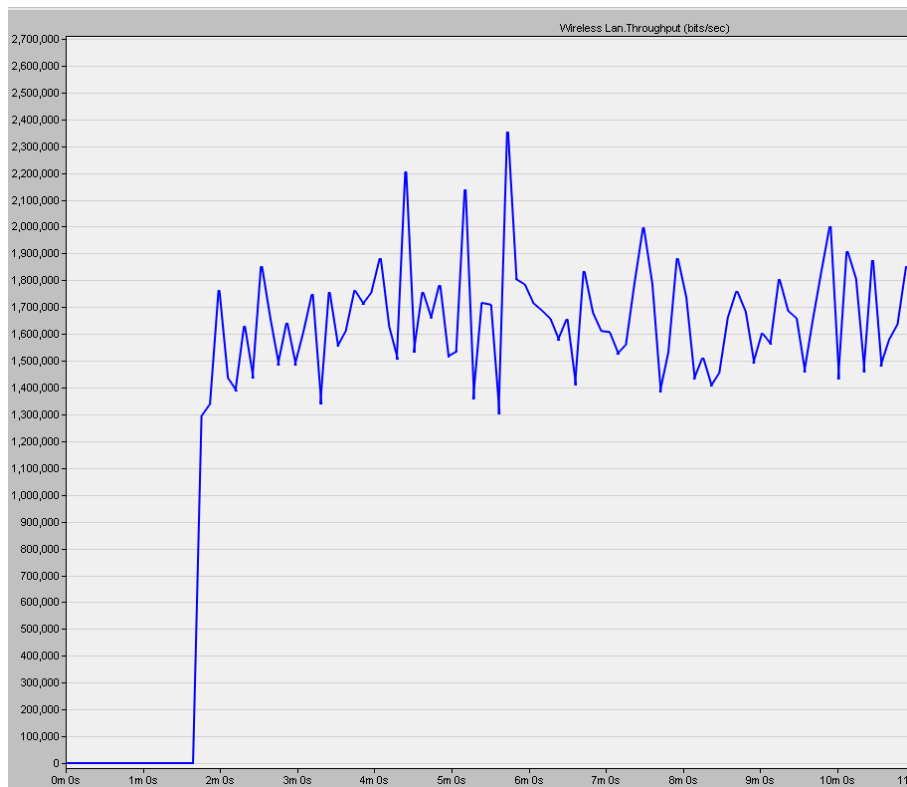


Рисунок 4.15 – Пропускна здатність 1 сценарію.

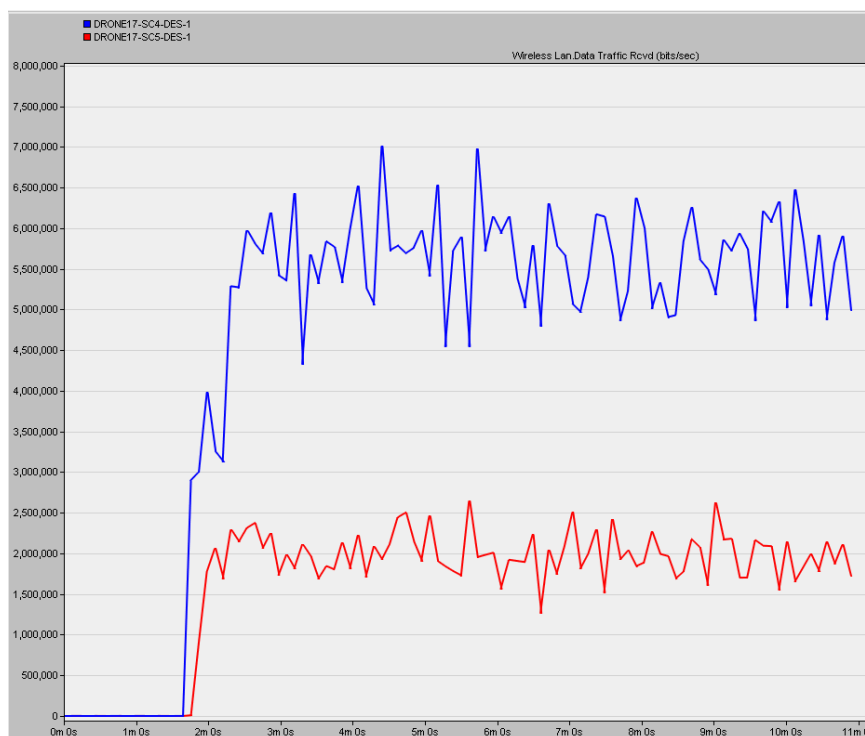


Рисунок 4.16 – Трафік 1 та 2 сценарію

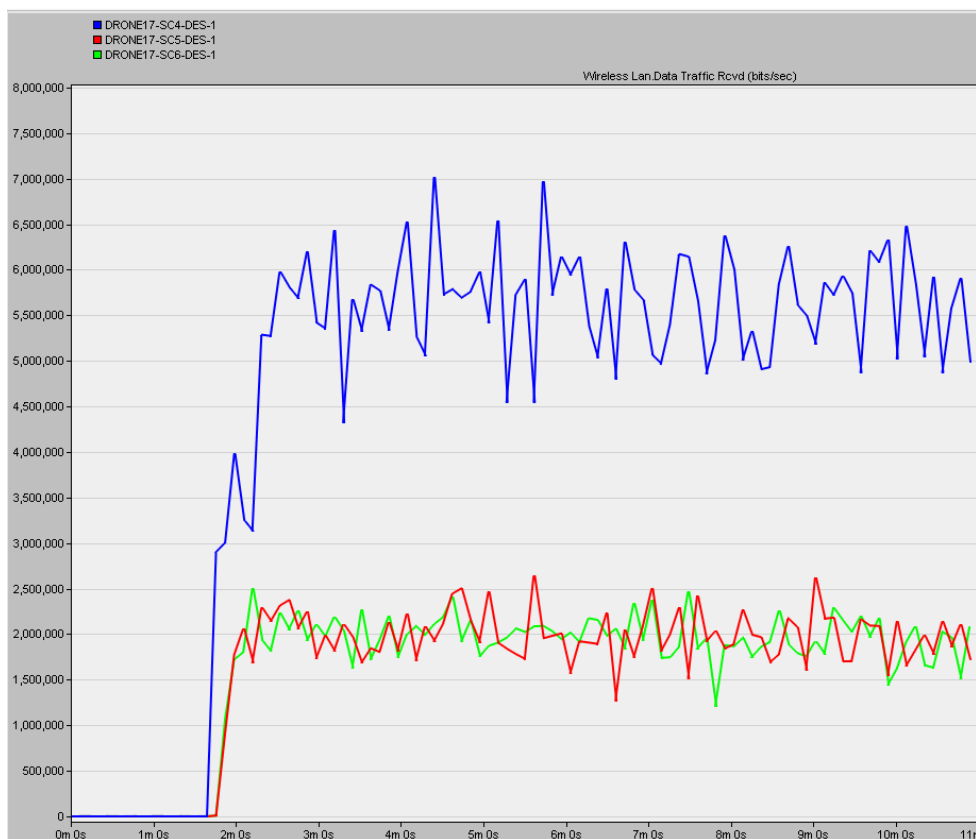


Рисунок 4.17 – Трафік 1,2,3 сценаріїв, де було змінено показники траєкторії

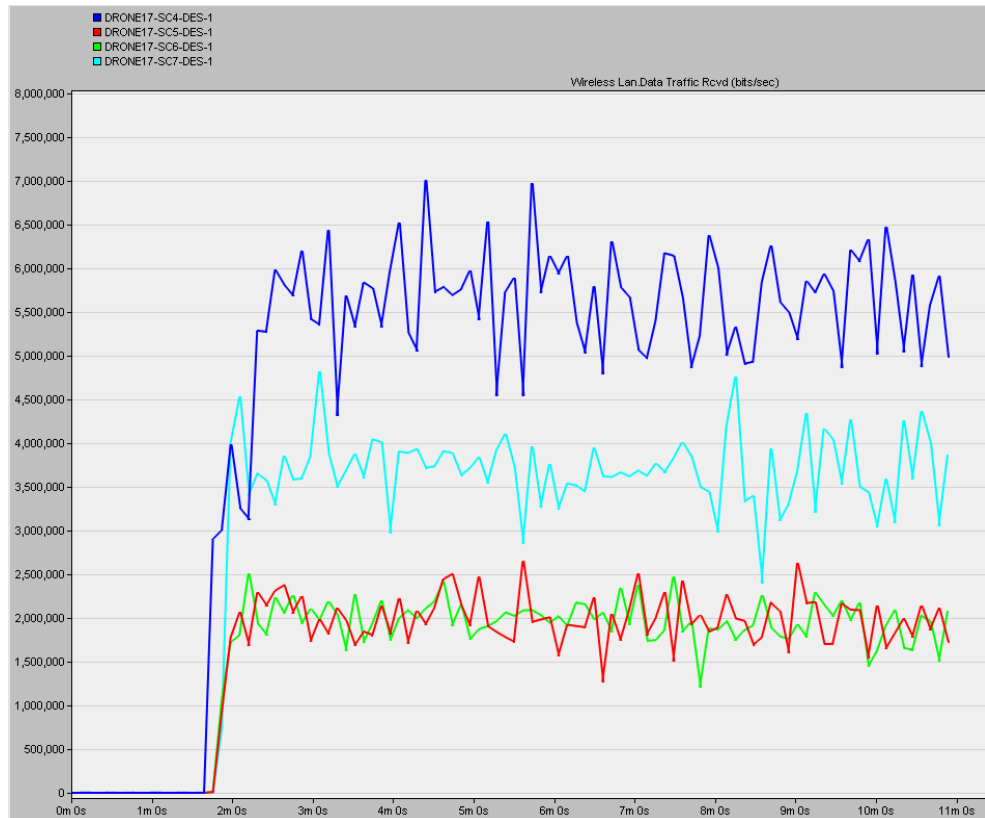


Рисунок 4.18 – Трафік 4 сценаріїв

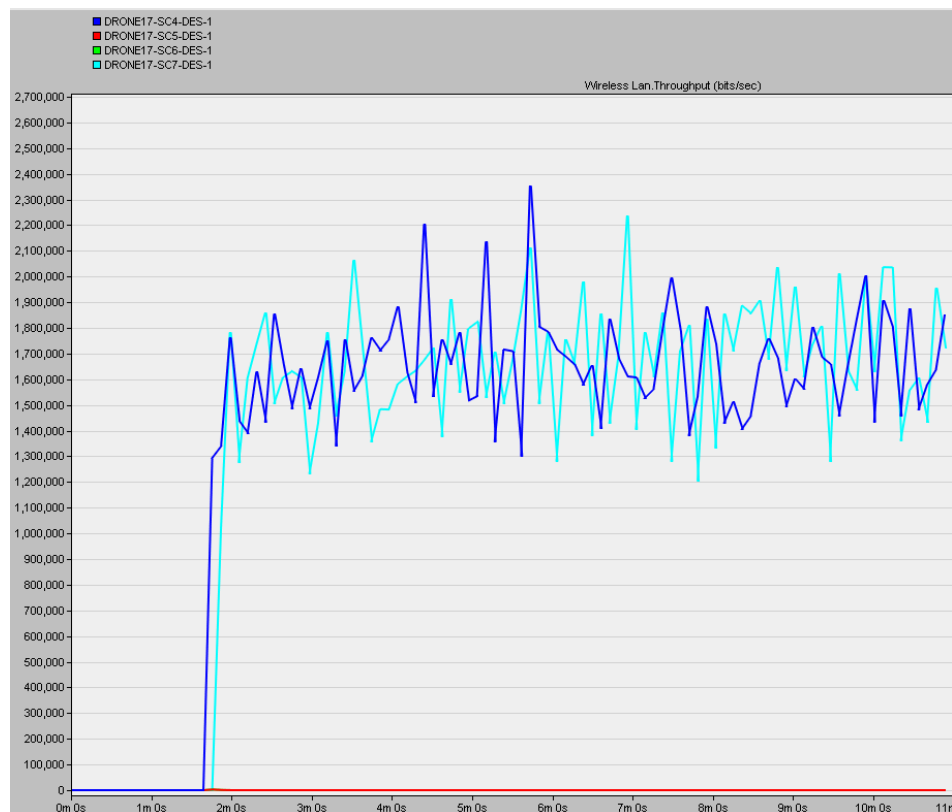


Рисунок 4.19 – Пропускна здатність 4 сценаріїв

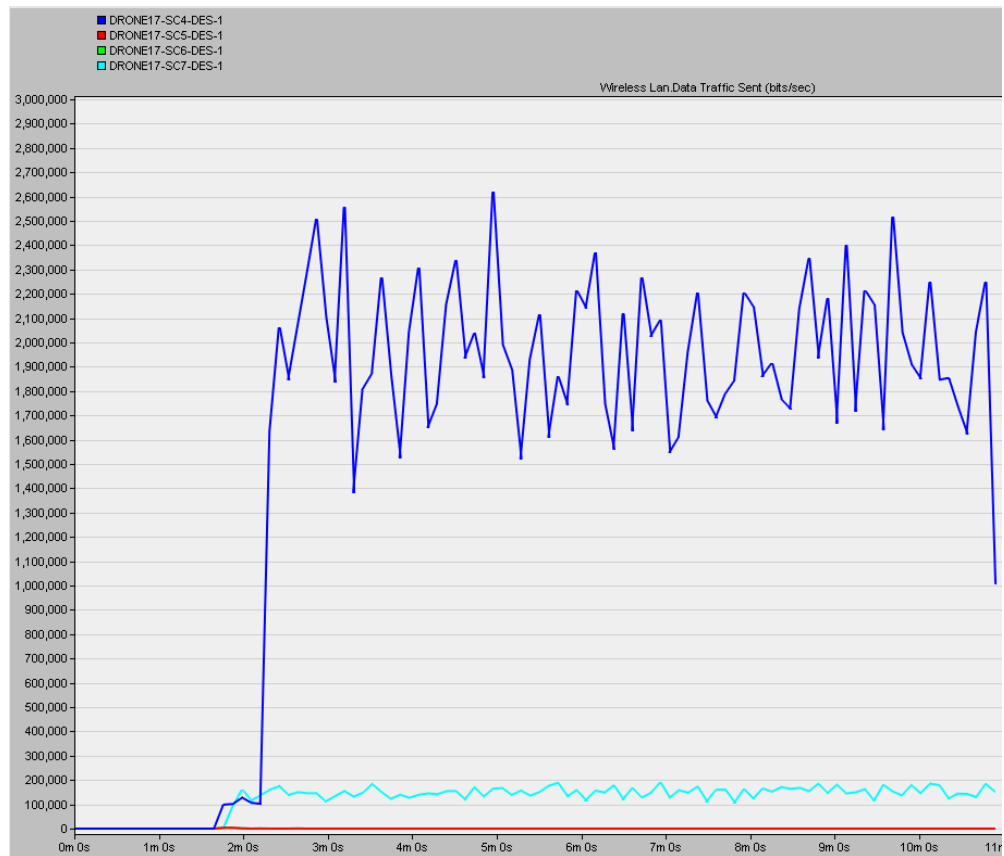


Рисунок 4.20 – Відправлений трафік у 4 сценаріях

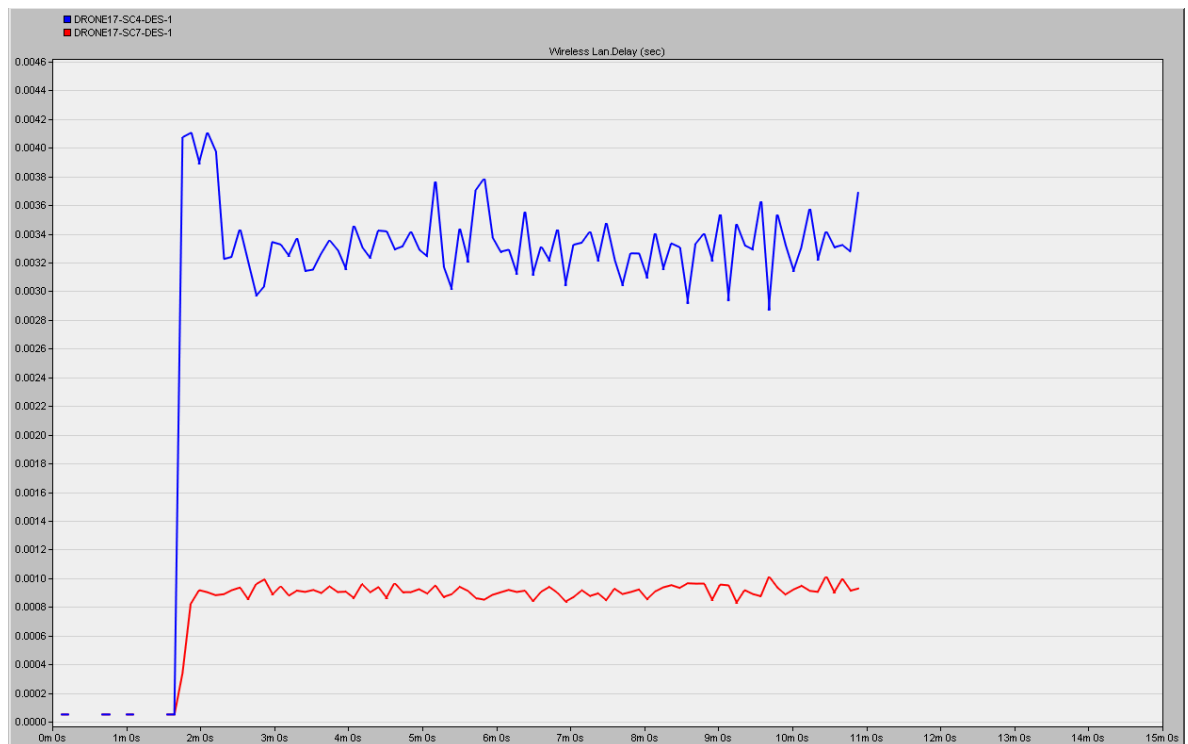


Рисунок 4.21 – Затримка 1 та 4 сценарію

Як, бачимо після зниження висоти та затримки дрона у повітрі на деякий час, показники на графіку покращились, це означає , що 4 сценарій дав нам позитивний результат.

5 ОРГАНІЗАЦІЙНО–ЕКОНОМІЧНІ РОЗРАХУНКИ

5.1 Тенденції розвитку технологій на ринку дронів

За словами співвласника Fly Technology, світовий ринок дронів дуже молодий. Він став масово і динамічно розвиватися з 2013 року. Тоді китайська компанія DJI випустила перший Phantom – просте у використанні коробочки рішення ready-to-fly.

За лічені роки ніша зросла до значних масштабів. «У 2018 році оборот світового ринку дронів може досягти \$ 10 млрд. Основним драйвером продажів в цьому році стане комерційне використання БПЛА. Дрони все частіше застосовуються для оцінки інфраструктури, промислового інспектування підвищення енергоефективності тощо », – розповідає співвласник і CEO Fly Technology.

В останні кілька років ніша щорічно приростає на 50–70%. «За останній рік в Україні було продано близько 12 000 дронів. Точно оцінити обсяг ринку в грошовому вираженні дуже складно. Можу лише сказати, що щомісячний оборот DJI – близько \$ 1 млн у роздрібних цінах. Частка інших виробників – від \$ 200 000 до \$ 500 000 в місяць. Але це приблизні цифри, так як 40–50% ринку – сирій імпорт », – пояснив Mind спікер.

Гравці чекають, що в найближчі роки ніша дронів продовжить рости такими ж темпами – не менше 50%. «Динаміка дуже позитивна. Ринок поки ще перебуває в стадії завершення формування »

Сфер застосування дронів дуже багато. «Наприклад, до компаній приходять лісники і мисливці, яким цікаво знати, де мешкають кабани. Event-агентства за допомогою дронів хочуть розкидати листівки. Представники ЖКГ – виносити сміття. А депутати – запускати в центрі міста безпілотники зі своїми плакатами ». Нові технології також дуже перспективні для логістики на промислових підприємствах.

З метою більшої наочності рівня монополізації ринку і зв'язку розрахуємо індекс Херфіндаля–Хіршмана за формулою:

$$HHI = \sum_{i=1}^n Y_i^2 \quad (5.1)$$

де HHI – Індекс Херфіндаля–Хіршмана ($y=x^2$)

де: Y_i — ринкова частка компанії,

n — кількість усіх компаній.

$$HHI = 0,45^2 + 0,353^2 + 0,161^2 + 0,36^2 = 0,48$$

Таким чином, являє собою суму квадратів ринкових долей усіх компаній певної галузі.

$$HHI = s^2 + \frac{1}{n}; \quad (5.2)$$

$$HHI = 4 \cdot 0,036 + \frac{1}{4} = 0,394$$

де n – число фірм на ринку

s^2 – показник дисперсії часток фірми на ринку, рівний

$$s^2 = \sum_{i=1}^n \frac{(Y_i - \bar{Y})^2}{n}; \quad (5.3)$$

$$s^2 = \frac{(0,45 - 0,25)^2 + (0,353 - 0,25)^2 + (0,161 - 0,25)^2 + (0,36 - 0,25)^2}{4} = \frac{0,143}{4} = 0,036$$

де $\bar{Y}$ – середня частка фірми на ринку, рівна $1/n$.

Y_i – ринкова частка i -той фірми;

Приведена формула дозволяє нам розмежувати вплив на індекс Херфіндаля–Хіршмана числа фірм на ринку і розподілу ринку між ними.

5.2 Оцінка конкурентоспроможності компаній що випускають дронів

DJI, Hubsan і Syma.

Таблиця 5.1 – Вартісні характеристики дронів

№ з/п	Параметри	DJI	Hubsan	Syma
1	Дешевший(грн)	24000	599	1400
2	Середній (грн)	40000	5490	5000
3	Дорожчий	80000	9999	7500

Таблиця 5.2 – Вагові показники

№ з/п	Технічні параметри	DJI	Hubsan	Syma
1	Дальність польоту	10	5	5
2	Вага	5	2	3
3	Витримка	3	1	1

Конкурентоспроможність товару оцінюють за допомогою інтегрального показника конкурентоспроможності:

$$k_{\text{інт}} = \frac{I_{\text{ТП}}}{I_{\text{ЕП}}}; \quad (5.4)$$

де $I_{\text{ТП}}$ – індекс технічних параметрів (індекс якості);

I_{EP} – індекс економічних параметрів (індекс цін).

$$I_{TP} = \sum_{i=1}^n q_i \cdot v_i ; \quad (5.5)$$

де q_i – одиничний показник i -го технічного параметра;

v_i – коефіцієнт вагомості i -го параметра.

$$q_i = \frac{P_{\text{оцін}}}{P_{\text{баз}}} ; \quad (5.6)$$

де $P_{\text{оцін}}$ – значення параметра виробу, який оцінюється;

$P_{\text{баз}}$ – значення цього параметра базового виробу.

$$I_{EP} = \frac{Ц_{\text{спож}}^{\text{оцін}}}{Ц_{\text{спож}}^{\text{баз}}} ; \quad (5.7)$$

Де $Ц_{\text{спож}}^{\text{оцін}}$, $Ц_{\text{спож}}^{\text{баз}}$ – ціна споживання відповідно оцінюваного та базового виробів.

$$Ц_{\text{спож}}^{\text{оцін}} = Ц_{\text{продажу}} + M ; \quad (5.8)$$

де M – сумарні витрати споживання, пов'язані з експлуатацією товару впродовж усього періоду його служби.

Визначення конкурентоспроможності «DJL» (стосовно конкурента «Syma»).

Технічні параметри:

$$q_1 = \frac{10}{10} = 1$$

$$q_2 = \frac{10}{9} = 1,11$$

$$q_3 = \frac{10}{10} = 1$$

$$I_{TP} = 1 \cdot 0,3 + 1,11 \cdot 0,4 + 1 \cdot 0,3 = 1,04$$

Економічні параметри:

$$I_{EP} = \frac{65 + 1,6 + 25}{75 + 2 + 30} = \frac{91,6}{107} = 0,856$$

Інтегральний показник:

$$K_{\text{інт}} = \frac{1,04}{0,856} = 1,2$$

$$1,2 > 1$$

Визначення конкурентоспроможності оператора «DJI» (стосовно конкурента «Hubsan»).

Технічні параметри:

$$q_1 = \frac{10}{8} = 1,25$$

$$q_2 = \frac{10}{7} = 1,43$$

$$q_3 = \frac{10}{8} = 1,25$$

$$I_{\text{ТП}} = 1,25 \cdot 0,3 + 1,43 \cdot 0,4 + 1,25 \cdot 0,3 = 1,3$$

Економічні параметри:

$$I_{\text{ЕП}} = \frac{75 + 2 \cdot 13 + 27,5}{75 + 2 + 30} = \frac{104,63}{107} = 1$$

Інтегральний показник:

$$K_{\text{ІНТ}} = \frac{1,3}{1} = 1,3$$

$$1,3 > 1$$

Висновок: DJI більш конкурентноспроможний за інших двох фірм по виробництву дронів.

5.3 Визначення трудомісткості та довготривалості роботи

Основною умовою раціонального планування дослідження є скорочення строків виконання при мінімальних витратах трудових, матеріальних та грошових ресурсів. Для цього вирішуються такі питання: визначення трудомісткості та тривалості витрат і ефективності дослідження. Комплекс науково–дослідницьких робіт може бути поділений на етапи. Для кожного етапу необхідно вказати його найменування, трудомісткість, виконавців і тривалість робіт. В даній роботі беруть участь один молодший науковий співробітник і один старший науковий співробітник. Результати розподілу наведені в таблиці 3.1. Через те, що важко встановити трудомісткість виконання робіт, у зв'язку з елементами незвичайності,

в процесі виконання більшості науководослідницьких робіт, використовується ймовірнісний метод. При цьому використовують дві або три вірогідних оцінки часу. Ці оцінки є вихідними для розрахунку очікуваного часу виконання роботи за формулою 3.1:

$$t_{\text{оч}} = \frac{3 \cdot t_{\text{min}} + 2 \cdot t_{\text{max}}}{5} \quad (5.9)$$

де $t_{\text{оч}}$ – очікувана оптимальна оцінка часу виконання роботи, днів;

t_{min} – мінімально необхідний час на виконання роботи при найбільш сприятливих умовах, днів;

t_{max} – максимальні витрати часу на виконання роботи за несприятливих умов, днів.

Таблиця 5.3 – Оцінка довготривалості та трудомісткості етапів робіт

№	Етапи роботи	Часова оцінка, дн.			Дисперсія	Виконавці		Тривалість, днів
		t_{min}	t_{max}	$t_{\text{оч}}$		Спеціальність	Кількість, чол.	
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	Отримання технічного завдання	1	2	1	0,2	Молодший науковий співробітник	1	1
2	Огляд літературних джерел	2	4	3	0,2	Молодший науковий співробітник	1	3
3	Аналіз основних принципів організації	3	5	4	0,4	Молодший науковий співробітник	1	4

4	Підготовчий (техніко-економіч- не обґрунтування) етап	9	15	11	1,2	Молодший науковий співро- бітник	1	10
5	Робота з програмним забезпеченням	7	14	11	1,4	Старший науковий співро- бітник	1	9
6	Аналіз результатів програми	7	14	12	1,4	Старший науковий співро- бітник	1	8

Продовження таблиці 5.4

1	2	3	4	5	6	7	8	9
7	Вибір необхідного обладнання та матеріалів	1	3	2	0,4	Молодший науковий співробітник	1	2
8	Експериментальні дослідження	14	21	20	1,4	Молодший науковий співробітник	1	20
9	Аналіз отриманих даних, коригування програми	5	7	6	0,4	Старший науковий співробітник, Молодший науковий співробітник	2	6
10	Висновки та пропозиції	8	10	9	0,4	Старший науковий співробітник	1	7
11	Складання та обговорення технічного звіту	2	2	2	0,0	Старший науковий співробітник	1	2

12	Впровадження результатів	2	2	2	0,0	Молодший науковий співробітник	1	2
	Усього	64	99	83	—	—	—	74

Ступінь правильності визначення перевіряється розрахунком дисперсії – різниці між мінімальною та максимальною оцінками часу, що визначається за формулою (5.10).

$$\sigma = \frac{t_{max} - t_{min}}{5} \quad (5.10)$$

Розраховані значення для кожного етапу занесені у табл. 5.4.

Дана дипломна робота повинна виконуватися поетапно, у лінійній послідовності, так без отримання необхідних результатів дослідів не можна виконувати наступний пункт. Використовуючи дані табл. 5.4, збудуємо лінійний календар (рис.5.2).

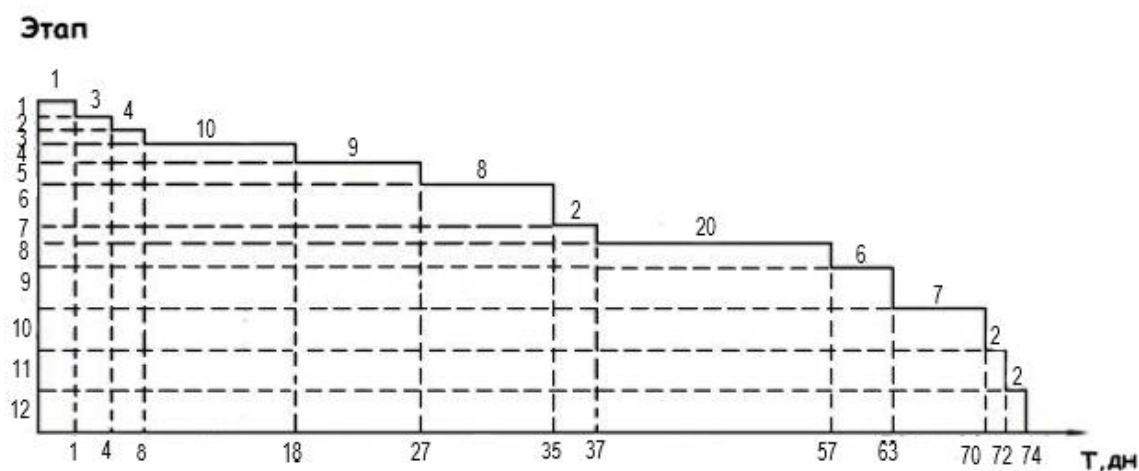


Рисунок 5.2 – Лінійний календарний графік

5.4 Розрахунок витрат на реалізацію проекту

Особливістю даної роботи є те, що для її реалізації не потрібно буде закуповувати велику кількість нового обладнання. Вся новизна полягає в особливості вибору необхідних матеріалів. Корективи і введення в систему

мережі зв'язку дозволять підвищити якість послуг, що надаються зв'язку, зменшити кількість втрат, що, безсумнівно, принесе додатковий фінансовий прибуток.

Основні витрати підуть на створення, доставку, установку, настройку, зміст і оновлення ліцензійного програмного забезпечення (ПЗ).

Для якісного програмного забезпечення потрібна потужна платформа для роботи. Для швидкої, точної, оперативної та якісної роботи потрібні потужні персональні комп'ютери з сучасними комплектуючими.

Важливою складовою економічної частини даної роботи є амортизація обладнання (персональних комп'ютерів). Термін експлуатації для дрону гарантовано становить 5 років. Амортизація обладнання розраховується за формулою:

$$A_m = \frac{A_{\text{обладнання}}}{T_{\text{експл}}} \quad (5.11)$$

де A_m – амортизація обладнання, грн;

$A_{\text{обладнання}}$ – загальна вартість обладнання, грн;

$T_{\text{експл}}$ – термін експлуатації обладнання, роки.

Що стосується оренди приміщення, то для даної роботи його не враховують, тому що вважається, що компанія (оператор стільникового зв'язку) надасть робоче місце фахівцям по роботі з новим ПЗ (програмним забезпеченням) в існуючому офісі, так як їм необхідна оперативна робота з існуючими фахівцями, а при необхідності – і обладнанням.

Зведені дані за вартістю обладнання та ліцензійного програмного забезпечення подано в таблиці 5.5

Таблиця 5.4 – Витрати на обладнання та ліцензійне ПЗ, грн

Устаткування	Високопродуктивні ПК	Ліцензійна ПЗ
Модель	Artline Gaming G75 v03	Моніторинг дрону
Кількість	3	1
Ціна за одиницю, грн	24 510	100 000
Доставка, грн (1% від вартості всіх ПК / ПЗ)	735.3	1000
Установка, грн (всіх ПК / ПЗ)	2500	3500
Налаштування, грн (всіх ПК / ПЗ)	2500	3500
Амортизація, грн (Всіх ПК)	14706	—
Σ, грн	93971.3	108000
Всього, грн	201 971.3	—

У технічному центрі компанії (по роботі з дронами) повинен знаходитися фахівець, який буде працювати з мережею і безпосередньо з ПЗ. Його завданням буде вміти користуватися програмним забезпеченням, щоб стежити за переміщенням абонентів в мережі, реагувати на них, а в разі перевантажень – своєчасно запустити необхідний модуль програми, щоб уникнути втрат. Слід

найняти трьох таких фахівців, щоб забезпечити комфортний графік, тому що в подібній роботі необхідна постійна концентрація і вміння оперативно реагувати та приймати рішення. У теоретичному розрахунку вказується зарплата за 3 місяці.

22 % загального фонду складають соціальні відрахування.

Зведені дані по заробітній платі співробітників наведені в таблиці 5.6.

Таблиця 5.5 – Заробітна плата співробітників (за 3 місяці)

№ п/п	Посада	Основна заробітна плата грн	Кількість днів	Додаткова плата грн
1	Спеціаліст	20 000	30	4 000
2	Системний адміністратор	15 000	30	3 000
3	Системний адміністратор	15 000	30	3 000
Фонд оплати праці (Σ за 3 місяці), грн	180 000			
Соціальні відрахування (22% від Σ)	39 600			
Всього	219 600			

Загальна сума витрат розраховується за формулою:

$$\Sigma_{\text{загальна}} = \frac{Z_{\text{обладнання}}}{\text{ПО}} + \Phi_{\text{от}} \quad (5.12)$$

Де: $Z_{\text{загальна}} \Sigma$ – загальна Σ витрат на реалізацію проекту, грн;

$\frac{Z_{\text{обладнання}}}{\text{ПО}}$ – загальна Σ витрат на обладнання і ліцензійне ПЗ, грн;

$\Phi_{\text{от}}$ – заробітна плата співробітників (за 3 місяці), грн.

Розрахуємо загальну суму витрат на реалізацію проекту:

$$\text{Ззагальна } \Sigma = \frac{Z_{\text{обладнання}}}{\text{ПО}} + \Phi_{\text{от}} = 201971.3 + 219600 = 421\,571.3 \text{ грн.}$$

5.5 Бальна оцінка економічної ефективності проекту

Бальна оцінка проводиться за такими важливими показниками:

- важливість розробки K1;
- можливість використання результатів розробки K2;
- теоретична значущість і рівень новизни дослідження K3;
- складність розробки K4.

Шкала для оцінки важливості розробки, оцінки можливості використання результатів розробки, оцінки рівня новизни, оцінки складності розробки наведені в таблицях 5.7, 5.8, 5.9, 5.10.

Таблиця 5.6 – Шкала для оцінки важливості розробки (K₁)

№ п/п	Показник	Бали
1	Ініціативна робота, яка не є частиною комплексної програми, або завданням відомчих органів	1
2	Робота, яка виконується за договором про науково–технічну допомогу	3
3	Робота представляє частину відомчої програми	5
4	Робота представляє частину відомчої комплексної програми	7
5	Робота являє частину міжнародної комплексної програми	8

Для даної роботи коефіцієнт важливості розробки (K₁) дорівнює 5.

Таблиця 5.7 – Шкала для оцінки можливості використання результатів розробки (K₂)

№ п/п	Показник	Бали
1	В даному підрозділі	1
2	У даній організації	3
3	У багатьох організаціях	5
4	У масштабах країни	8

Для даної роботи коефіцієнт можливості використання результатів розробки (K_2) дорівнює 3.

Таблиця 5.8 – Шкала для оцінки теоретичної значущості і рівня новизни дослідження (K_3)

№ п/п	Показник	Бали
1	Аналіз, узагальнення відомої інформації. Подібні результати були відомі в досліджуваній області.	2
2	Отримання нової інформації, яка доповнює знання про суть досліджуваних процесів, не відомих в досліджуваній області	3
3	Отримання інформації, яка змінює уявлення про суть досліджуваної області, не відомої раніше	5
4	Створення нових теорій, методик	6
5	Отримання інформації, яка сприяє формуванню нових напрямків, не відомих раніше	8

Для даної роботи коефіцієнт теоретичної значущості і рівня новизни дослідження (K_3) дорівнює 3.

Таблиця 5.9 – Шкала для оцінки складності розробки (K_4)

№ п/п	Показник	Бали
1	Робота виконується одним підрозділом, витрати менше 10 000 грн.	1
2	Робота виконується одним підрозділом, витрати 10 000 – 50 000 грн.	3
3	Робота виконується одним підрозділом, витрати 50 000 – 100 000 грн.	5
4	Робота виконується за участю багатьох підрозділів, витрати 100 000 – 500 000 грн.	7
5	Робота виконується декількома організаціями, витрати більше 500 000 грн	8

Для даної роботи коефіцієнт складності розробки (K_4) дорівнює 7.

Загальну оцінку (позначимо як I_n) ставиться за добутком всіх коефіцієнтів:

$$I_n = E_1 * E_2 * E_3 * E_4, \quad (5.13)$$

де E_1 – коефіцієнт важливості розробки;

E_2 – коефіцієнт можливості використання результатів розробки;

E_3 – коефіцієнт теоретичної значущості і рівня новизни дослідження;

E_4 – коефіцієнт складності розробки.

Питомий ефект на кожен бал – 2 000 грн.

Загальний ефект від розробки розраховується за формулою:

$$A_{\text{заг_еф}} = \text{In } 2\,000 * E_1 * E_2 * E_3 * E_4, \quad (5.14)$$

де $A_{\text{заг_еф}}$ – загальний ефект від розробки, грн;

E_1 – коефіцієнт важливості розробки;

E_2 – коефіцієнт можливості використання результатів розробки;

E_3 – коефіцієнт теоретичної значущості і рівня новизни дослідження;

E_4 – коефіцієнт складності розробки.

Розрахуємо загальний ефект від розробки:

$$A_{\text{заг_еф}} = \text{In } 2\,000 * E_1 * E_2 * E_3 * E_4 = 5 * 3 * 3 * 7 * 2\,000 = 630\,000 \text{ грн}$$

Економічна ефективність від реалізації дипломного проекту визначається за допомогою коефіцієнта ефективності, який характеризує частину загального ефекту від розробки, що доводиться на 1 грн. витрат.

$$K_e = A_{\text{заг_еф}} / Z_{\text{загальна_}\Sigma}, \quad (5.15)$$

де K_e – коефіцієнт ефективності;

$A_{\text{заг_еф}}$ – загальний ефект від розробки, грн;

$Z_{\text{загальна_}\Sigma}$ – загальна сума витрат на реалізацію проекту, грн

Розрахуємо коефіцієнт ефективності:

$$K_e = A_{\text{заг_еф}} / Z_{\text{загальна_}\Sigma} = 630\,000 / 421\,571.3 = 1.49$$

5.6 Висновки по «Організаційно–економічним розрахункам»

Ринок дронів є одним з наймолодшим і прогресивним, до того ж динамічно розвивається.

Крім якісних сервісів впровадження моніторингу оптимізує робочий процес і технічне обладнання компанії, що зменшить його знос. Компанія зможе раціональніше задіяти кадровий склад, більш доцільно використовувати обладнання стільникового зв'язку.

Економічна ефективність від реалізації дипломного проекту визначається за допомогою коефіцієнта ефективності, що характеризує частку загального ефекту від розробки, доводиться на 1 грн. витрат. Слідуючи з проведених розрахунків, коефіцієнт економічної ефективності дорівнює 1,49, це говорить про те, що проект економічно вигідний.

6 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

Прогноз подальших дій після виведення зі строю дрону – це порядок, що дозволяє завчасно встановлювати напрямок переміщення людей з наміром поклагодити, а бо ж відійти подалі. Раціональність таких прогнозів обґрунтовується тим, що він буде діючий як в умовах надзвичайної ситуації, так і в місцях масового скупчення людей (концерти, спортивні заходи, мітинги і т.п.). Здійснення цієї роботи допускає зменшення чисельності обривів, звільнення мережі (зменшити зайнятість каналів). При масовому скупченні людей біля несправного дрону і надзвичайних ситуаціях це дасть можливість зберегти життя людей. У даній роботі були проаналізовані технічні, а також економічні сторони. Безпека персоналу, що виконує прогноз розглянута далі в роботі.

6. 1 Аналіз потенційних небезпек

Небезпечний виробничий фактор – вплив на людину, який в певних умовах приводить до травми або раптового погіршення здоров'я. Якщо виробничий фактор призводить до хвороби і зниження працездатності, він називається шкідливим. Фактор може стати небезпечним, якщо збільшується рівень і тривалість впливу. Виробничі фактори діляться на групи: фізичні, хімічні, біологічні, психофізичні. Програміст, який здійснює прогноз переміщення абонентів і інші співробітники організації працюють в офісному приміщенні. Вони можуть піддаватися таким небезпечним і шкідливим виробничим факторам.

Фізичні:

- наявність шуму і вібрації;
- електромагнітне випромінювання;
- м'яке рентгенівське випромінювання;
- підвищена напруга в електричному ланцюзі;
- ультрафіолетове і інфрачервоне випромінювання;
- електростатичне поле між оператором та екраном;

- наявність пилу, озону, оксиду азоту;
- невідповідність нормам мікроклімату;
- недостатня освітленість робочого місця;
- небезпека виникнення пожежі;
- небезпека ураження електричним струмом.

Психофізичні:

- напруга органів зору;
- статичні перевантаження кістково-м'язового апарату, динамічні перенапруги м'язів кистей рук;
- розумове і фізичне перенапруження;
- емоційні перевантаження.

Фактори першої групи пов'язані з фізичними умовами, де знаходяться під час роботи люди. Друга група пов'язана з фізичними та психологічними умовами праці. Фактори обох груп пов'язані між собою і потрібно розглядати комплексно їх вплив на людей.

Вищенаведені фактори призводять до травм, погіршення здоров'я, професійним захворюванням, що призводить до зниження продуктивності праці.

Наприклад, сильний шум викликає труднощі до розпізнавання кольірних сигналів, знижує швидкість сприйняття кольору і зменшує на 10 % продуктивність праці. Тривалий вплив шуму з рівнем звукового тиску 90 дБ знижує продуктивність праці на 45 %.

6.2 Заходи щодо забезпечення електробезпеки

Електробезпека – система організаційних і технічних заходів, що забезпечують захист людей від шкідливого і небезпечного впливу електроструму, електродуги, елетромагнітного поля і статичної напруги.

Програміст працює з ЕОМ в офісному приміщенні. Електричні установки, до яких відноситься майже все обладнання електронних обчислювальних машин

становить потенційну небезпеку, в процесі експлуатації людина може торкнутися частин, що знаходяться під напругою.

Особлива небезпека електроустановок: струмоведучі провідники, корпуси, стійки і інші. Устаткування, яке під напругою в разі пошкодження ізоляції, не подає сигналів, які попереджали б про небезпеку. Людина реагує на електричний струм тільки коли він вже протікає через нього. Проходячи через тіло, електричний струм чинить на нього складний вплив, викликаючи термічну, механічну, біологічну дію. Можливі опіки, нагрів тканини, фізико – хімічна зміна складу крові, розрив м'язових тканин.

Безпека персоналу забезпечується виконанням наступних заходів:

- дотримання відповідних відстаней до струмоведучих частин;
- застосування блокування апаратів і захисних пристроїв для запобігання помилкових операцій і доступу до струмоведучих частин;
- застосування попереджувальної сигналізації, плакатів і написів;
- застосування пристроїв для зниження напруженості електричних і магнітних полів до допустимих значень.

Електроустановки повинні знаходитися в технічно справному стані, що забезпечує безпечні умови праці.

ГОСТ 12.2.003–74 "Виробниче обладнання. Загальні вимоги безпеки" визначає заходи безпеки при експлуатації електроустановок.

Для попередження про небезпеку наближення до струмоведучих частин обладнання використовуються спеціальні попереджувальні, забороняючі і вказівні плакати.

До даних плакатів відноситься «Не включати: працюють люди!». Вони вивешіваються на ключах керування і приводах рубильників, на вимикачах, а також підставах запобіжників, за допомогою яких може бути подана напруга до робочого місця.

У деяких випадках, коли на лінії проводиться робота, на привід рубильника або вимикача вивішується плакат «Не включати: працюють люди!».

Такий плакат вивішується або знімається на вимогу диспетчера або оперативного особи, яка відповідає за лінію.

На тимчасових загородженнях вивішують плакати «Стій. Напруга!». Коли поблизу від місця роботи є включені частини установки, то на всіх готових до роботи місцях встановлюють плакати «Працювати тут».

Плакати, які вивішені при підготовці робочого місця, забороняється прибирати або знімати до повного закінчення роботи.

При нормальному стані обладнання для забезпечення безпеки праці, визначені критерії, які забезпечують недоступність і робочу ізоляцію струмоведучих частин, захисний розподіл мереж і малі напруги. У свою чергу враховані додаткові критерії, які ліквідують небезпеку при появі напруги на неструмоведучих частинах. Можуть бути застосовані: захисне заземлення, занулення, захисне відключення, вирівнювання потенціалів, подвійна ізоляція та інші заходи, згідно з вимогами, ГОСТ 12.1.019–79 «Електробезпека».

Фахівці служби експлуатації підтримують обладнання в робочому стані і проводять технічне обслуговування. У разі необхідності при виникненні несправності обладнання, керівник негайно повідомляє про пошкодження в даний підрозділ.

Окремі складові частини обладнання, доступні для дотику ізольовані і повністю забезпечують захист від ураження електричним струмом.

Для того щоб захистити працівників від ураження електричним струмом в разі помилкової подачі напруги, на всіх фазах виключеної установки використовується захисне заземлення з усіх боків, звідки може бути подана напруга (в тому числі і шляхом зворотної трансформації через зварювальні трансформатори, трансформатори місцевого освітлення і т. п.).

6.3 Заходи з виробничої санітарії та гігієни праці

Існує певна сукупність санітарно – гігієнічних норм і вимог, що забезпечують комфортні умови праці і високу працездатність оператора ЕОМ.

Щоб запобігти несприятливому впливу на людину шкідливих факторів, які супроводжують роботу з відео–дисплейними терміналами та персональними електронно–обчислювальними машинами, був розроблений ряд санітарно–гігієнічних вимог.

Заходи з виробничої санітарії і гігієни праці спрямовані на запобігання або на скорочення впливу на персонал шкідливих виробничих факторів. Вони створюють на робочих місцях нормальні умови повітряного середовища, необхідну освітленість, прибирають впливу шуму, випромінювання та інших шкідливих виробничих факторів.

Офісні приміщення, межі яких (включаючи площу і обсяг) повинні відповідати кількості працюючих і встановленому в них комплекту технічних приладів.

Обсяг і площа виробничого приміщення на кожного працюючого за санітарними нормами, повинні бути не менш ніж 20 м^3 та 6 м^2 , відповідно. У приміщеннях розраховуються показники температури, чистоти повітря, забезпечення ізоляції і шумів. Санітарні норми повинні відповідати стандартам СН 245–71 (ДНАОП 0.03–3.01–71). Стіни і стелі повинні бути виконані з малотеплопроводних матеріалів, що не затримують осадження пилу. Підлоги повинні бути теплими, еластичними, рівними і не слизькими.

Освітленість робочого місця є одним з основних факторів, що впливають на стомлюваність і працездатність. Негативні наслідки може мати як недостатнє, так і занадто сильне освітлення. Прийнято для забезпечення сприятливих умов роботи, нормувати мінімальну освітленість на робочому місці (освітленість на найбільш темній ділянці робочої поверхні). Норми освітленості визначаються призначенням приміщення і характером виконуваних в ньому робіт.

У приміщенні, де працює програміст застосовується бічне природне освітлення з доповненням додаткового штучного освітлення. В офісах освітлення здійснюється системою загального рівномірного освітлення. У приміщеннях, де здійснюється робота з документами застосовується система комбінованого освітлення.

На робочому столі освітленість повинна складати 300–500 лк.

Можлива установка світильників місцевого освітлення. Місцеве освітлення не призводить до відблисків на поверхні екрану і не збільшує освітленість на ньому більше ніж на 300 лк.

Природне освітлення позитивно впливає не тільки на зір, але також тонізує організм людини в цілому і надає сприятливий психологічний вплив. У зв'язку з цим все приміщення відповідно до санітарних норм і правил повинні мати природне освітлення.

Кольорове рішення виробничих приміщень направлено на збільшення якості санітарно–гігієнічних умов праці і сприяє збільшенню продуктивності праці та безпеки. Колір впливає на нервову систему людини, на його настрій і, отже, на продуктивність праці. Основний колір для робочого приміщення повинен бути нейтральним і легким. Грамотно спланований колір допомагає зберегти працездатність протягом усього робочого дня.

Гігієнічні дослідження дозволяють встановити, що шум і вібрації погіршують умови праці, роблячи шкідливий вплив на організм людини. При тривалому впливі шуму на організм людини відбуваються небажані явища: знижується гострота зору, слуху, підвищується кров'яний тиск, знижується увага.

Рівень шуму в приміщенні програмістів обчислювальних машин не повинен перевищувати 50 дБ. Середньоквадратичне значення коливальної швидкості для вібрацій з частотами, близькими до 5 Гц, не повинна перевищувати на робочому місці значення 5 мм / с або 10дБ.

Для зниження рівня шуму застосовують наступні заходи:

- облицювання стелі та стін робочого приміщення звукопоглинальним покриттям;
- створення звукопоглинальних перешкод між джерелом шуму і людиною;
- забезпечення персоналу засобами захисту від шуму.

Тому зменшення шуму на робочому місці внутрішніми і зовнішніми джерелами є важливим завданням. Еластичні прокладки між підставою машини приладу і опорною поверхнею забезпечують зниження шуму. Прокладки можуть

бути з гуми, пробки і амортизатори різних конструкцій. Можливе застосування синтетичних килимків зі спеціальних матеріалів під настільні шумливі апарати. Також під ніжки столів на яких встановлено обладнання потрібно підкладати підстилки з повсті або м'якої гуми товщиною до 8 мм. Підстилки повинні бути закріплені за допомогою склеювання з опорними частинами. Вимоги захисту людини від рівня звукової потужності шуму встановлює ГОСТ 26329–84.

Організація робочого місця та обладнання, що працює з ЕОМ, конструкції всіх елементів робочого місця відповідають вимогам: ГОСТ 12.2.032–78, ГОСТ 22.269–76, ГОСТ 21.889–76.

В офісному приміщенні де знаходиться персонал наявність робочого столу є обов'язковим. Конструкція робочого місця користувача ЕОМ повинна забезпечувати підтримання оптимальної робочої пози. Робочий стілець повинен бути підйомно–поворотним і регульованим по висоті і кутам нахилу сидіння і спинки та відстані спинки до переднього краю сидіння.

Для створення необхідного повітрообміну у виробничих приміщеннях і видалення шкідливих частинок використовують вентиляцію і кондиціонування. Основне призначення вентиляції – видалення з робочої зони забрудненого або перегрітого повітря і подача чистого повітря. Основне завдання – визначення повітрообміну, тобто кількість вентиляційного повітря, необхідного для створення оптимального санітарно–гігієнічного рівня повітряного середовища приміщення. Залежно від способу переміщення повітря вентиляція ділиться на природну і штучну. Можливо поєднання – змішана вентиляція.

У приміщеннях без шкідливих виділень вентиляція повинна забезпечувати повітрообмін не менше $30 \text{ м}^3/\text{чол.}$ на кожного працівника в приміщенні з об'ємом до 20 м^3 на одну людину. У разі виділення шкідливих речовин повітрообмін визначається з урахуванням їх розведення по ГДК, при присутності теплових підвищень з умов підтримки допустимої температури в робочій зоні.

Природна вентиляція виробничих приміщень здійснюється за рахунок різниці температур, повітря і дії вітру. Вона використовується для нормалізації мікроклімату в приміщенні без шкідливих речовин. Природна вентиляція є

простою в експлуатації і дешевої. При цьому повітря не очищається і може забруднювати навколишнє середовище. Природна вентиляція застосовується там, де немає великих виділень шкідливих речовин в повітря робочої зони.

Штучна вентиляція усуває недоліки природної. При такій вентиляції повітрообмін здійснюється за рахунок напору повітря, створюваного вентиляторами. У зимовий час повітря підігрівається, а в літній – охолоджується, при цьому очищається від забруднень у вигляді пилу, шкідливих парів і газів. Загально-обмінна вентиляція надає можливість для створення потрібного мікроклімату і чистоти повітря по всьому об'єму робочої зони. Вона використовується для видалення зайвого тепла при відсутності шкідливих виділень. Застосовується також, якщо технологічний процес і особливості обладнання не дозволяють використовувати місцеву витяжну вентиляцію. Витяжну вентиляцію застосовують, коли забруднення можна вловлювати безпосередньо біля місць їх виникнення. Для цього застосовують витяжні шафи, парасолі, завіси і т.д.

Системи кондиціонування служать для приготування, переміщення і розподілу повітря з автоматичним регулюванням його параметрів. Системи кондиціонування очищають від пилу, нагрівають, охолоджують і зволожують повітря, автоматично регулюють його параметрів, контролюють і управляють. Кондиціонування повітря частіше застосовують в невиробничих приміщеннях. У виробничих приміщеннях воно використовується для створення оптимальних санітарно-гігієнічних умов, які неможливо створити вентиляцією.

Необхідний повітрообмін визначається за формулою:

$$L = \frac{Q}{c_p \cdot (t - t_{np})}, \text{ м}^3 / \text{год} \quad (6.1)$$

де Q – сумарна кількість теплоти, що утворюється в приміщенні, кДж / год;

C – питома теплоємність повітря, що дорівнює $C = 1 \text{ кДж} / (\text{кг} \text{ } ^\circ\text{C})$;

γ – щільність зовнішнього повітря, що дорівнює $= 353/(273+t_{\text{пр}})$, кг / м³;

t – температура повітря, що видаляється °С;

$t_{\text{пр}}$ – температура припливного повітря, °С;

Вхідні дані: $Q = 7300$ кДж / год;

$t = 32^\circ \text{C}$;

$t_{\text{пр}} = 19^\circ \text{C}$.

Необхідний повітрообмін розраховується:

$$L = \frac{Q}{c \cdot \gamma \cdot (t - t_{\text{пр}})} = 464 \text{ м}^3 / \text{год}$$

6.4 Заходи з пожежної безпеки

Пожежна безпека являє собою сукупність заходів для виключення можливості пожежі, а в разі загоряння усунення впливу на людей небезпечних факторів і захист матеріальних цінностей.

Офісне приміщення належить до категорії П–Па по взрив– пожежної безпеки згідно з ДБН В.2.2–9–98 «Виробничі будівлі промислових підприємств. Норми проектування» і має II ступінь вогнестійкості відповідно до НАПБ Б.03.002.

Всі працівники – користувачі ЕОМ повинні бути проінструктовані з питань пожежної безпеки при експлуатації ЕОМ.

В електронному обладнанні дуже висока насиченість розміщення елементів електронних схем. З'єднувальні дроти, комутаційні кабелі знаходяться

дуже близько один до одного. Виділяється велика кількість теплоти при протіканні по ним електричного струму. Це може привести до підвищення температури окремих вузлів до 80°C – 100°C . Внаслідок цього можливо оплавлення і оголення ізоляції сполучних проводів, що може призвести до замикання з іскрінням і перевантажень елементів схем. При перегрів елементи іскрять, що може призвести до пожежі.

Системи вентиляції і кондиціонування повітря відводять тепло від електронного обладнання, але вони являють собою додаткову пожежну небезпеку.

Безпека об'єкта повинна відповідати ГОСТ 12.1.004–91–ССБТ.

Вимоги забезпечені:

- системою порядку запобігання пожежі;
- системою порядку протипожежного захисту;
- організаційно–технічними заходами.

Система запобігання пожежі – комплекс організаційних заходів і технічних засобів спрямованих на виключення умов, необхідних для виникнення пожежі. Напрямок: запобігання утворенню горючого середовища, запобігання виникненню джерела запалювання.

Система протипожежного захисту–сукупність заходів і технічних засобів, спрямованих на запобігання впливу на людей небезпечних факторів пожежі та обмеження матеріальних збитків. Здійснюється за напрямками:

- обмеження розмірів і поширення пожежі;
- обмеження розвитку пожежі;
- забезпечення безпеки людей і майна;
- створення умов для успішного гасіння пожежі.

Система забезпечена:

- використанням засобів пожежогасіння та різних видів пожежної техніки, вогнегасники марок ВВ–2, ВВ–25, ВВ–80, ВП–2, ВП–10;
- використання установок пожежної сигналізації і пожежогасіння типу ПКІЛ, з мовниками ІП–2;

- використанням систем протидимної захисту з датчиками КІ-1;

Для захисту робочого місця застосовуються:

- установки пожежної сигналізації ІДФ-1, АИД-2, КІ-1 і ін.;

- порошкові вогнегасники ВВ-2, ВВ-5, ВП-2, ВП-10, порошок ПСБ;

- рятувальне пристрої: углекислотная установка з тросовим пуском типу Т-2; углекислотная установки з електричним пуском, що приводяться в дію електричними датчиками ручної дії типу ПКІЛ або автоматичними теплової, димової або світлової дії.

Організаційні заходи пожежної безпеки передбачають: організація пожежної охорони, проведення навчань, застосування наочних засобів протипожежної агітації, проведення перевірок.

Технічні заходи: суворе дотримання правил і норм, визначених чинними нормативними документами при реконструкції, переоснащенні, переобладнанні будинків, мереж, освітлень і т.д.

У разі загоряння для порятунку людей застосовуються протидимові маски з фільтрами респіраторного дії. Вогнегасники і маски повинні знаходитися в легкодоступних місцях, захищених від попадання сонячних променів, дії нагрівальних та опалювальних приладів. На вертикальні конструкції повинні бути навішені вогнегасники на висоті 1,5 м. Система вентиляції і кондиціонування відключається при спрацьовуванні автоматичних установок. Застосування вогнеперегороджуючих пристроїв і протипожежних перешкод локалізує вогнище загоряння. При плануванні та технічному оснащенні визначені шляхи евакуації з урахуванням вогнестійкості. Організовано голосове сповіщення і світлові знаки для напрямку руху по шляху евакуації. Комплекс протидимового захисту забезпечує не задимлення, зниження температури, видалення продуктів горіння на шляху евакуації під час, необхідний для виведення людей з небезпечної території.

6.5 Заходи щодо забезпечення безпеки у надзвичайних ситуаціях

Техногенні, антропогенні, природні надзвичайні явища і терористичні акти останнім часом набули глобального характеру.

Перед керівниками підприємств і співробітниками стоїть завдання щодо забезпечення безпеки для людей і підприємства в разі надходження інформації про загрозу терористичного характеру. Керівник повинен мати чіткий план дій, правильно орієнтуватися, вірно приймати рішення в надзвичайних ситуаціях для збереження життя і здоров'я людей. Також сприятиме подальшому розслідуванню правопорушень органами правопорядку.

Керівник, з урахуванням особливості об'єкта, і правоохоронці повинні підготувати план дій і інструктаж при виникненні надзвичайної ситуації на конкретному об'єкті.

Пропонуються також запобіжні заходи:

- підвищення безпеки на прохідних і на в'їздах на територію об'єкта;
- постійний контроль території установи з підвищеною увагою до місць, де знаходяться небезпечні речовини з метою якомога швидше виявити вибухові або підозрілі предмети;
- контроль складських приміщень згідно з графіком;
- уважний і детальний підхід до підбору персоналу;
- організація спільно з правоохоронними органами докладних інструктажів та практичних занять зі співробітниками на випадок надзвичайної події.

Необхідно враховувати, що керівник несе відповідальність за життя і здоров'я працівників відповідно до законодавства.

У разі здачі резервних приміщень в оренду, необхідно до договору оренди внести пункти, згідно яких представник підприємства має право перевіряти приміщення за своїм рішенням.

При виявленні невідомих предметів на території підприємства необхідно терміново повідомити правоохоронним органам.

Потрібно працівників відвести на безпечну відстань до прибуття слідчої групи.

При необхідності потрібно почати евакуацію людей відповідно затвердженим раніше планом.

Необхідно надати вільний доступ до знайденого невідомому предмету співробітникам правоохоронних органів, спецтехніки (машин рятувальних служб, пожежних, швидкої допомоги, експлуатаційних і ін.).

До прихода оперативно–слідчої групи слід забезпечити присутність людей, які помітили невідомий предмет.

Слід записати час, коли був знайдений сторонній предмет і не підходити до нього, не чіпати, не переміщувати.

Варто відзначити, що телефонний зв'язок є найголовнішим каналом надходження повідомлень, що можуть інформувати про невідомі предмети, захоплення людей, шантаж, вимагання та ін. На такі сигнали необхідно обов'язково реагувати. Інформація повинна бути відразу ж передана в правоохоронні органи.

Необхідно надати допомогу органам правопорядку в здійсненні оперативних заходів відповідно до раніше встановлених планів дії:

- потрібно поставити телефони в організаціях, які вказані в довідниках і оснащені визначником номера і апаратурою для запису;
- якщо такої апаратури немає всю розмову потрібно записати на папері;
- слід визначити по розмові стать, вік того, хто телефонував і можливо специфіку його мови;
- зафіксувати точний час розмови і звернути увагу фон розмови (шуми, звуки, голоси і ін.);
- якщо це можливо, то ще по ходу розмови з дзвонившим повідомити в правоохоронні органи;
- інформацію про розмову не поширювати.

На підприємстві необхідно проводити інструктажі щодо правил дій в разі телефонних терористичних загроз. Такі загрози можуть бути і в письмовій формі і ті, що прийшли поштою анонімно. При отриманні такого листа потрібно його покласти в чистий прозорий пакет і прибрати в щільну закриту папку або ящик і бути з ним обережним і акуратним.

Необхідно:

- постаратися не залишити на ньому відбитків пальців;
- конверт слід відкривати тонкими ножицями тільки з одного боку (зліва чи справа);
- потрібно зберегти все що було в конверті і саму упаковку;
- кількість людей, ознайомлених з текстом має бути мінімальним;
- матеріали отримані анонімно не повинні бути змінені, не можна склеювати, зшивати, черкати, робити написи.

Штамп реєстрації ставитися тільки на супровідному листі від організацій або громадян, які передали анонімні матеріали.

Необхідно знати, що захоплення і утримання заручників може відбутися у будь-якому приміщенні. Можливо терористи будуть домагатися отримання викупу або здійснення своїх планів. Нерідко керівник може виступити посередником в таких обставинах.

Захоплення заручників може відбутися несподівано. Потрібно провести попереджувальні заходи:

- ввести додатковий контроль на прохідних і пунктах в'їзду на підприємство;
- організувати встановлення апаратури сигналізації, аудіо– та відеозапису;
- більш вимогливо ставиться до підбору кадрів;
- проводити практичні заняття щодо дій при надзвичайних подіях.

Необхідно дотримуватися заходів безпеки під час захоплення заручників:

- терміново повідомити в правоохоронні органи про те, що трапилося;
- за своєю ініціативою не вступати в перемови з терористами;
- забезпечити проїзд автомобілів спецслужб до місця захоплення;

- надати всю необхідну інформацію співробітникам підрозділів СБ України;

- не наражати на небезпеку життя людей і свою, при необхідності виконати вимоги якщо не буде шкоди для життя людей;

- не допускати провокацій з використанням зброї що може привести до жертв.

Необхідно чітко дотримуватися вимог під час проведення операції зі звільнення заручників:

- лягти обличчям вниз на підлогу, голову прикрити руками не рухатися;

- заборонено бігти на зустріч співробітникам органів або від них;

- перебувати далі від вікон і порогу дверей.

ВИСНОВОК

Виявлена необхідність в імітації поведження дрону у мережі. Був виконаний аналіз технологій бездротової передачі даних Wi-Fi, Bluetooth, ZigBee з метою використання однієї із них в дипломній роботі.

Проведений аналіз сімейства стандартів IEEE 802.11

Була побудована математична модель, в якій приведені основні формули.

Підібрано 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.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Спутниковая связь и вещание. Справочник / под ред. Л.Я. Кантора. – М.: Радио и связь, 1997. – 528 с.
2. Катунин Г.П. Телекоммуникационные сети и системы. Учебное пособие Т 2. / Г.П. Катунин, Г.В. Малчев и др. – М., 2003. – 647 с.
3. Невдеев Л.М. Перспективные спутниковые системы связи / Л.М. Невдеев – М.: Связь и бизнес, 2004. – 132 с.
4. Невдеев Л.М. Персональная спутниковая связь / Л.М. Невдеев, А.А. Смирнов – М.: Эко-Трендз, 1998. – 215 с.
5. Радиорелейные и спутниковые системы передачи. Учебник / под ред. А.С. Немировского. – М.: Радио и связь, 1986 – 392 с.
6. Алексеев С. В. Гигиена труда / С.В. Алексеев, В.Р. Усенко – М: Медицина, 1988. – 576 с.
7. Передатчики телевизионные маломощные. Основные параметры. Технические требования. Методы измерений. ГОСТ Р 50890 – 96. – М.: Издательство стандартов, 1996. – 36 с.
8. Козіна Л.М. Теоретичні основи і результати практичного застосування системного аналізу в наукових дослідженнях в області спортивних ігор / Л.М. Козіна, Н.А. Петрова // Теорія та методика фізичного виховання. – 2007. – № 6. – С. 15-18.
9. Костенко В.О. Принцип самоорганизующихся сетей при контроле потока мобильных станций / В.О. Костенко, И.Н. Сметанин // Материалы VIII Международной научно-практической конференции – Запорожье, 21 – 23 сентября 2016 г. – С. 186-189.
10. Zungeru A.M. Classical and swarm intelligence based routing protocols for wireless sensor networks: A survey and comparison / A.M. Zungeru, L.-M. Ang, K. Ph. Seng // Journal of Network and Computer Application, 2012. –P. 1508-1536.